

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Tese

Estudo da fauna edáfica na vermicompostagem de resíduos orgânicos

Ryan Noremborg Schubert

Pelotas, 2017

Ryan Noremberg Schubert

Estudo da fauna edáfica na vermicompostagem de resíduos orgânicos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli

Pelotas, 2017

Ryan Noremborg Schubert

Estudo da fauna edáfica na vermicompostagem de resíduos orgânicos

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 15 de setembro de 2017.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli (Orientadora)
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch
Doutor em Agronomia pela Universidad Politécnica de Valencia, U.P.V., Espanha.

Dr. Larri Antonio Morselli
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr.^a Solange Machado Tonietto
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dr.^a Rosimeri Damasceno Trecha
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Pelotas, 2017

Dedico este trabalho à minha namorada, Carolina, que sempre me apoiou em todos os momentos, e foi uma grande incentivadora durante a realização do Doutorado. Devo a ela meus agradecimentos com todo amor e carinho.

Agradecimentos

A minha eterna namorada e companheira que amo muito, Carolina Lambrecht Gonçalves, que a dez anos me acompanha com muito amor, carinho e dedicação, me incentivando nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, por todo amor, apoio, esforço, sacrifícios e bons exemplos sempre dados desde minha infância. Por terem compreendido todos os momentos em que estive ausente e por sempre torcerem para que minha vida fosse repleta de realizações.

Aos meus irmãos, sempre apoiando, incentivando e aconselhando nas minhas escolhas mais difíceis, e com certeza são com orgulho meus grandes exemplos a seguir.

Ao restante de meus entes queridos, em especial as minhas tias Alice Noremborg e Elizângela Reis, ao meu tio Volnei Schubert, as minhas avós, que em cada momento de minha vida, me apoiaram e ensinaram muito a superar cada momento de minha vida com muita humildade, tranquilidade e amor.

Ao meu sogro e minha sogra por todo apoio e carinho que me deram nestes anos, sempre apoiando e incentivando nas decisões mais difíceis.

Ao minha querida orientadora e amiga Prof.^a Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, pela orientação, confiança, compreensão, amizade, carinho, estímulo e por todo apoio dado desde meus primeiros passos na graduação.

Ao pesquisador Dr. José Ernani Schwengber, que além de orientador sempre foi um grande amigo e companheiro, que me ensinou muito mais do que ser um pesquisador, mas principalmente muita humildade e honestidade. O meu muito obrigado, e sempre que precisar, conte comigo.

Aos amigos Fabio Araújo, Dênnis Jahnke e Volnei Zibetti pelo companheirismo, dedicação e auxílio em todos os momentos. Sempre proporcionando momentos muito alegres, e de muito aprendizado.

Aos grandes amigos e colegas de laboratório, Solange Tonietto, Sérgio Brisolara, Ana Paula de Lima, Sandro Piesanti, José Ochoa, Daniela Rodrigues, Marciana Maciel, Rosiméri Trecha, Renata Eid, Dona Ana, Seu Paulo, que me acompanham durante estes anos e me proporcionaram momentos muito alegres, de muita amizade, companheirismo e capacidade para ajudar em todos os momentos difíceis sempre com segurança, sabedoria e por me concederem o privilégio de dividir o mesmo espaço e com isso ter tido a oportunidade de aprender muito com todos vocês.

*“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis
a nós mesmos”*

Friedrich Nietzsche

Resumo

SCHUBERT, Ryan Noremberg. **Estudo da fauna edáfica na vermicompostagem de resíduos orgânicos**. 2017. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, 2017.

O objetivo deste trabalho foi estudar a fauna edáfica ocorrente no processo de vermicompostagem dos resíduos de erva-mate, borra de café, esterco bovino, equino e ovino, assim como, analisar químicamente estes materiais. Estes substratos foram armazenados em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, em bancadas horizontais em laboratório, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, onde, após um período de estabilização, inoculou-se 150 minhocas da Califórnia (*Eisenia foetida*) em cada tratamento. Como ferramenta de análise dos dados, utilizou-se o programa estatístico DivEs[®] para o cálculo dos índices ecológicos de diversidade, dominância, equitabilidade e riqueza de espécies, utilizados para análises da mesofauna edáfica. Foram realizadas avaliações de macronutrientes, relação C/N, carbono orgânico, pH, densidade, umidade, contagem edáfica da mesofauna (ácaros e colêmbolos), da macrofauna (minhocas e casulos) e micro-organismos (fungos totais, bactérias degradadoras de celulose e bactérias diazotróficas) além da respiração microbiana. Os resíduos estudados apresentaram resultados distintos entre si. Foi verificado uma superioridade numérica da mesofauna edáfica nos resíduos vegetais quando comparado com os de origem animal, havendo um predomínio de colêmbolos em todos os tratamentos avaliados (95%). Com relação a macrofauna, observou-se um maior número de casulos ($n = 323$) e minhocas ($n = 236$) ao final do processo de vermicompostagem, no esterco ovino. Ao longo da execução do experimento notou-se que somente no tratamento esterco bovino houve uma diminuição no desenvolvimento de bactérias degradadoras de celulose (de $6,6 \times 10^{11}$ para $2,3 \times 10^9$), já para as bactérias diazotróficas, apenas no tratamento esterco equino ocorreu um aumento na sua população (de $6,0 \times 10^3$ para $9,5 \times 10^7$). Fungos totais mantiveram uma distribuição homogênea no decorrer das avaliações em todas as unidades experimentais. Na totalidade das amostras houve uma redução da respiração microbiana durante o processo de vermicompostagem, devido a maturação dos resíduos orgânicos. Observou-se uma diminuição da relação C/N, com destaque para os resíduos vegetais que apresentaram os maiores valores da mesma, entretanto, nestes resíduos foram verificados as menores concentrações dos macronutrientes P, K e Mg. Com exceção do esterco equino, o pH ajustou-se para valores recomendáveis ao final do experimento em todos os substratos. Os índices ecológicos de diversidade e equitabilidade mostraram um predomínio de organismos no esterco ovino. Diante dos resultados obtidos neste estudo, pode-se sugerir a utilização destes resíduos para a vermicompostagem, e recomendar o uso de seus vermicompostos como adubo orgânico com precauções.

Palavras-Chave: macrofauna do solo; mesofauna do solo; micro-organismos do solo

Abstract

SCHUBERT, Ryan Noremberg. **Study of edaphic fauna in vermicomposting of organic residues**. 2017. 119p. Thesis (Doctorate in agronomy). Post Graduation Program in Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

The objective of this work was to study the edaphic fauna occurring in the vermicompost process of the residues of herb-checkmate, coffee drag, bovine, equine and ovine manure, as well as to analyze chemically and physically these materials. These substrates were stored in 10 liter plastic plots in horizontal laboratory benches, using a completely randomized design with five replications, where, after a stabilization period, 150 California worms (*Eisenia foetida*) in each treatment. As a tool for data analysis, the statistical software DivEs[®] were used to calculate the ecological indexes of diversity, dominance, equitability and species richness, used for analysis of the edaphic mesofauna. In this study different evaluations were made such as: macronutrients, C/N ratio, organic carbon, pH, density, humidity, counting of the edaphic mesofauna (mites and collembolans), macrofauna (worms and cocoons) and microorganisms (total fungi, cellulose-degrading bacteria and diazotrophic bacteria) and microbial respiration. The residues studied presented different results among themselves. It was verified a numerical superiority of the edaphic mesofauna in the vegetal residues when compared with the ones of animal origin, being a predominance of collembolans in all the evaluated treatments ($n = 121864$). With regard to macrofauna, a larger number of cocoons ($n = 323$) and earthworms ($n = 236$) were observed at the end of the vermicompost process in ovine manure. During the execution of the experiment it was noticed that only in the bovine manure treatment there was a decrease in the development of cellulose degrading bacteria (from 6.6×10^{11} to 2.3×10^9), already for the diazotrophic bacteria, only in the treatment equine manure occurred an increase in its population (from 6.0×10^3 to 9.5×10^7). Total fungi maintained a homogeneous distribution throughout the evaluations in all the experimental units. In all the samples there was a reduction of the microbial respiration during the vermicompost process due to the maturation of the organic residues. It was observed a decrease in the C/N ratio, with emphasis on the vegetable residues that presented the highest values of the same, however, in these residues were verified the lowest concentrations of the macronutrients P, K and Mg. With the exception of equine manure, the pH adjusted to values recommended at the end of the experiment on all substrates. The ecological indexes of diversity and equitability showed a predominance of organisms in ovine manure. Considering the results obtained in this study, we can suggest the use of these residues for vermicomposting, and recommend the use of their vermicompost as an organic fertilizer with the precautions.

Key Words: edaphic macrofauna; soil mesofauna; edaphic microorganisms

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Número de minhocas e casulos e índice de multiplicação obtidos nos tratamentos à base esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), borra de café (BC) e erva-mate (EM). Média de cinco repetições. UFPel, Pelotas/RS, 2016.51

Tabela 2 - Análise química dos macronutrientes (N_{total} , P_{total} , K_{total} , Ca_{total} e Mg_{total}), C_{org} , relação C/N, pH, umidade a 60-65°C e densidade volumétrica nas fases inicial (i) e final (f) dos tratamentos de esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC). UFPel, Pelotas/RS, 2016. 52

Tabela 3 - Distribuição de ácaros (A) e colêmbolos (C) nos tratamentos de esterco bovino (EB), esterco equino (EE), esterco ovino (EO), resíduo de erva-mate (EM) e resíduo de borra de café (BC), em seis datas de coletas. UFPel, Pelotas/RS, 2016. ... 68

Tabela 4 - Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H), dominância de Simpson (Ds), equitabilidade de Pielou (J), riqueza de Jackknife 1ª Ordem (E_D) e abundância de espécies, nos tratamentos: resíduo de borra de café (BC), resíduo de erva-mate (EM), esterco bovino (EB), esterco equino (EE) e esterco ovino (EO). UFPel, Pelotas/RS, 2016. 68

Tabela 1 - Análise de micro-organismos edáficos, pH e relação carbono/nitrogênio (C/N) nas fases inicial (i) e final (f) nos tratamentos de esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC). UFPel, Pelotas/RS, 2016. 82

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANOVA	Análise de Variância
APP	Área de Preservação Permanente
Art.	Artigo
BC	Borra de café
BD	Bactérias diazotróficas
Ca	Cálcio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Código de endereço postal
cm	Centímetro
C/N	Relação carbono/nitrogênio
CO ₂	Dióxido de carbono
C _{org}	Carbono Orgânico
DC	Bactérias degradadoras de celulose
Deagro	Departamento do Agronegócio
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
DS	Departamento de Solos
D _s	Dominância de Simpson
EB	Esterco bovino
ED	Índice de Riqueza de Jackknife 1ª Ordem
EE	Esterco equino
EM	Erva-mate
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EO	Esterco ovino
FAEM	Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
FAO	Food and Agricultural Organization
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FT	Fungos totais
g	Gramma
H	Índice de Shannon-Wiener
HCl	Ácido clorídrico
ha ⁻¹	Hectare
IB	Instituto de Biologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IM	Índice de multiplicação de minhocas
INCA	Instituto Nacional de Câncer
J	Índice de equitabilidade de Pielou
K	Potássio
Km	Quilômetro
LBS	Laboratório de Biologia do Solo
Log	Logaritmo
m	Metro
m ²	Metro quadrado
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria orgânica
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio
NMP	Número mais provável
°C	Graus Celsius
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPGSPAF	Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
RM	Respiração microbiana
RS	Rio Grande do Sul
SINDAG	Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola
S/N	Sem número
UFC	Unidade formadora de colônia

Sumário

1. Introdução	14
2. Revisão da literatura.....	16
2.1. O crescimento demográfico e a questão alimentar	16
2.2. Segurança e soberania alimentar	17
2.3. Agrotóxicos e suas consequências	19
2.4. Agroecologia como qualidade de vida.....	20
2.5. Resíduos orgânicos e a má gestão pública.....	21
2.6. Vermicompostagem como alternativa de reciclagem	23
2.7. Fauna edáfica e sua importância no meio ambiente	24
2.8. Índices ecológicos como parâmetros de avaliação	25
Projeto de Pesquisa	27
1. Introdução	29
2. Objetivos	34
3. Material e Métodos	34
4. Recursos Necessários.....	36
5. Cronograma de Execução de Pesquisa	37
6. Divulgação Prevista.....	37
7. Bibliografia Citada	37
Relatório do Trabalho de Campo	40
Artigo 1 - Macrofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais.....	45
Abstract	47
Resumo	47
Introdução	48
Material e Métodos.....	49
Resultados	51
Discussão.....	53
Conclusão	55
Agradecimentos	55
Referências	56
Artigo 2 - Mesofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais.....	62
Abstract	64
Resumo	64

Introdução 65

Material e Métodos..... 66

Resultados 67

Discussão..... 69

Conclusão 70

Agradecimentos 70

Referências 70

**Artigo 3 – Micro-organismos edáficos no processo de vermicompostagem de
resíduos animais e vegetais..... 74**

Abstract 76

Resumo 77

Introdução 78

Material e Métodos..... 79

Resultados 81

Discussão..... 82

Conclusões..... 84

Agradecimentos 84

Referências 84

3. Conclusões..... 89

Considerações finais 90

Referências 91

Apêndices 106

1. Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Food and Agricultural Organization – FAO, 2009), até o ano de 2050 a produção de alimentos no mundo terá de dobrar para poder atender a demanda populacional. Assim sendo, a competição pelo uso do solo para plantio e criação de animais torna-se cada vez mais acirrada, sendo que cerca de 80% do aumento da produção animal será devido aos sistemas de confinamento, utilizando-se maior tecnologia (FAO, 2009).

Neste contexto, as atividades agrícola e pecuária, assim como a indústria de transformação destes produtos, geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, incluindo folhas, palhas, cascas, bagaços, tortas, camas e esterco, carcaças de animais, entre outros, os quais, se não forem devidamente tratados, podem causar poluição no solo e nas águas (NUNES, 2010).

Às frações orgânicas dos resíduos urbanos se atribui inúmeros impactos ambientais importantes em áreas de aterros sanitários e depósitos irregulares, além de impactos à salubridade dos ambientes urbanos pela atração de vetores de doenças (SILVA, 2008). Este cenário torna indispensável o gerenciamento destes resíduos sólidos devido ao aumento populacional, consumo de materiais descartáveis e não recicláveis, ao problema relacionado ao esgotamento dos aterros sanitários e à poluição gerada pela disposição final inadequada dos resíduos (RIBEIRO et al., 2011).

Gliessman (2000) considera que o solo deva ser compreendido como um sistema vivo, dinâmico e integrante do ecossistema, para que o manejo da sustentabilidade se torne um processo sistêmico, visão totalmente antagônica a preconizada pelos difusores do pacote tecnológico oriundo da revolução verde. Dessa forma, para uma propriedade familiar ser sustentável, o aporte de insumos externos deve ser minimizado, principalmente os que se referem à fertilidade.

Neste contexto, a compostagem e a vermicompostagem são alternativas de tratamento desses resíduos que serão indispensáveis para o desenvolvimento sustentável. Estes processos representam a reciclagem de nutrientes, da matéria orgânica que mantém os solos vivos e produtivos com possibilidade de aplicação tanto no campo quanto na cidade, fazendo com que seja necessário a ampliação do conhecimento a cerca desses tratamentos pelo fato de serem ecologicamente corretos, reduzido custo e com ampla aplicabilidade de seus produtos na agricultura (TEIXEIRA et al., 2004).

Considera-se a vermicompostagem um processo ambientalmente correto por haver a conversão de resíduos em alimentos, além de proporcionar o tratamento

destes resíduos ricos em matéria orgânica, que serão transformados em matéria orgânica mais estabilizada, denominada de vermicomposto. Este tratamento apresenta a produção do húmus como vantagem de possuir propriedades bioenergéticas visando à recuperação de solos, bem como às alterações favoráveis em termos microbiológicos (FERNANDES et al., 2009).

Este processo tem se mostrado de suma importância no que se refere a transformação de resíduos orgânicos, por possibilitar um destino adequado a esses resíduos, além de, através do húmus de minhoca, atender os produtores nos mais diferentes manejos que necessitam as propriedades agrícolas. A obtenção do húmus de minhoca se dá por meio do processo de bio-oxidação e estabilização do resíduo orgânico a partir da ação conjunta de minhocas e micro-organismos (AIRA e DOMÍNGUEZ, 2009), e provém de materiais originários de plantas e animais que passaram por processo de decomposição, via hidrólise, oxidação, redução e síntese de micro-organismos, desempenhando importante papel na formação de agregados do solo, no controle de acidez e ciclagem de nutrientes (LANDGRAF et al., 2005). Neste processo tem sido dada atenção à minhoca *Eisenia foetida* devido ao seu rápido crescimento (NEUHAUSER et al., 1979) e prodigiosa proliferação (HARTENSTEIN et al., 1979; VENDER e REINECKE, 1988), sendo utilizada em diferentes trabalhos no Brasil (MALAFAIA et al., 2015; NUNES et al., 2016; RODRIGUES et al., 2017).

Diante disto, este trabalho justifica-se pelo fato de serem necessários mais estudos que visem o reaproveitamento de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal gerados em propriedades agrícolas familiares, e assim utilizar a vermicompostagem como alternativa, afim de que os mesmos possam ser utilizados por agricultores familiares da região como uma fonte alternativa ao uso de fertilizantes químicos, além de minimizar os impactos causados ao meio ambiente.

Este estudo teve como objetivo, avaliar a mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos) durante o processo de vermicompostagem, assim como, identificar a presença de bactérias fixadoras de nitrogênio e degradadoras de celulose, fungos totais e a respiração microbiana, além de, caracterizar química e fisicamente estes resíduos, e por fim, monitorar o nível reprodutivo das minhocas ao final do processo, nos resíduos de erva-mate e de borra de café e nos esterco de bovinos, equinos e ovinos.

2. Revisão da literatura

2.1. O crescimento demográfico e a questão alimentar

Nas últimas décadas questões ligadas à escassez de recursos naturais e necessários à vida vem se tornando cada vez mais presentes no debate político e econômico, entre elas está a possível falta de alimentos. Segundo a FAO (2015) cerca de 805 milhões de pessoas no mundo não têm comida suficiente para levar uma vida saudável e ativa, isso é, cerca de um em cada nove pessoas na terra.

As mudanças demográficas, sociais e econômicas que vêm sendo observadas em todos os continentes intensificam ainda mais a demanda mundial por alimentos. O aumento do consumo per capita em países como Brasil, China e Índia merece destaque, por se tratar de países emergentes com renda per capita crescente. O processo de urbanização também possibilitou o crescimento do estoque de migração da população rural entre 2000 e 2008 na China, onde cerca de 40 milhões de pessoas se deslocaram para as cidades (LEÃO e CHINA, 2010). Além disso, as projeções indicam que a população urbana na China deve passar de 40% para 75% do total em 2050 (OLIVEIRA, 2014). Na Índia, a população urbana passou de 219 milhões em 1990 para 323 milhões em 2005 (NOGUEIRA et al., 2008). No Brasil, segundo IBGE (2014), a taxa de urbanização em 1980 era de 67,5%, em 2010 passou para 84,3%. Além das mudanças demográficas observadas nesses países, o aumento da renda proporciona o crescimento do consumo de proteínas nessas regiões, e devem impulsionar ainda mais a demanda mundial por alimentos.

Segundo Deagro-Fiesp (2014), o aumento de 1kg no consumo per capita de carne bovina na China e na Índia demandaria um aumento das exportações mundiais na ordem de 34%. No caso do frango, essa elevação seria de 30%, e para suínos o aumento ficaria em torno de 22%. Para Pereira (2014), em 2010 45% da pauta das exportações brasileira com a China era de alimentos.

Pelo lado da oferta, há necessidade da elevação de novas terras agrícolas para a produção de alimentos (MCKINSEY e COMPANY, 2011). Rebouças (2001) destaca que o mau uso dos recursos naturais proporcionou a escassez relativa da água doce no mundo, o que dificulta ainda mais o lado da oferta. Além disso, a redução nas taxas de produtividade na produção agrícola revela certo esgotamento das tecnologias lançadas nas últimas décadas, sendo um grande desafio no atendimento das demandas futuras de alimentos, conforme destaca o trabalho de FAO (2009).

Menos da metade da área terrestre do mundo é adequada para a agricultura e pecuária, o que compreende cerca de três milhões de hectares (LAL, 1990), no entanto, grande parte das terras já é explorada, ou são inapropriadas para o cultivo. Segundo Neher (2014), entre 1961 e 2007 as terras cultiváveis no mundo tiveram expansão de 11%. Para McKinsey e Company (2011), a expansão agrícola entre 2010 e 2030 exigirá uma expansão de 45 milhões de hectares.

Diante da relevância de se produzir mais alimentos com menos recursos, estudos recentes colocam a produção em território brasileiro como fator chave no atendimento das demandas futuras da população mundial. Segundo estudos realizados pela FIESP (2014), o Brasil se torna fundamental na produção de alimentos, dado que é uma das poucas regiões em que ainda é possível obter um aumento da área agrícola. Os mesmos autores destacam que nos EUA, a produção só pode crescer a partir de ganhos restritos de produtividade, ou de menor produção de uma determinada *commodity* em detrimento de outra. Rodrigues et al., (2012) também destacam a importância do Brasil ao retratar que é um dos principais países produtores de alimentos, fibras e produtos agroenergéticos do mundo, possuindo posição de destaque na geração e adaptação de conhecimentos e tecnologias para as regiões tropicais e subtropicais.

A demanda de novas terras no Brasil também enfrenta os desafios da conversação ambiental, reforçados pelo novo Código Florestal Brasileiro (CFB). Se o mesmo for executado, a demanda ambiental para a criação de novas Unidades de Conservação, inclusos as Áreas de Preservação Permanente (APPs), abrangeriam mais de 3.000.000km², de acordo com a Embrapa (2014). Além disso, a maior escassez de água também reduz o rendimento da produção agrícola. Segundo FAO (2009) as culturas de cereais têm diminuído, caindo de 3,2% em 1960 para 1,5% em 2000, intensificada pelas mudanças climáticas. Nas próximas décadas, as mudanças do clima devem ser tão intensas a ponto de alterar a geografia da produção brasileira (CEPAGRI, 2017).

2.2. Segurança e soberania alimentar

A segurança alimentar e nutricional foi o fator crítico na seleção e evolução inicial da espécie humana e no posterior desenvolvimento das civilizações. E nenhuma outra mudança teve tanta influência na segurança alimentar das gerações subsequentes quanto a que o antepassado do homem experimentou, no período neolítico, ao se transformar em pastor e agricultor, deixando assim de depender

exclusivamente da caça e do extrativismo para nutrir-se. E toda vez que, no curso da história, a segurança alimentar foi gravemente afetada, a incapacidade de restabelecê-la foi seguida, mais cedo ou mais tarde, de sérios distúrbios sociais. Quando o desequilíbrio agudo entre a demanda e a oferta de alimentos não era corrigido por um desses meios, a natureza dava sua inexorável contribuição (ALENCAR, 2001).

A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis. (Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional, art. 3º, 2006).

Segundo o Plano de Ação da Cimeira Mundial de Alimentação de 1996, “existe segurança alimentar quando as pessoas têm, a todo o momento, acesso físico e econômico a alimentos seguros, nutritivos e suficientes para satisfazer as suas necessidades dietéticas e preferências alimentares, a fim de levarem uma vida ativa e sã. A este respeito é necessário uma ação concertada, a todos os níveis”. Assim, a responsabilidade dos Estados nacionais seria assegurar esse direito e fazê-lo em obrigatória articulação com a sociedade civil, cada parte cumprindo suas atribuições específicas (VALENTE, 2002).

Dessa definição decorre que a segurança alimentar e nutricional é condicionada por fatores ligados a oferta e demanda de alimentos na sociedade. Essa oferta requer o uso criterioso e sustentável dos recursos naturais da sociedade, o emprego de tecnologias e a execução de políticas governamentais que estimulem a produção e a comercialização de alimentos saudáveis e compatíveis com a cultura alimentar. Em relação à demanda, essa exige níveis mínimos de renda da população e acesso a conhecimentos básicos sobre a relação entre alimentação e saúde, composição nutricional dos alimentos e recomendações dietéticas (MONTEIRO, 2004).

A soberania alimentar acrescenta na trajetória da segurança alimentar e nutricional a importância da autonomia alimentar dos países, associada à geração de emprego dentro do país e à menor dependência das importações e flutuações de preços do mercado internacional. A sustentabilidade, por sua vez, traz conceitos ligados à preservação do meio ambiente, não utilização de agrotóxicos e da produção extensiva em monoculturas, tornando possível a preservação das condições ecológicas que garantam a disponibilidade de alimentos para as gerações futuras (BELIK, 2003; PASTORAL DA CRIANÇA, 2000).

“Soberania alimentar” refere-se à aspiração, ou direito, interpretada à luz de agricultores familiares e de suas comunidades, movimentos e organizações, em colaboração com outras instituições e governos em seus países e regiões de modo a controlar a estrutura e todos os aspectos do sistema alimentar; de produzir comida saudável em quantidade suficiente e de modo culturalmente apropriado e ecologicamente sustentável, nas suas próprias regiões ou próximo delas; de utilizar e desenvolver as abordagens agroecológicas; de proteger os direitos dos agricultores às sementes, terra, água e um mercado justo, bem como de fortalecer as suas comunidades, seus meios de vida e a sustentabilidade ambiental; e do desenvolvimento de políticas regionais, nacionais e internacionais que tornariam a administração dos sistemas alimentares num procedimento democrático (LACEY e MARICONDA, 2014).

De fato, as condições de vida, alimentação e nutrição melhoraram significativamente, mas de forma lenta, e os avanços prometidos pelo capitalismo e sua industrialização se verificam em alto grau de produtividade e crescimento, mas não de desenvolvimento humano, com retrocessos nas políticas sociais e em boa parte dos programas de alimentação e nutrição, permanecendo problemas como a fome (NASCIMENTO e ANDRADE, 2010).

2.3. Agrotóxicos e suas consequências

A agricultura é praticada pela humanidade há mais de 10.000 mil anos, mas o uso intensivo de agrotóxicos teve início após a Segunda Guerra Mundial, durante a chamada Revolução Verde, quando o processo tradicional de produção agrícola sofreu drásticas mudanças, com a inserção de novas tecnologias, visando à produção extensiva de *commodities* agrícolas. Estas tecnologias envolvem, quase sempre, o uso extensivo de agrotóxicos, com a finalidade de controlar doenças e aumentar a produtividade. As indústrias químicas fabricantes de venenos usados como armas químicas durante a guerra ganharam grande impulso ao encontrar na agricultura um novo mercado para a utilização de seus produtos químicos, agora voltados ao controle de pragas e doenças nas culturas (TERRA e PELAEZ, 2009; Ministério do Meio Ambiente, 2017a).

É de conhecimento geral que os fertilizantes respondem por 50% da produção de alimentos no mundo, da mesma forma, sabe-se que os rendimentos agrícolas no Brasil estão abaixo do real potencial produtivo das culturas. Desde 2008, o Brasil lidera o ranking mundial como o país que mais importa agrotóxicos no mundo, sendo

responsável por 86% do total consumido na América Latina (SINDAG, 2010). Somente no ano de 2010, a taxa de crescimento das vendas no país foi de 190%, enquanto, no resto do mundo, foi de 93% (ANVISA, 2012), ocupando, assim, um lugar de destaque no cenário internacional como o mais importante nicho para o crescimento econômico das empresas transnacionais produtoras desses insumos químicos.

O Estado do Mato Grosso é o maior consumidor nacional, representando 18,9%, seguido de São Paulo (14,5%), Paraná (14,3%), Rio Grande do Sul (10,8%), Goiás (8,8%), Minas Gerais (9,0%), Bahia (6,5%), Mato Grosso do Sul (4,7%) e Santa Catarina (2,1%). Os demais estados consumiram 10,4% do total do Brasil, segundo o IBGE (2006), o Sindag (2010) e Theisen (2010).

No que tange à preocupação com os agravos à saúde, pesquisa realizada durante o período de 2007 a 2011, evidenciou, dentre outros, que 97% dos trabalhadores do agronegócio e dos agricultores familiares estudados estavam expostos a agrotóxicos. Tal exposição envolvia a presença de quatro a trinta ingredientes ativos distintos, distribuídos entre inseticidas, herbicidas e fungicidas. No conjunto dos dados, foi possível identificar a presença de 25 grupos químicos diferentes, dos quais 68,5% são classificados como extremamente tóxicos ou muito tóxicos (RIGOTTO, 2011).

Segundo estudo do Instituto Nacional de Câncer (Inca), o cidadão brasileiro consome, em média, 7,5 litros de veneno por ano em consequência da utilização de agrotóxicos. No Rio Grande do Sul, este nível é ainda mais elevado, chegando a 8,3 litros. Na região noroeste do Estado, é ainda pior, superando os 16 litros por ano (INCA, 2015).

2.4. Agroecologia como qualidade de vida

O termo Agroecologia foi assim cunhado para demarcar um novo foco de necessidades humanas, qual seja, o de orientar a agricultura à sustentabilidade, no seu sentido multidimensional. Em um sentido mais amplo, ela se concretiza quando, simultaneamente, cumpre com os ditames da sustentabilidade econômica (potencial de renda e trabalho, acesso ao mercado), ecológica (manutenção e melhoria da qualidade dos recursos naturais e das relações ecológicas de cada sistema), social (inclusão das populações mais pobres e segurança alimentar), cultural (respeito às culturas tradicionais), políticas (organização para a mudança e participação nas decisões) e ética (valores morais transcendentais) (EMBRAPA, 2006).

Conforme Altieri (2001) a Agroecologia encerra os seguintes elementos técnicos: Conservação e regeneração dos recursos naturais – Solo, água, recursos genéticos, além da fauna e flora benéficas; Manejo dos recursos produtivos – Diversificação, reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica e regulação biótica; Implementação de elementos técnicos – Definição de técnicas ecológicas, escala de trabalho, integração dos elementos do sistema em foco e adequação à racionalidade dos agricultores.

De acordo com Gliessman (2000), podemos distinguir três níveis fundamentais no processo de transição ou conversão para agroecossistemas sustentáveis. O primeiro, diz respeito ao incremento da eficiência das práticas convencionais para reduzir o uso e consumo de insumos externos caros, escassos e daninhos ao meio ambiente. O segundo nível da transição se refere à substituição de insumos e práticas convencionais por práticas alternativas. O terceiro e mais complexo nível da transição é representado pelo redesenho dos agroecossistemas, para que estes funcionem com base em novos conjuntos de processos ecológicos.

O ponto de partida é a substituição de insumos e/ou o redesenho de agroecossistemas, buscando formatos tecnológicos que favoreçam a inclusão social, sustentando a diversidade de estratégias de uso e manejo dos recursos naturais, expressadas na forma de “estilos de manejo” que produzem distintos produtos e subprodutos que por sua vez podem constituir diferentes processos de transformação. Este conjunto de processos constitui a “qualidade”, entendida como uma construção social, ou seja, influenciada pelo contexto socioeconômico, cultural e ecológico em que se realiza a produção e por diferentes atores que interpretam. Assim, os formatos tecnológicos da agroecologia requerem níveis mais profundos de entendimento dos processos biológicos, dos fluxos de energia e matéria e das relações socioeconômicas para a produção de tecnologia. Isso demanda especialistas e pesquisas complexas, não reducionistas (BORBA e GOMES, 2004).

2.5. Resíduos orgânicos e a má gestão pública

Os resíduos orgânicos são constituídos basicamente por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas. Podem ter diversas origens, como doméstica ou urbana, agrícola ou industrial, de saneamento básico, entre outras. São materiais que, em ambientes naturais equilibrados, se degradam espontaneamente e reciclam os nutrientes nos processos da natureza. Mas quando derivados de atividades humanas, especialmente em ambientes urbanos, podem se constituir em um sério problema ambiental, pelo grande volume gerado e pelos locais inadequados em que

são armazenados ou dispostos. A disposição inadequada de resíduos orgânicos gera chorume, emissão de metano na atmosfera e favorece a proliferação de vetores de doenças. Assim, faz-se necessária a adoção de métodos adequados de gestão e tratamento destes grandes volumes de resíduos, para que a matéria orgânica presente seja estabilizada e possa cumprir seu papel natural de fertilizar os solos (Ministério do Meio Ambiente, 2017b).

A estruturação de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos vem ao encontro de um dos grandes desafios a ser enfrentado pelos governos e pelo conjunto da sociedade brasileira, a magnitude do problema da geração de resíduos sólidos (Ministério do Meio Ambiente, 2017c). No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizado em 2000 pelo IBGE, coletavam-se diariamente, cerca de 125.281 mil toneladas de resíduos domiciliares, sendo que 47,1% dos mesmos vão para aterros sanitários, o restante, 22,3%, segue para aterros ditos controlados e 30,5% para lixões. Uma parcela mínima é coletada seletivamente e destinada para a reciclagem.

Outro aspecto a ser considerado na ótica das mudanças necessárias no enfrentamento da excessiva geração de resíduos refere-se ao desperdício. Os resíduos orgânicos representam 69% do total descartado hoje no país. Anualmente 14 milhões de toneladas de sobras de alimentos, segundo o Ministério da Agricultura, viram literalmente lixo devido a procedimentos inadequados em toda a cadeia produtiva. Estima-se que se perca 30% das hortaliças ao longo das fases de produção, industrialização, armazenagem, transporte e distribuição. Perde-se outras tantas toneladas de hortifrutigranjeiros com o descuido do consumidor no manuseio nos supermercados, e também nas cozinhas domiciliares e comerciais, em função dos preconceitos da nossa cultura alimentar que despreza, por exemplo, talos, verduras, cascas de frutas e de ovos, sementes, etc (GRIMBERG, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) previu, no art. 36, inciso V, a necessidade de implantação, pelos titulares dos serviços, *“de sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articulação com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido”*. Desta forma, entende-se que a promoção da compostagem da fração orgânica dos resíduos, assim como a implantação da coleta seletiva e da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, faz parte do rol de obrigações dos municípios instituída pela Lei 12.305/2010.

Segundo as definições de reciclagem e rejeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305), conclui-se igualmente que processos que promovem a

transformação de resíduos orgânicos em adubos e fertilizantes (como a compostagem) também podem ser entendidos como processos de reciclagem. Desta forma, resíduos orgânicos não devem ser considerados indiscriminadamente como rejeitos, e esforços para promover sua reciclagem devem ser parte das estratégias de gestão de resíduos em qualquer escala, seja ela domiciliar, comunitária, institucional, industrial ou municipal.

2.6. Vermicompostagem como alternativa de reciclagem

A vermicompostagem é definida como a bio-oxidação e estabilização da matéria orgânica (MO), resultante da ação combinada de minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo (EDWARDS e FLETCHER, 1988; AQUINO et al., 1992). Embora os micro-organismos sejam responsáveis pela degradação bioquímica da MO, minhocas influenciam física e bioquimicamente no processo (NADDAFI et al., 2004). A estabilização da MO é alcançada pelo metabolismo de algumas espécies de minhocas ao se alimentarem desse material, transformando-a em um composto de melhor qualidade do que os produzidos pelo método tradicional de compostagem (ATIYEH et al., 2001).

Esta é uma atividade que permite oferecer um destino adequado aos diferentes resíduos orgânicos oriundos da zona rural, urbana e industrial, podendo-se por meio da vermicultura e vermicompostagem obter minhocas e vermicomposto. O interesse por um método adequado para o processamento desses resíduos, utilizando minhocas, vem sendo discutidos de modo a acelerar o processo de degradação (EDWARDS e BOHLEN, 1996).

A escolha das minhocas é um aspecto importante na evolução da tecnologia de vermicompostagem. Dentre mais de 3.000 espécies conhecidas no mundo (SHARMA et al., 2005), *Eisenia foetida* é a mais utilizada pelo fato de sua ampla distribuição, larga faixa de tolerância à variação de temperatura e por viver em resíduos orgânicos com diferentes graus de umidade, além de ser bastante resistente ao manuseio. São amplamente utilizadas na vermicompostagem porque, além de se alimentarem de resíduos orgânicos, têm elevada capacidade reprodutiva e apresentam crescimento rápido (AQUINO e NOGUEIRA, 2001; PEREIRA et al., 2005).

O vermicomposto é produto da ação combinada das minhocas, mesofauna e microfauna que vivem no seu trato digestivo, resultando num produto de qualidade com características que conferem melhorias no pH do solo resultando numa liberação

gradual de nutrientes para as plantas quando aplicado como adubo (MORSELLI, 2009b).

A grande produção de resíduos de origem animal, como por exemplo, estercos e dejetos constituem-se num problema ambiental, principalmente, em sistemas de confinamentos. Estes resíduos, quando depositados em locais inadequados podem resultar na contaminação dos solos e das águas (ECKHARDT, 2011; MORALES, 2011). A constante preocupação com a preservação do ambiente faz com que se busquem tecnologias para o tratamento destes resíduos. A vermicompostagem é uma alternativa viável para redução destes impactos ambientais, por ser uma técnica de tratamento de resíduos de baixo custo e não poluente. Além disto, pode auxiliar na recuperação de solos degradados pelo incremento de matéria orgânica e da fertilidade do solo (ECKHARDT, 2011).

Os resíduos orgânicos de origem animal gerados nas propriedades agrícolas familiares deixam de ser um problema e passam a ser uma solução de caráter sustentável (social, econômico e ambientalmente correto). Uma vez tratados adequadamente através dos processos de compostagem ou vermicompostagem, geram um produto de elevado valor agrícola capaz de, uma vez aplicado como adubo, elevar a produção reduzindo a aquisição de insumos externos, além de agregar renda à propriedade através da comercialização do húmus excedente (MORSELLI, 2009a).

2.7. Fauna edáfica e sua importância no meio ambiente

O termo fauna do solo compreende uma grande variedade de organismos que habitam o solo, às vezes, denominados invertebrados do solo (ARAÚJO e RIBEIRO, 2005), podendo ser classificados pelo tamanho. A microfauna compreende organismos com tamanho de 4 à 100µm, a mesofauna organismos com tamanho de 100µm à 2mm e a macrofauna com diâmetro corporal de 2mm à 20mm (CORREIA e ANDRADE, 1999; DUCATTI, 2002). A fauna edáfica está diretamente envolvida nos processos de fragmentação da serrapilheira desempenhando papel fundamental na regulação da decomposição e na ciclagem de nutrientes e, é função de um conjunto de fatores biológicos que interagem entre si e que podem ser afetados por fatores climáticos (LAVELLE et al., 1996).

São as características de habitat, como clima, tipo de solo, quantidade de serrapilheira acumulada, quantidade de matéria orgânica, tipo de manejo, entre outros, que determinam quais os grupos da fauna do solo que estarão presentes e em que quantidades (BARRETA et al., 2002). Dessa forma, a fauna edáfica poderá ser um bom

indicador biológico de qualidade dos resíduos orgânicos já decompostos de modo a contribuir para a avaliação de um sistema de produção.

Esta fauna, que além de instrumento avaliador, também desempenha funções importantes no solo, como a formação de galerias que modificam a porosidade no solo e contribui com a aeração e permeabilidade, também é responsável pela liberação dos componentes inorgânicos e mineralização (DUCATTI, 2002). A fauna é responsável pela degradação da matéria orgânica, uma das funções mais importantes e essenciais para a manutenção dos ecossistemas florestais.

A degradação das áreas agricultáveis ocorre com a utilização de práticas agrícolas inadequadas, que revertem em condições onde os agentes erosivos se tornam cada vez mais efetivos. Neste contexto, a fauna edáfica tem o papel de suma importância na recuperação do solo, pois impedem que as adições dessas práticas se tornem limitantes e, juntamente com práticas conservacionistas adequadas, trazem benefícios incomparáveis ao solo e as culturas, o que pode ser favorecido pela adição de vermicompostos como adubo orgânico, restabelecendo paulatinamente os sistemas agroecológicos (MORSELLI, 2009b).

2.8. Índices ecológicos como parâmetros de avaliação

Como método de avaliação da mesofauna edáfica alguns índices ecológicos podem ser utilizados como ferramentas para melhor análise da sua importância no meio ambiente.

O índice de Shannon-Wiener (H) é um índice de diversidade que leva em conta não só o número de táxons, mas também o número de indivíduos, varia de 0 para comunidades com um único táxon até valores elevados para comunidades com muitos táxons, cada um com alguns indivíduos. Este índice foi proposto por Shannon (1948) e possui uma vantagem em relação aos índices de Margalef, Gleason e Menhinick, pois é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade ou sub-comunidade de interesse, sendo estimado através da seguinte equação:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \times \log(b)p_i$$

Onde: S = número de espécies; p_i é a abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade (RODRIGUES, 2017).

Outro índice muito utilizado é o Índice de Dominância de Simpson (D_s), o qual varia de 0 (todos os táxons presentes em iguais quantidades) a 1 (um táxon domina completamente a comunidade). É determinada em função do índice de diversidade de Simpson (SIMPSON, 1949) pela equação:

$$D_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Onde: n_i é o número de indivíduos de cada espécie e N é o número de indivíduos (RODRIGUES, 2017).

A equitabilidade J (Pielou) se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional a dominância. A medida de Equidade ou Equitabilidade compara a diversidade de Shannon-Wiener com a distribuição das espécies observadas que maximiza a diversidade (RODRIGUES, 2017). Este índice é obtido através da equação:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

A riqueza de Jackknife 1ª Ordem (E_D) estima a riqueza de espécies de uma comunidade. A experiência sugere que este seja um bom estimador de riqueza de espécie.

$$E_D = S_{obs} + s_1 \left(\frac{f - 1}{1} \right)$$

Onde: S_{obs} = número de espécies observadas; s_1 = o número de espécie que está presente em somente um agrupamento (espécie de um agrupamento) e f = o número de agrupamento que contém iésima espécie de um agrupamento.

O número de indivíduos (termo muitas vezes substituído simplesmente por abundância) é um descritor muito usado em trabalhos de faunística, especialmente nos menos recentes. Muitos trabalhos foram feitos partindo de contagens de indivíduos – a adequação desse descritor, no entanto, vem sendo bastante discutida.

Projeto de Pesquisa (NBR 15287)
(Modelo sugerido pelo PPGSPAF/UFPel)
(Defendido e aprovado em 07 de julho de 2016)

PROJETO DE TESE

UNIDADE: Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - FAEM		DEPARTAMENTO: Fitotecnia	
PROGRAMA: Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar			
LINHA DE PESQUISA: () Desenvolvimento Rural Sustentável () Ambiente Físico e Dinâmica de Agroecossistemas (X) Processos Biológicos nos Sistemas de Produção Agrícola			
TÍTULO DO PROJETO: Caracterização física, química e biológica de resíduos oriundos da produção agrícola familiar.			
PRAZOS DE EXECUÇÃO: Início: 08/2014 Término: 08/2017			
EQUIPE TÉCNICA: ALUNO: Ryan Noremberg Schubert ORIENTADORA: Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli			
OBJETIVOS: Geral: - Avaliar a vermicompostagem de resíduos orgânicos da região. Específicos: - Identificar a mesofauna edáfica da vermicompostagem de resíduo bovino, equino, ovino, bubalino, de erva-mate e de borra de café; - Caracterizar química e fisicamente o vermicomposto dos resíduos bovino, equino, ovino, bubalino, de erva-mate e de borra de café; - Monitorar o nível reprodutivo das minhocas no processo de vermicompostagem em cada resíduo analisado.			
RECURSOS FINANCEIROS NECESSÁRIOS (R\$)			
	1º ano	2º ano	3º ano
Diárias.....	238,60	238,60	238,60
Material de consumo.....	-	589,30	589,30
Remuneração de serviços.....	-	900,00	900,00
Outros serviços.....	-	-	-
Obras e instalações.....	-	-	-
Equipamento e material permanente.....	166,00	166,00	166,00
Sub-total.....	404,60	1.893,90	1.893,90
Imprevistos (10%).....	40,46	189,39	189,39
TOTAL.....	445,06	2.083,29	2.083,29
ASSINATURAS			
		DATA	
ALUNO: _____		30/03/2015	
ORIENTADORA: _____		30/03/2015	

Vide verso ➔

1. Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Food and Agricultural Organization – FAO, 2009) até 2050 a produção de alimentos no mundo terá de dobrar para poder atender a essa demanda. Em consequência, a competição pelo uso do solo para plantio e criação de animais torna-se cada vez mais acirrada, sendo que cerca de 80% do aumento da produção animal será devido aos sistemas de confinamento de animais, necessitando-se de uma maior tecnologia (FAO, 2009).

Neste contexto, as atividades agrícola e pecuária, assim como a indústria de transformação de seus produtos, geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, incluindo folhas, palhas, cascas, bagaços, tortas, camas e esterco, carcaças de animais, entre outros. Todos esses resíduos, se não forem devidamente tratados, podem causar poluição no solo e nas águas (NUNES, 2010).

Da mesma forma, a fração orgânica dos resíduos urbanos é responsável pela geração de impactos ambientais importantes em áreas de aterros sanitários e depósitos irregulares, além de ocasionar impactos à salubridade dos ambientes urbanos pela atração de vetores de doenças. Os dejetos de animais no meio rural constituem uma fonte de poluição dos recursos hídricos se tornando um meio de proliferação de insetos. Na realidade brasileira, uma pequena parte é efetivamente reciclada, mas a grande maioria é destinada a aterros sanitários, em lixões ou, simplesmente dispostos ao ar livre, incluindo a fração orgânica que corresponde em torno de 60% (SILVA, 2008).

Segundo Gliessman (2000) quando o solo é compreendido como um sistema vivo, dinâmico e integrante do ecossistema, o manejo para a sustentabilidade torna-se um processo sistêmico, visão totalmente antagônica a preconizada pelos difusores do pacote tecnológico oriundo da revolução verde. Dessa forma, para uma propriedade familiar ser sustentável, o aporte de insumos externos deve ser minimizado, principalmente os que se referem à fertilidade.

Em contrapartida, a compostagem e a vermicompostagem são alternativas de tratamento desses resíduos que serão indispensáveis para o desenvolvimento sustentável. Elas representam a reciclagem de nutrientes, da matéria orgânica que mantém os solos vivos e produtivos e há possibilidade de aplicação desses processos no campo e na cidade de maneira ampla e benéfica. Sendo assim, evidencia-se insistir e melhorar o conhecimento desses tratamentos, uma vez que são ecologicamente

corretos, de baixo custo e os produtos gerados podem ser utilizados em diferentes áreas da agricultura (TEIXEIRA et al., 2004).

A vermicompostagem é um processo que utiliza minhocas para digerir matéria orgânica, e por serem vermes, deu-se, em inglês, o nome a esse método de *vermicomposting*, passando a denominá-lo vermicompostagem em português.

As minhocas são classificadas conforme sua coloração: vermelha e cinzenta. Do grupo vermelho destaca-se a minhoca vermelha (*Lumbricus rubellus*) e a vermelha-da-Califórnia (*Eisenia foetida* e *Eisenia andrei*). Já do grupo cinzenta há a minhoca do campo (*Allolobophora caliginosa*) e a minhoca da noite (*Lumbricus terrestris*). Nas espécies comerciais destaca-se a minhoca vermelha da Califórnia, originária da Europa, com desenvolvimento nas camadas superficiais do solo, se reproduz o ano todo, é hermafrodita e gera grande quantidade de húmus. A espécie *Eisenia foetida* tem características parecidas com a vermelha e pode medir de 6 a 8cm de comprimento. A minhoca gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) tem hábitos noturnos, reprodução idêntica às espécies citadas, porém são bem maiores, podendo medir até 30cm de comprimento. Os anelídeos suportam bem a área mais fria da base do composto e por isso se proliferam rapidamente. As minhocas começam a atacar pela base o composto e vão subindo pela pilha à medida que vai se decompondo a matéria e conforme toleram a temperatura que é em torno de 13°C a 22°C a mais ideal (MARCONDES e LAMMOGLIA, 1994).

Os principais processos envolvidos na ação das minhocas sobre a matéria orgânica são mecânicos e biológicos, representados pelo revolvimento do composto e com a trituração das partículas orgânicas que passam pelo trato digestivo desses animais, respectivamente. A contribuição do efeito bioquímico está presente quando da decomposição da matéria orgânica pelos micro-organismos existentes no intestino das minhocas, gerando resíduos mais ricos em nutrientes assimiláveis pelas plantas. Esse novo pensamento promoveu a possibilidade de utilização de uma grande variedade de produtos originários da vermicultura. Entre esses produtos estão a matéria orgânica humificada e o chorume, ambos utilizados na agricultura (GARG e YADAY, 2011).

A vermicompostagem apresenta-se como processo ambientalmente correto, pois há a conversão de resíduos em alimentos e proporciona o tratamento destes resíduos ricos em matéria orgânica, sendo posteriormente transformados em matéria orgânica mais estabilizada (vermicomposto). Uma das vantagens apresentadas pela vermicompostagem é a produção do húmus, por possuir propriedades bioenergéticas interessantes, com vista à recuperação de solos, bem como, às alterações favoráveis

em termos microbiológicos proporcionadas por este tratamento (FERNANDES et al., 2009).

Este processo é uma biotecnologia que transforma resíduos orgânicos em um material benéfico ambientalmente. A maioria dos resíduos orgânicos é lançada em locais impróprios que favorecem o desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis que podem trazer riscos à saúde humana, dependendo do nível da contaminação. No ponto de vista agrícola, os resíduos vegetais e os dejetos animais são fontes de patógenos para lavouras e para animais. Por meio da vermicompostagem, tem-se a eliminação ou redução a níveis seguros desses variados patógenos, pois o composto obtém temperatura termofílica, acima de 55°C, por longos períodos (EPSTEIN, 1996).

Esta técnica vem sendo uma grande aliada no que diz respeito ao processamento de resíduos orgânicos, pois além de propiciar uma destinação adequada aos mesmos, ainda atende às propriedades agrícolas em seu processo final, o húmus de minhoca, obtido a partir do processo de bio-oxidação e estabilização do resíduo orgânico a partir da ação conjunta de minhocas e micro-organismos (AIRA e DOMÍNGUEZ, 2009), e provém de materiais originários de plantas e animais que passaram por processo de decomposição, via hidrólise, oxidação, redução e síntese de micro-organismos, desempenhando importante papel na formação de agregados do solo, no controle de acidez e ciclagem de nutrientes (LANDGRAF et al., 2005). Neste processo tem sido dada atenção à minhoca *Eisenia foetida* devido ao seu rápido crescimento (NEUHAUSER et al., 1979) e prodigiosa proliferação (HARTENSTEIN et al., 1979; VENDER e REINECKE, 1988).

Segundo Kiehl (1985), o tubo digestivo da minhoca promove a assimilação de compostos minerais, como fósforo, potássio e micronutrientes. Transforma os compostos nitrogenados orgânicos em nitratos, dispõe de glândulas calcíferas que concentram o cálcio em seu organismo e produz um vermicomposto com um teor médio de 13% de matéria orgânica. Essas dejeções proporcionam um adubo orgânico bastante ativo, permitindo melhorar os substratos do solo, razão pela qual são destinados à horticultura e floricultura com ótimas vantagens físicas e microbiológicas, enriquecendo a camada arável (NOLLA, 1982).

A minhoca da Califórnia, *E. foetida*, possui o comprimento entre 32 a 130mm e 2 a 4mm de diâmetro, tendo entre 80 a 110 segmentos, com epistômio epibólico, o que permite sua criação em cativeiros pequenos (MORSELLI, 2009). Para Hernández (1991), as principais razões para se eleger as minhocas da Califórnia são: fecundidade, longevidade, consistência corporal, vivacidade de cor, adaptação ao cativeiro e pouca mobilidade. Quanto à fecundidade, possuem a capacidade de se acasalar a cada sete

dias, enquanto as minhocas silvestres o fazem a cada 45 dias, além de apresentarem uma média de eclosão menor. Apresentam longevidade de até 16 anos, enquanto as silvestres têm apenas quatro anos de vida. No Rio Grande do Sul, esta espécie tem sido a mais procurada e mais utilizada nos trabalhos de vermicultura e vermicompostagem, não somente por se adaptar com facilidade ao clima do estado e aos diferentes resíduos produzidos nas zonas urbanas, rurais e industriais, mas também pela sua alta prolificidade (MORSELLI, 2000).

Da mesma maneira, a fauna edáfica está diretamente envolvida nos processos de fragmentação da serrapilheira desempenhando papel fundamental na regulação da decomposição e na ciclagem de nutrientes e, é função de um conjunto de fatores biológicos que interagem entre si e que podem ser afetados por fatores climáticos (LAVELLE et al., 1996). Este fato ocorre também na palha que cobre compostos e vermicompostos vindo a colaborar com a atividade de minhocas no material a ser decomposto (MORSELLI, 2000).

Segundo Ekschmitt et al. (1998), a coexistência entre espécies, própria à sua dinâmica espaço-temporal, caracteriza-se em diferentes explorações e utilizações de recursos e refúgios parciais no espaço e no tempo, e ocorrem graças à heterogeneidade natural, à variabilidade e a extensão espacial do habitat. A fauna edáfica é agente e reflete as condições do meio ambiente. São as características de habitat como clima, tipo de solo, quantidade de serrapilheira acumulada, quantidade de matéria orgânica, tipo de manejo, entre outros, que determinam quais os grupos da fauna do solo que estarão presentes e em que quantidades (BARRETA et al., 2002). Dessa forma, a fauna edáfica poderá ser um bom indicador biológico de qualidade dos resíduos orgânicos já decompostos de modo a contribuir para a avaliação de um sistema de produção.

Para Lavelle (1996), a fauna do solo pode ser manipulada para melhorar as propriedades físicas dos solos e regular os processos de decomposição da matéria orgânica. Quanto a fertilidade, a classificação da macrofauna edáfica em grupos funcionais, permite uma melhor compreensão do papel que esta exerce na transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

Os resíduos orgânicos decompostos sob vermicompostagem são resultantes não somente da ação dos micro-organismos e minhocas como também da mesofauna (ácaros e colêmbolos) que, uma vez adicionados no solo contribuem para a melhoria da sua qualidade. A contribuição da fauna para a ciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes, portanto, depende não somente de seu próprio tamanho populacional mas de sua habilidade de influenciar o funcionamento com o qual eles interagem.

Estas influências devem ocorrer através de uma variedade de mecanismos. Alguns grupos faunísticos, tais como os microartrópodos, interagem com a matéria orgânica depositando detritos e alimentando-se da mesma e pela ingestão de micro-organismos resultando no incremento da superfície da matéria orgânica disponível para o ataque microbiano (BARRETA et al., 2002).

Um dos tipos de indicadores biológicos utilizados é o monitoramento populacional da mesofauna. Portanto, sua determinação é um indicador biológico de qualidade dos resíduos orgânicos de modo a contribuir para a avaliação de um sistema de manejo.

As minhocas têm preferência por matéria orgânica pouco ácida e sem cheiro muito forte. A borra de café, as folhas de chá e de erva-mate que são descartadas após a bebida são bem aceitas pelas mesmas. A reposição de nutrientes deve ser feita uma a duas vezes por semana. A vermicompostagem pode ser utilizada para diversos tipos de resíduos, desde que esteja dentro dos limites de aceitabilidade das minhocas como, temperatura, pH, umidade, toxicidade entre outros fatores que não prejudicam seu desenvolvimento (MARCONDES, 1996).

Estudo avaliando a mesofauna no processo da vermicompostagem de diversos resíduos de origem animal e vegetal, realizado por Huber e Morselli (2011), indicou que a mesofauna (ácaros e colêmbolos) participa do processo da vermicompostagem, sendo que os ácaros estiveram presentes na vermicompostagem em grande percentual no esterco de ovinos, na parte superficial do material e no seu interior no esterco de bovinos, enquanto que os colêmbolos estiveram em maior quantidade no esterco de bovinos tanto no interior como na superfície do material. O mesmo estudo indica, ainda, um maior número de ácaros no esterco de equinos, na erva-mate e na borra de café no final da vermicompostagem, enquanto que o número de colêmbolos foi maior no esterco de ovinos, na erva-mate e na borra de café no final da vermicompostagem.

Diante disto, este estudo justifica-se pelo fato de serem necessários mais estudos que visem o reaproveitamento de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal gerados em propriedades agrícolas familiares, e assim utilizar a vermicompostagem como alternativa, a fim de que os mesmos possam ser utilizados por agricultores familiares da região como uma fonte alternativa ao uso de fertilizantes químicos, minimizando, deste modo, os impactos causados ao meio ambiente.

2. Objetivos

- Avaliar o processo de vermicompostagem nos resíduos orgânicos: esterco bovino, equino e ovino, borra de café e de erva-mate;
- Identificar a mesofauna edáfica presente durante o processo de vermicompostagem;
- Contabilizar a população micro-organismos mesófilos, fixadores de nitrogênio, heterotróficos, celulóticos e *Eschechia coli*;
- Realizar análises químicas de macronutrientes, nitrogênio e carbono dos materiais utilizados no início e ao final do processo;
- Monitorar durante o processo o pH, temperatura, umidade e a densidade dos materiais utilizados.

3. Material e Métodos

O projeto será realizado entre os anos 2015 e 2017, no Laboratório de Biologia do Solo do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, RS.

O trabalho será desenvolvido com base em testes de aceitação e comportamento da espécie de minhoca *Eisenia foetida*, assim como aspectos químicos, físicos e biológicos de diferentes resíduos de origem animal e vegetal, contemplando cinco tratamentos distintos:

- ✓ **T1:** Esterco de bovinos
- ✓ **T2:** Esterco de equinos
- ✓ **T3:** Esterco de ovinos
- ✓ **T4:** Resíduo de erva-mate
- ✓ **T5:** Resíduo de borra de café

O resíduo de esterco bovino será adquirido de uma propriedade rural localizada na Estrada da Capela da Buena, no Município do Capão do Leão/RS, enquanto que, o resíduo de esterco equino será obtido de uma propriedade localizada no Distrito do Monte Bonito em Pelotas/RS. A borra de café será oriunda do estabelecimento Café Aquários no Centro de Pelotas, a erva-mate vencida será doada pela Erva-Mate Pantanal, e por fim, o resíduo de esterco ovino será coletado na Universidade da Região da Campanha (URCAMP) de Bagé/RS.

Após a coleta, estes resíduos serão acondicionados em local protegido para que se estabilizem, até estarem prontos para a inoculação das minhocas, quando cada

resíduo será colocado individualmente em um recipiente onde serão inoculadas 10 minhocas em cada material, para que, caso as mesmas penetrem no material é um indicativo que aceitam o mesmo. Havendo rejeição, será necessário mais tempo para este material ser utilizado.

Após este processo inicial de estabilização, estes materiais serão acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 10 litros, onde serão introduzidas cerca de 150 minhocas em cada recipiente, que será devidamente coberto com um pano de algodão preso com um elástico para dificultar a saída destas minhocas ou a entrada de outros organismos indesejados. Em laboratório, cada tratamento será repetido cinco vezes e distribuído de forma aleatória em uma bancada vertical, totalizando assim, 25 unidades experimentais.

Estes resíduos serão submetidos, ao início e ao final do experimento, a análises de umidade, onde se pesará 20g de cada material em recipientes metalizados para a obtenção da matéria fresca, e logo após, colocadas em estufa com temperatura média de 60-65°C por um período de 48h. Ao passar deste período, estes materiais serão novamente pesados para a obtenção da matéria seca de cada material. Na sequência, será pesado 5g de cada material para ser acondicionado em estufa a temperatura média de 100-110°C por um período de 12h, onde serão novamente pesados. Logo, a diferença de peso destes materiais será a determinação do teor de umidade de cada resíduo.

Outro procedimento a ser realizado semanalmente no decorrer do experimento, será o monitoramento do pH dos materiais, adicionando-se 10g de material mais 30mL de água destilada em copos plásticos com capacidade de 70mL. As amostras serão homogeneizadas por 5 minutos e deixadas em descanso por 30 minutos, para a leitura do pH com o auxílio de um potenciômetro. Da mesma forma, será analisado a densidade de cada material, com o auxílio de uma proveta de 100mL, onde será colocado a quantidade de material até atingir o volume máximo de 100mL, sendo estes materiais acomodados para retirada de ar do recipiente, logo após, os mesmos serão pesados para posterior determinação da densidade conforme a fórmula: $D = m/v$. Sendo D (densidade), m (massa), v (volume).

Análises químicas de macronutrientes, carbono e nitrogênio serão realizados no início e ao final do experimento, no Laboratório de Química do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas.

Ao final do processo de vermicompostagem, serão realizadas avaliações das propriedades físicas destes materiais, como a densidade aparente, capacidade de vaso, espaço de aeração, potencial total e a distribuição das partículas.

Outro aspecto a ser avaliado semanalmente é a contagem e a caracterização da mesofauna para estabelecer a relação ácaro/colêmbolo, para isso, serão utilizados frascos de plástico com capacidade para 70mL (Armadilha de Tretzel), aos quais serão adicionados 30mL com solução de formol a 2% e introduzido em cada vaso a uma profundidade suficiente para que o mesmo fique rente ao substrato. Este procedimento será realizado a cada nova coleta. As análises serão feitas em laboratório, com o auxílio de uma lupa para a contagem e identificação dos organismos presentes.

Com relação à análise microbiológica, uma amostra inicial e final do processo de vermicompostagem, de cada tratamento, será enviado ao Laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas para a realização de análises de micro-organismos fixadores de nitrogênio, heterotróficos, celulóticos, mesófilos e *Eschechia coli*.

4. Recursos Necessários

Orçamento					
Discriminação do item	Valor unitário	Quantidade	Valor total	1º ano	2º ano
Análises químicas dos resíduos	30,00	60	1.800,00	X	X
Vasos plásticos de 5L	4,70	30	141,00	X	
Bandejas plásticas	25,00	2	50,00	X	
Baldes plásticos	5,20	3	15,60	X	
Bombonas plásticas de 20L	98,00	3	294,00	X	
Etiquetas adesivas	100,00	1	100,00	X	X
Medidor de pH e umidade	98,00	1	98,00	X	
Potes para coleta de 100mL	2,00	240	480,00	X	X
Diárias para Caxias	179,00	4	716,00	X	X
Impressões	0,50	1.000	500,00	X	X
Total*			4.194,60		
ASSINATURAS					
ALUNO: _____				DATA	
				30/03/2015	
ORIENTADORA: _____				30/03/2015	
COORDENADOR DO PROGRAMA: _____				30/03/2015	

5. Cronograma de Execução de Pesquisa

Atividades	2014					2015												2016												2017						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Revisão de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboração do projeto de pesquisa	x	x	x	x	x	x	x	x																												
Apresentação do projeto de pesquisa									x																											
Instalação do experimento								x				x																								
Qualificação da Tese																								x												
Análise dos dados										x	x	x	x			x	x	x	x																	
Elaboração da Tese	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Defesa da Tese																																				x
Publicação dos resultados																																				x

6. Divulgação Prevista

Os resultados serão divulgados em periódicos e anais de congressos.

7. Bibliografia Citada

AIRA, M. e DOMÍNGUEZ, J. Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). **Journal of Harz ardous Materials**, v. 161, p. 1234-1238, 2009.

BARRETA, D.; SANTOS, J.C.P.; WILDNER, L.P.; MIQUELLUTI, D.J. **Mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo**. In: Seminário de Iniciação Científica, 12, 2002, Joinville, SC: UDESC, p. 61-62, 2002.

EKSCHMITT, K. e GRIFFTHI, B.S. Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. **Applied soil ecology**, p. 201-215, 1998.

EPSTEIN, Eliot. **The science of composting**. Lancaster: Tschnomic Publishing, 1996, 504 p.

FAO – Food and Agricultural Organization. “**Global agriculture towards 2050**”. High level expert forum. Roma, 12 e 13 de outubro de 2009. Disponível em:<http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf>. Acesso: 07 mar. 2015.

FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; SANTOS, S. A.; VASCONCELLOS, A.; SANTOS, J. L.; AUGUSTO, T. Utilização de Diferentes Substratos como Iscas na Captura de Minhocas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2388-2391, 2009.

GARG, V. K. e YADAY, A. Vermicomposting: An effective tool for the management of invasive weed *Parthenium hysterophorus*, **Bioresour.Technol.** v. 102, n. 10, p. 5891-5895, 2011.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora Da UFRGS, 2000, 637 p.

HARTENSTEIN, R.; NEUHAUSER, E.F.; KAPLAN, D.L. Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. **Oecologia**, Berlim, v.43, p.329-340, 1979.

HERNÁNDEZ, Rufino Rivero. **La lombricultura y sus fundamentos**. Madrid, 1991, 302 p.

HUBER, A.C.K. e MORSELLI, T.B.G.A. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 2, p.12-20, 2011.

KIEHL, Edmar Jose. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985, 492 p.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biol. Int.**, v.33, p. 3-16, 1996.

MARCONDES, Ayrton César e LAMMOGLIA, Domingos Ângelo. **Biologia: ciência da vida**. São Paulo: Atual, 1994, 372 p.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Vermicultura e vermicompostos – Processos e aplicações**. Projeto apresentado no Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Produção Vegetal. Exame de Qualificação, 2000, 70 p.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Resíduos orgânicos em sistemas agrícolas**. Pelotas: Ed. Universitária, UFPel, 2009, 228 p.

NEUHAUSER, E.F.; KAPLAN, D.L.; HARTENSTEIN, R. Live history of earthworm *Eudrilus eugeniae*. **Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol**, Paris, v. 16, p. 525-534, 1979.

NOLLA, Delvino. **Erosão do solo: O grande desafio**. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, 1982, 412 p.

NUNES, W.A.G.A. **Uso agrícola de resíduos orgânicos**. 2010. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/ResiduosOrganicos/index.htm>. Acesso: 08 mar. 2015.

SILVA, C.A. **Uso de Resíduos Orgânicos na agricultura**. In: SANTOS, G. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008, 636 p.

TEDESCO, Marino Jose; GIANELLO, Clesio; BASSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sergio Jorge. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Facultad de Agronomía/Departamento de Solos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 1995, 174 p.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.; JÚNIOR, J. F. Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Oriental. **Circular técnica Embrapa**, Belém, n. 33, 2004.

VENTER, J.M. e REINECKE, A.J. The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta). **South African Journal of Zoology**, Africa do Sul, v. 23, n. 3, p. 161-165, 1988.

Relatório do Trabalho de Campo

Este trabalho de tese foi oportunizado pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), com o apoio financeiro da CAPES, e conduzido no Laboratório de Biologia do Solo (LBS) do Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Capão do Leão.

Em agosto de 2014 este trabalho teve início, com o intuito de dar um tratamento adequado a resíduos considerados problemáticos na Região Sul do Rio Grande do Sul, por serem destinados de maneira deliberada no meio ambiente, causando sérios problemas aos solos e águas, assim como, tornando-se vetores de doenças humanas. Com isso, fazendo uso dos conhecimentos acumulados de anos de pesquisas da professora titular Dr.^a Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli na área de vermicompostagem, para testar este processo nos resíduos citados.

Para tal, buscou-se adquirir os resíduos de diferentes origens. A erva-mate foi doada pela Erva-Mate Pantanal, sendo que este encontrava-se com prazo de validade vencido. Em outubro de 2015 esta doação foi encaminhada para o Laboratório de Biologia do Solo para iniciar o processo de lavagem deste material, com a intenção de simular seu uso e obter um resíduo semelhante ao gerado rotineiramente por seus consumidores. Posteriormente, este material foi armazenado em baldes plásticos para dar início ao processo de estabilização, sendo que, duas vezes na semana, este resíduo era revolvido, com o intuito de aerar o meio, tornando-o propício para o desenvolvimento de micro-organismos aeróbicos. Com relação à borra de café, esta foi cedida pelo estabelecimento comercial Café Aquários, localizado no Centro de Pelotas. Este resíduo foi alocado em baldes plásticos para se iniciar o processo de estabilização deste material, com revolvimentos semanais para aeração do meio.

O esterco de equinos foi cedido pela Cabanha Xucra, localizada no Monte Bonito, 9º Distrito de Pelotas/RS. A coleta foi realizada nos bretes onde os cavalos passam um período do dia, armazenados em sacos de estopa e transportados para o Laboratório para realização de análises iniciais. Da mesma forma, o esterco de ovinos, oriundo da Universidade da Região da Campanha (URCAMP) – Bagé/RS, passaram pelo mesmo procedimento. Por fim, obteve-se o esterco de bovinos em uma propriedade rural localizada no distrito da Capela da Buena, no município do Capão do Leão/RS.

Após o período de estabilização, com revolvimento semanal dos resíduos, em abril de 2016, aferiu-se o pH dos mesmos e, observando-se que estes apresentaram valores considerados toleráveis às minhocas (EB: 7,73; EO: 8,06; EE: 5,29; BC: 5,58; EM: 7,89), foi realizado o teste de aceitação considerado padrão. Para tal, em um

recipiente com o resíduo a ser testado, colocou-se na superfície algumas minhocas para a observação de seu comportamento. O fato das minhocas terem descido no material foi um indicativo de que as mesmas aceitaram o resíduo proposto e o experimento de vermicompostagem poderia ser iniciado.

Em maio de 2016, iniciou-se a montagem do experimento com a inoculação de 150 minhocas adultas em vaso com capacidade de 10 litros, com cinco repetições de cada tratamento. Inicialmente colocou-se o resíduo e logo após a quantidade de minhocas propostas, esperando estas penetrarem no material, para por fim, vedar o vaso com um pano de algodão e um atilho de borracha para prevenir a entrada de organismos indesejados. Estes materiais permaneceram no Laboratório de Solos/FAEM.

Uma amostra de cada resíduo foi retirada, ao início e ao final deste estudo, para a verificação das análises química dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), relação C/N, C e pH, sendo encaminhadas ao Laboratório de Química do DS/FAEM/UFPeI e realizadas conforme metodologia descrita por Tedesco (1995).

A densidade volumétrica inicial de cada resíduo foi avaliada através do método da autocompactação descrito por Fermino (2014), o qual consiste em preencher uma proveta plástica transparente e graduada, de 300mL, com o substrato. Após, esta proveta é deixada cair sob ação do seu próprio peso, de uma altura de 10cm, por dez vezes consecutivas. Com o auxílio de uma espátula, a superfície foi nivelada levemente e seu volume obtido lido e a densidade volumétrica pesada.

Para determinar a umidade, amostras de 20g cada resíduo foram coletadas, ao início e ao final deste experimento, e levadas a uma estufa de ar forçado a 60-65°C (para não alterar a mostra quimicamente) por um período de 48h, observando a obtenção de peso constante, após, estimou-se o peso seco das amostras. Os valores obtidos foram submetidos a seguinte fórmula: Umidade a 60-65°C (%) = $100 \times (\text{peso da amostra úmida} - \text{peso da amostra seca}) / \text{peso da amostra úmida}$.

Ainda no mesmo mês, iniciou-se a montagem das armadilhas de Tretzel adaptadas aos vasos usados no experimento. Foi utilizado frascos com capacidade de 70mL com 30mL de formaldeído a 2%, o qual foi enterrado rente ao resíduo em cada vaso, para facilitar a captura de organismos de superfície que habitam este nicho. Em intervalos de 15 dias, estas armadilhas eram substituídas e levadas para contagem e identificação da mesofauna edáfica presente. Os dados encontrados foram submetidos à análise estatística com o auxílio do software DivEs[®], onde analisou-se os índices ecológicos de Diversidade de Shannon-Wiener, Dominância de Simpson, Equitabilidade de Pielou e Riqueza de espécies.

Realizou-se também, ao início e final deste estudo, a mensuração da respiração microbiana emitida no interior de cada vaso conforme a técnica da respirometria sugerida por Öhlinger (1993), onde adaptou-se este método as condições deste experimento, colocando-se 30mL de uma solução de NaOH 2N (80g de NaOH em 1L de água) em um frasco com capacidade de 70mL. Este foi colocado individualmente em cada unidade experimental e coberto com uma câmara estática (lata de alumínio com 7cm de altura e 4,5cm de raio) e deixado por um período de 14 dias, após, titulou-se esta solução com HCl 2N na presença de duas gotas do indicador ácido/base fenolftaleína 1%, até a mesma mudar a coloração roxa para incolor, indicando a quantidade suficiente de ácido para neutralizar o hidróxido de sódio, ou seja, a diferença entre o volume de ácido usado é proporcional a quantidade de CO₂ produzido pelos micro-organismos presentes no resíduo. Valores obtidos nestas leituras foram submetidas a fórmula proposta por Severino et al. (2005): $CO_2 = [(V_1 - V_0) \times 44]/0.2$, em que: CO₂ - quantidade de carbono mineralizado, mg de CO₂ kg de solo-1 V₁ - volume de HCl necessário para neutralizar o NaOH no tratamento, mL V₀ - volume de HCl necessário para neutralizar a testemunha, mL 44 - equivalente ao peso molar do CO₂ 0.2 - massa do solo, Kg.

Uma amostra, ao início e ao final deste estudo, foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental do Departamento de Microbiologia e Parasitologia do Instituto de Biologia da UFPel, para avaliação dos micro-organismos presentes no vermicomposto, onde 10g de cada amostra (peso seco) foram homogeneizados em 90mL de solução salina a 0.8% e agitados a 120r/min por 30 minutos em agitador orbital. Alíquotas de 10mL foram transferidas sucessivamente para frascos contendo 90mL de solução salina, até obter a diluição 10⁻¹². Para verificação da presença de bactérias degradadoras de celulose, alíquotas de 100µL de cada diluição foram inoculadas em placas, em triplicata, contendo meio sólido Luria-Bertani (LB) + carboximetilcelulose (Verma et al., 2001) e incubadas em estufa a 28°C por 24h. A detecção das colônias foi realizada utilizando lugol como revelador (Kasana et al., 2008). A contagem foi realizada pelo método de placas.

Com relação à análise de bactérias diazotróficas, de cada uma das diluições, alíquotas de 100µL de cada diluição foram inoculadas em triplicata, em frascos de vidro de 15mL, contendo 5mL do meio semi-sólido, livre de N, NFb. Os frascos foram incubados em estufa a 30°C por sete dias, sendo considerados positivos para contagem aqueles que apresentaram uma película aerotóxica típica próxima da superfície do meio. A contagem da população foi realizada pela técnica do Número

Mais Provável (NMP), utilizando a tabela de McCrady para três repetições por diluição (Döbereiner et al., 1995).

Com os fungos totais, as amostras foram processadas em laboratório da seguinte forma: para a homogeneização foram pesadas 25g de cada amostra e adicionadas a 225mL de água peptonada a 0,1%, desta forma constituindo a primeira diluição, posteriormente, foram feitas diluições seriadas até 10^{-6} , em seguida alíquotas de 0,1mL foram semeadas em superfície de meio de cultura Agar-batata-dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico (10%) e incubados em estufa a 25°C por 4-6 dias para crescimento das Unidades Formadoras de Colônia (UFC) (Sidrim e Moreira, 1999).

Artigo 1 - Macrofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais.

Submetido para a revista: "Brazilian Journal of Biology"

Macrofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais.

R. N. Schubert^a, T. B. G. A. Morselli^b

^a Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil

^b Professora Titular no Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil.

Palavras-chave: minhocas, *Eisenia foetida*, resíduos orgânicos

Keywords: worms, *Eisenia foetida*, organic waste

Título abreviado: Macrofauna edáfica na vermicompostagem

Número de tabelas: 2

* Autor correspondente: Ryan Noremborg Schubert

Email: ryannslp@yahoo.com.br

Abstract

The objective of this study was to evaluate soil macrofauna (worms), carbon/nitrogen (C/N) ratio and hydrogenation potential (pH) during the vermicomposting process in different organic residues. The treatments were constituted by organic residues of animal origin (bovine, ovine and equine manure) and vegetable (herb-checkmate and coffee drag), which were conditioned in plastic pots with a capacity of 10 liters, comprising five treatments in a completely randomized experimental design, with five replications. Were inoculated 150 earthworms California (*Eisenia foetida*), into each plot. After 87 days, the evaluation of the multiplication of the earthworms was carried out, through its manual count and its cocoons. At the beginning and at the end of the experiment, the samples were submitted to analysis of humidity at 60°C, pH, volumetric density, chemical analysis of macronutrients and C/N ratio. There was a dominance of worms and cocoons in the process of vermicomposting in the residues of ovine manure and herb-checkmate. The macronutrients (P, K and Mg) and C/N ratio were higher in the vegetal residues, while for N higher values were found in ovine manure and coffee drag treatments, and for Ca higher value among treatments was observed in the BC treatment at the end and the lowest value at initiation. The results obtained in this study demonstrate the importance of the edaphic macrofauna to the vermicomposting process, since it allows more information about its influence on the continuity of soil organic matter decomposition processes.

Macrofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais

Resumo

Este estudo objetivou avaliar a macrofauna edáfica (minhocas), a relação carbono/nitrogênio (C/N) e o potencial hidrogeniônico (pH), durante o processo da vermicompostagem em diferentes resíduos orgânicos. Os tratamentos foram constituídos por resíduos orgânicos de origem animal (esterco bovino, ovino e equino) e vegetal (resíduo de erva-mate e borra de café), os quais foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, compondo cinco tratamentos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Foram inoculadas 150 minhocas da Califórnia (*Eisenia foetida*), em cada

recipiente. Após 87 dias, foi realizada a avaliação da multiplicação das minhocas, através da sua contagem manual e seus casulos. Os resíduos foram submetidos, ao início e ao final do experimento, a análises de umidade a 60°C, pH, densidade volumétrica, análise química de macronutrientes e relação C/N. Houve uma dominância de minhocas e casulos no processo da vermicompostagem nos resíduos de esterco ovino e erva-mate. Observou-se para os macronutrientes (P, K e Mg) e para a relação C/N uma maior quantidade nos resíduos de origem vegetal, enquanto que para N valores maiores foram encontrados nos tratamentos esterco ovino e borra de café, e para Ca o maior valor entre os tratamentos foi observado no tratamento BC ao final e o menor valor no início. Os resultados obtidos neste estudo demonstram a importância da macrofauna edáfica para o processo da vermicompostagem por possibilitar maiores informações sobre sua influência na continuidade dos processos de decomposição da matéria orgânica do solo.

Introdução

A macrofauna edáfica compreende os maiores invertebrados (organismos com mais que 10mm de comprimento ou com mais de 2mm de diâmetro corporal) como minhocas, coleópteros em estado larval e adulto, centopéias, cupins, formigas, piolhos de cobra (milipéias), tatuzinhos e aracnídeos (Wolters, 2000; Lavelle e Spain, 2001).

Alguns destes como as minhocas, são denominados “engenheiros do ecossistema”, pois suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas, modificando as propriedades físicas dos solos onde vivem e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Wolters, 2000). Por participarem ativamente nas interações que se estabelecem entre os processos químicos, físicos e biológicos, têm sido apontadas como um bom indicador da qualidade do solo (Doran e Zeiss, 2000; Lavelle et al., 2006, Silva et al., 2006; Audeh, 2013).

Das inúmeras espécies de minhocas conhecidas no mundo (Sharma et al., 2005), a *Eisenia foetida* é a mais utilizada em cativeiro (vermicompostagem), devido a sua ampla distribuição, tolerância à oscilação de temperatura, resistência ao manuseio, capacidade em viver

em resíduos orgânicos com diferentes graus de umidade, além de sua elevada capacidade reprodutiva e crescimento rápido (Aquino e Nogueira, 2001; Pereira et al., 2005).

Embora os micro-organismos sejam responsáveis pela degradação bioquímica da matéria orgânica, as minhocas influenciam física e bioquimicamente no processo (Naddafi et al., 2004), pelo fato de a transformarem em um composto de melhor qualidade do que os produzidos pelo método tradicional de compostagem, tornando a vermicompostagem um processo de baixo custo operacional, simples e eficiente (Atiyeh et al., 2001).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi de identificar a macrofauna edáfica, representada pelas minhocas, e realizar análises químicas e físicas em resíduos de origem animal e vegetal.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado entre os meses de maio e julho de 2016, no Laboratório de Biologia do Solo (LBS) do Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul (RS), Brasil, cujas coordenadas geográficas são: latitude 31° 52' Sul, longitude 52° 21' e altitude de 13 metros acima do nível do mar (Mota et al., 1993).

Após um processo inicial de estabilização dos resíduos, e confirmando-se a aceitação das minhocas da Califórnia (*Eisenia foetida*) no mesmo, o experimento foi conduzido utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por cinco tratamentos: T1: esterco de bovinos (EB); T2: esterco de equinos (EE); T3: esterco de ovinos (EO); T4: resíduo de erva-mate (EM) e T5: resíduo de borra de café (BC). Em laboratório, cada tratamento foi repetido cinco vezes e distribuído de forma aleatória em uma bancada vertical, totalizando 25 unidades experimentais, acondicionados em vasos plásticos com capacidade de 10 litros.

No 1º dia do experimento, inocularam-se 150 minhocas em cada recipiente, devidamente coberto com um pano de tecido preso com um elástico para dificultar a saída destas minhocas ou a entrada de outros organismos indesejados. Após 87 dias, foi realizada a avaliação da

multiplicação das minhocas, através da contagem manual de minhocas e casulos, semelhante ao realizado por Bassaco et al. (2015) aos 90 dias pós inoculação.

Para determinação do índice de multiplicação das minhocas, utilizou-se a fórmula $IM = Pf / Pi$, onde Pf = população final de minhocas e Pi = população inicial de minhocas, correspondente ao número de matrizes inoculadas (Antoniolli et al., 2009).

Os resíduos foram submetidos, ao início e ao final do experimento, a análises de umidade, como recomenda a Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Brasil (MAPA, 2007), pesando-se 20g de cada material e colocados em estufa com temperatura média de 60-65°C por um período de 48h, até atingirem peso constante. Ao passar deste período, estes materiais foram novamente pesados para a obtenção da matéria seca.

Para determinação do pH dos diferentes substratos, as leituras foram feitas em suspensões de substrato: água deionizada na proporção de 1:3 (v:v), através de potenciômetro, onde adicionou-se em um recipiente 10g de cada material com 30mL de água deionizada. As amostras foram homogeneizadas individualmente por 5 minutos, e após 30 minutos, realizou-se a leitura do pH com o auxílio de um potenciômetro digital previamente calibrado. Este procedimento se repetiu na instalação do experimento e ao final do mesmo. Da mesma forma, foi analisada a densidade volumétrica inicial e final de cada material, pelo método da autocompactação (Fermino, 2014), com base no método VDLUFA, adotado na Alemanha (Röber e Schaller, 1985) e Áustria (Baumgarten, 2002). É o método oficial adotado pelo MAPA (MAPA, 2004), e calculados conforme a fórmula: $D = M/V$ (g.cm^{-3}). Sendo D (densidade), M (massa), V (volume).

Amostras inicial e final de cada resíduo do experimento foram encaminhadas ao Laboratório de Química do DS/FAEM/UFPeL para determinação do carbono orgânico (C_{org}) - (combustão úmida/Walkey Black a 0,01%), nitrogênio total (N_{total}), fósforo total (P_{total}), potássio total (K_{total}), cálcio total (Ca_{total}), magnésio total (Mg_{total}). As avaliações foram realizadas segundo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Resultados

Observou-se ao final deste estudo pouca variação quanto ao número de minhocas colocadas inicialmente, conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de minhocas e casulos e índice de multiplicação obtidos nos tratamentos à base esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), borra de café (BC) e erva-mate (EM). Média de cinco repetições. UFPel, Pelotas/RS, 2016.

Tratamentos	Nº minhocas		Nº casulos	IM ¹
	Inicial	Final		
EE	150	151	16	1
EB	150	151	34	1
EO	150	236	323	1.57
BC	150	148	16	0.99
EM	150	164	123	1.09

¹IM (Índice de Multiplicação) = (População final) / (População inicial). Fonte: Schubert, R.N., 2016.

Com relação às análises de macronutrientes no início e final do experimento (Tabela 2), pôde-se observar para P, K e Mg uma quantidade maior nos tratamentos de origem animal quando comparados com os de origem vegetal. Para N, os tratamentos EO e BC foram superiores aos demais tratamentos, em contrapartida, em EM e EB, os menores valores. Já para Ca, o tratamento BC teve o menor valor no início e ao final do experimento (2 e 3.09 g Kg⁻¹, respectivamente) quando comparado aos demais tratamentos. A relação C/N foi maior nos resíduos de origem vegetal.

O pH inicial nos tratamentos EO, EM e EB foram elevados (acima de 7) e inferiores nos tratamentos BC e EE (menores que 6). Ao final somente o tratamento com EM se manteve alto (7.88) e o tratamento EE ficou mais baixo (4.95), os outros estabilizaram em torno de 6.5.

Para a umidade a 60-65°C verificou-se valores iniciais que variam de 31-34% (EM e BC, respectivamente) e ao final uma variação de 24-34% (EM e EB, nesta ordem). As maiores variações de umidade durante a execução do experimento foram observadas nos resíduos vegetais, EM (7.0%) e BC (6.5%) e a menor variação no tratamento EB (0.5%).

A densidade inicial e final neste estudo variou entre os tratamentos, onde observou-se os maiores valores em EB, EO, BC e os menores em EM e EE (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise química dos macronutrientes (N_{total}, P_{total}, K_{total}, Ca_{total} e Mg_{total}), C_{org}, relação C/N, pH, umidade a 60-65°C e densidade volumétrica nas fases inicial (i) e final (f) dos tratamentos de esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC). UFPel, Pelotas/RS, 2016.

Tratamentos	Fase	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	pH	Umidade	Densidade
		g Kg ⁻¹								(%)	(g cm ⁻³)
EE	i	19.43	7.50	13.96	4.40	3.77	260.75	13/1	5.29	31.5	0.531
	f	18.72	4.91	11.43	4.64	4.19	232.36	12/1	4.95	26	0.506
EB	i	16.07	9.06	17.19	6.57	7.9	228.21	14/1	7.73	33.5	0.731
	f	16.6	7.19	19.40	10.20	8.14	193.61	12/1	6.51	34	0.628
EO	i	24.55	9.95	20.68	12.51	7.6	352.62	14/1	8.06	32.5	0.622
	f	26.49	9.9	23.12	22.81	8.65	252.54	9/1	6.37	29.5	0.582
EM	i	14.48	0.59	2.95	8.63	2.86	419.61	29/1	7.89	31	0.55
	f	17.31	0.64	4.52	11.56	3.19	411.99	24/1	7.88	24	0.48
BC	i	22.79	1.28	5.91	2	1.63	559.78	24/1	5.58	34	0.572
	f	32.33	1.6	9.3	3.09	2.18	441.69	14/1	6.31	27.5	0.544

Fonte: Schubert, R.N., 2016.

Discussão

Como as espécies *E. andrei* e *E. foetida* apresentam características e comportamento semelhantes (Atiyeh et al., 2000), os resultados obtidos neste trabalho quanto à multiplicação da espécie *E. foetida*, foram comparados com resultados apresentados na literatura para ambas as espécies.

Quanto ao número de minhocas e casulos encontrados neste estudo, observa-se que o EO (Tabela 1) se destacou dos demais tratamentos, diferente dos resultados encontrados por Huber e Morselli (2011), ao vermicompostarem EO em caixas de madeira em ambiente protegido na FAEM/UFPel, sendo este tratamento considerado como o menos expressivo, podendo isto ter ocorrido devido às condições de experimentação e a origem dos materiais terem sido diferentes.

No tratamento com EB observou-se um índice de multiplicação de 1, apresentando um número de minhocas e casulos inferior aos apresentados por Aquino et al. (1994), os quais obtiveram índice de multiplicação 4.54, aos 60 dias após a inoculação de 5 matrizes de *E. foetida*. No mesmo âmbito, Pereira et al. (2005) encontraram índice de multiplicação de 2.09 para minhocas inoculadas em esterco bovino (100%), ao final de 62 dias. Entretanto, deve-se considerar que este trabalho foi realizado em um período do ano que apresenta temperaturas baixas, desfavoráveis ao desenvolvimento das minhocas e que foi finalizado em 87 dias, fatores estes, que podem ter influenciado no resultado final do experimento.

O maior índice de multiplicação de minhocas *E. foetida* observado nos tratamentos EO e EM pode estar relacionado com a composição química destes resíduos, principalmente com o elevado teor de cálcio, conforme demonstra a tabela 2. Resultados semelhantes foram observados por Steffen et al. (2010), que ao avaliar a multiplicação de minhocas da espécie *E. andrei*, constataram que os resíduos que apresentaram maiores números de indivíduos jovens foram os mesmos que apresentaram maiores teores de cálcio no substrato. Ao avaliar a multiplicação de minhocas da espécie *E. andrei*, Castro et al. (2007) concluíram que a adição de casca de ovo de galinha no esterco bovino favoreceu a produção de casulos, por ser um alimento rico neste nutriente.

A BC não é comumente utilizada *in natura* em processos de adubação, já que apresenta potencial para composto orgânico apenas após se for vermicompostada (Cabral e Moris, 2010). A sua acidez, quando presente em grande concentração, conforme relatado por Silva et al. (1998), pode ter sido fator limitante ao crescimento e reprodução das minhocas neste estudo. Neste contexto, Carlesso et al. (2011) destacam que as minhocas têm preferência por matéria orgânica pouco ácida e sem cheiro muito forte.

A baixa relação C/N observada no EO pode ser explicada pelo fato de que quanto maior o número de indivíduos, mais rápido o composto se estabiliza, menor é a relação C/N, maior é a capacidade de troca catiônica e maior também é a quantidade de substâncias húmicas (Albenell et al., 1988).

A acelerada humificação do vermicomposto reflete em um decréscimo da C/N e em aumento de nutrientes minerais (N, P e K e) e está relacionada com a mineralização da MO pelas minhocas (Atiyeh et al., 2001). Conforme análise apresentada na Tabela 2, todos os tratamentos, menos em EE, após os processos de vermicompostagem obtiveram aumento significativo nos níveis de N e K, se comparados aos valores iniciais. Já para P somente os resíduos vegetais (EM e BC) aumentaram e diferiram dos iniciais. O aumento dos níveis de N, P e K nestes vermicompostos pode estar associado à capacidade das minhocas, por meio de seu metabolismo, de quebrar as estruturas de compostos orgânicos (Silva et al., 2002).

De acordo com Garcia e Zidko (2006), o pH deve estar próximo de 7.0, embora as minhocas toleram ambientes com pH entre 5.0 e 9.0. Neste estudo, todos os tratamentos permaneceram neste intervalo, e corroboram com resultados encontrados por Huber e Morselli (2011), que encontraram um pH final de 7.7 (EM) e 6.3 (BC). Este fato pode ter ocorrido pois estes materiais foram oriundos dos mesmos locais. Já o oposto verificou-se para os resíduos EE (4.95) e EO (6.37), diferença esta podendo estar relacionada também pelas distintas origens dos materiais.

Elvira et al. (1998), concluíram que a produção de CO₂ pela decomposição microbiana durante a vermicompostagem reduz o pH do substrato, como observado em todos os tratamentos,

com exceção da BC que aumentou. Da mesma forma, alguns estudos (Ndegwa et al., 2000; Yadav e Garg, 2009), apontaram que uma mudança no pH pode estar relacionada com a mineralização do N e P em nitritos e nitratos, ortofosfatos e bioconversão da matéria orgânica em espécies intermediárias dos ácidos orgânicos. No presente estudo, as alterações no pH das amostras possivelmente estão relacionadas a incorporação de ácidos orgânicos, ao meio onde as minhocas foram inseridas.

As concentrações finais de N, P, K, Ca e Mg se apresentaram, em geral, maiores que as concentrações iniciais na maioria dos tratamentos, demonstrando maturação do vermicomposto, bem como potencial nutritivo, como sugerido por Silva et al. (2011). O aumento dos teores de Ca e Mg pode ser explicado pela diminuição do volume do substrato em função da capacidade de acelerar a decomposição da matéria orgânica (Aquino et al., 1992), resultados que colaboram com os encontrados por Malafaia (2015).

Conclusão

- O esterco ovino permite maior acasalamento de *Eisenia foetida*, conseqüentemente maior número de minhocas e casulos.
- A medida em que o índice de multiplicação de minhocas aumenta, diminui a relação C/N.
- O pH de todos os substratos, com exceção do vermicomposto equino, ajustam-se, ao final da vermicompostagem, para um valor recomendável, podendo desta forma ser aplicado como adubo orgânico.
- Os vermicompostos de origem vegetal tem uma maior relação C/N e menores valores dos macronutrientes P, K e Mg quando comparados aos vermicompostos de origem animal.

Agradecimentos

CAPES, Universidade Federal de Pelotas e Erva-Mate Pantanal.

Referências

- ALBANELL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T., 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 6, pp. 266- 269.
- ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B., 2009. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, vol. 33, no. 3, pp. 824-830.
- AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; SILVA, V.F., 1992. *Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem*. Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo, Rio de Janeiro, (Comunicado Técnico, 8), 13 p.
- AQUINO, A.M. de; ALMEIDA, D.L. de; FREIRE, L.R.; DE-POLLI, H., 1994. Reprodução de minhocas (Oligochaeta) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, vol. 29, no. 2, pp. 161-168.
- AQUINO, M.A. e NOGUEIRA, E.M., 2001. *Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 10 p.
- ATIYEH, R.M.; DOMÍNGUEZ, J.; SUBLER, S.; EDWARDS, C.A., 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, Jena, vol. 44, no. 6, pp. 709-724.

ATIYEH, R.M.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S.; METZGER, J.D., 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical proprieties and plant growth. *Bioresource Technology*, vol. 78, pp. 11-20.

AUDEH, S.J.S., 2013. *Capacidade de Uso das Terras: analogias e contradições entre o conhecimento acadêmico e o não acadêmico em áreas de agricultura familiar de base ecológica*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 63 p. Tese de Doutorado em Agronomia.

BASSACO, A.C.; ANTONIOLLI, Z.I.; JÚNIOR, B.S.B.; ECKHARDT, D.P.; MONTAGNER, D.F.; BASSACO, G.P., 2015. Caracterização química de resíduos de origem animal e comportamento de *Eisenia andrei*. *Revista Ciência e Natura*, vol. 37, no. 1, pp. 45-51.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: FURLANI, A.M.C., 2002. *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 122 p. (Documentos IAC, 70).

CABRAL, M.S. e MORIS, V.A.S., 2010. Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. In: *XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. October 12-15, São Carlos, SP, Brasil, 2010, pp. 1-9.

CARLESSO, W.M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L., 2011. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. *Revista Destaques Acadêmicos*, vol. 3, no. 4, pp. 105-110.

CASTRO, A.R.; COVA, L.J.; GARCIA, D.E.; MEDINA, M.G., 2007. Efecto de La cáscara de huevo em laproducción de cápsulas de lalombriz roja (*Eisenia andrei*). *Zootecnia Tropical*, Maracay, vol. 25, no. 2, pp. 135-142.

DORAN, J.W. e ZEISS, M.R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Pretty: *Applied Soil Ecology*, vol. 15, no. 1, pp. 3-11.

ELVIRA, C.; SAMPEDRO L.; BENITEZ, E.; NOGALES, R., 1998. Vermicomposting of sludges from paper Mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot scale study. *Bioresource Technology*, vol. 63, pp. 205-211.

FERMINO, M.H., 2014. *Substratos: composição, caracterização e métodos de análise*. Guaíba: Agrolivros, 112 p.

GARCIA, F.R.M. e ZIDKO, A., 2006. *Criação de minhocas: As operárias do húmus*. Porto Alegre: Editora Ríegel, 112 p.

HUBER, A.C.K. e MORSELLI, T.B.G.A., 2011. Densidade populacional e número de casulos de *Eisenia foetida* em processo de vermicompostagem sob resíduos de origem vegetal e animal. *Revista da FZVA*, Uruguaiana, vol. 18, no. 2, pp. 21-29.

LAVELLE, P. e SPAIN, A.V., 2001. *Soil ecology*. Kluwer Academic Pub. Dordrecht, 654 p.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, Jersey, vol. 42, no. 1, pp. 3-15.

MALAFIA, G., 2015. *Aproveitamento de lodo de curtume e uso de água residuária de esgoto doméstico na cultura do milho (Zea mays L.)*. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 137 p. Tese de Doutorado em Agronomia.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004. Publicado no Diário Oficial da União de 15/12/2004, Seção 1, Página 24. Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.

MOTA, F.S.; SIGNORINI, E.; ALVES, E.G.P.; AGENDES, M.O.O., 1993. Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, vol. 1, pp. 101-103.

NADDAFI, K.; ZAMANZADEH, M.; AZIMI, A.A.; OMRANI, G.A.; MESDAGHINIA, A.R.; MOBEDI, E., 2004. Effect of temperature, dry solids and C/N ratio on vermicomposting of wates activated sludge. *Pakistan Journal of Biological Science*, vol. 7, no. 7, pp. 1217-1220.

NDEGWA, P.M.; THOMPSON, S.A.; DAS, K.C., 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology*, vol. 71, pp. 5-12.

PEREIRA, E.W.L.; AZEVEDO, C.M. da S.B.; LIBERALINO FILHO, J.; NUNES, G.H. de S.; TORQUATO, J.E.; SIMÕES, B.R., 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *Revista Caatinga*, Mossoró, vol. 18, pp. 112-116.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A., 2003. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Revista Ciência e Ambiente*, Santa Maria, vol. 27, no. 1, pp. 29-48.

- RÖBER, R. e SCHALLER, K., 1985. *Pflanzenernährung im Gartenbau*. Stuttgart: Ulmer. 352 p.
- SHARMA, S.; PRADHAN, K.; SATYA, S.; VASUDEVAN, P., 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review. *The Journal of American Science*, vol. 1, pp. 4-16.
- SILVA, M.A.; NEBRA, S.A.; MACHADO, M.J.; SANHEZ, C.G., 1998. The use of Biomassa Residues in the Brazilian Soluble Coffee Industry. *Biomass and Bioenergy*, vol. 14, no. 5, pp. 457-467.
- SILVA, C.D.; COSTA, L.M.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; SILVA, D.D., 2002. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 6, pp. 487-491.
- SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F., 2006. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, vol. 41, no. 4, pp. 697-704.
- SILVA, R.F.; VASCONCELLOS, N.J.S.; STEFFEN, G.P.K.; DOTTO, R.B.; GRUTKA, L., 2011. Caracterizações microbiológicas e químicas em resíduos orgânicos submetidos à vermicompostagem. *Revista Brasileira de Agrociências*, vol. 17, pp. 108-115.
- STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; MACHADO, R.G., 2010. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. *Acta Zoológica Mexicana*, Cidade do México, no. 2, pp. 333-343.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BASSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J., 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Departamento de Solos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 174 p.

YADAV, A. e GARG, V.K., 2009. Feasibility of nutrient recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 168, pp. 262- 268.

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

**Artigo 2 - Mesofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos
animais e vegetais**

Submetido para a revista: "Brazilian Journal of Biology"

Mesofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais

R. N. Schubert^a, T. B. G. A. Morselli^b

^a Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil

^b Professora Titular no Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, ácaros, colêmbolos

Keywords: organic residues, mites, collembolans

Título abreviado: Edaphic mesofauna on vermicomposting

Número de tabelas: 02

* Autor correspondente: Ryan Noremborg Schubert

E-mail: ryannslp@yahoo.com.br

Abstract

The objective of this study was to evaluate the edaphic mesofauna (mites and collembolans), the carbon/nitrogen ratio (C/N) and the hydrogenation potential (pH), during the vermicompost process in different residues. The treatments were constituted by organic residues of animal origin (bovine, ovine and equine) and vegetable (herb-checkmate and coffee drag), which were conditioned in plots with capacity of 10 liters, composing five treatments in a completely randomized experimental design, with five replicates. Were inoculated 150 Californian red worms (*Eisenia foetida*), in each plots. Weekly, edaphic mesofauna collections were carried out with the use of Tretzel traps adapted for plots. Weekly, were collected edaphic mesofauna with the use of Tretzel traps adapted for plots. As well as the relation C/N, the edaphic mesofauna presented in greater number in the evaluated vegetable residues, accounting a total of 108927 individuals (89.4%), there was a dominance of mites (Acari) and collembolans (Collembola) in the vermicompost process of residues of vegetable origin over those of animal origin, being the collembolans preponderant on mites in the vermicompost of all residues. It was observed a predominance of mites and collembolans in sheep manure, demonstrated by the ecological indices (Shannon-Wiener Diversity and Pielou Equitability). The results obtained in this study demonstrate the importance of the edaphic mesofauna for the vermicompost process. The evaluation of mesofauna (mites and collembolans) in the vermicompost process allows more information about its influence on the continuity of soil organic matter decomposition processes.

Mesofauna edáfica no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos), a relação carbono/nitrogênio (C/N) e o potencial hidrogeniônico (pH), durante o processo da vermicompostagem em diferentes resíduos. Os tratamentos foram constituídos por resíduos orgânicos de origem animal (bovinos, ovinos e equinos) e vegetal (erva-mate e borra de café), os quais foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade de 10 litros, compondo cinco tratamentos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Foram inoculadas 150 minhocas da Califórnia (*Eisenia foetida*), em cada recipiente. Semanalmente, realizaram-se, coletas da mesofauna edáfica com a utilização de Armadilhas de Tretzel adaptadas para vasos. Assim como a relação C/N, a mesofauna edáfica apresentou-se em maior número nos resíduos vegetais avaliados, contabilizando-se um total de 108927 indivíduos (89,4%), com um predomínio de colêmbolos em todos os tratamentos avaliados. Houve uma dominância de ácaros (Ácari) e colêmbolos (Collembola) no processo da vermicompostagem nos resíduos de origem vegetal sobre os de origem animal, sendo os colêmbolos preponderantes sobre os ácaros na vermicompostagem de todos os resíduos. Observou-se um predomínio de ácaros e colêmbolos no esterco ovino, demonstrados pelos índices ecológicos (Diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou). Os resultados obtidos neste estudo demonstram a importância da mesofauna edáfica para o processo da vermicompostagem. A avaliação da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem possibilita maiores informações sobre sua influência na continuidade dos processos de decomposição da matéria orgânica do solo.

Introdução

O termo fauna edáfica compreende uma grande variedade de organismos habitantes do solo que, em geral, são denominados invertebrados do solo (Araújo e Ribeiro, 2005) e classificados de acordo com o seu tamanho e aspectos funcionais (Moço et al., 2005). Com base em suas características morfológicas, considera-se como mesofauna edáfica, aqueles organismos que apresentam tamanho corporal de 0,2-1,0mm (Lavelle et al., 1992). Neste grupo, ácaros e colêmbolos dominam em abundância e diversidade, sendo os ácaros representados por mais de 1.000 espécies no Brasil (Melo et al., 2009).

As atividades tróficas desses animais incluem tanto o consumo de organismos da microfauna, como a fragmentação de material vegetal em decomposição (Morais et al., 2013), assim, os colêmbolos exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle microbiano, enquanto que os ácaros atuam principalmente como

predadores, controlando as populações de organismos no solo, especialmente a microbiota (Melo et al., 2009; Moraes et al., 2013; Silva e Amaral, 2013).

Os resíduos orgânicos decompostos sob vermicompostagem são produtos não somente da ação dos micro-organismos e minhocas como também da mesofauna (ácaros e colêmbolos) que uma vez adicionados no solo vêm colaborar com os atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo (Morselli, 2009). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi de identificar a mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos) e avaliar os índices ecológicos em resíduos de origem animal e vegetal.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado entre os meses de maio e julho de 2016, no Laboratório de Biologia do Solo (LBS) do Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul (RS), Brasil, cujas coordenadas geográficas são: latitude 31° 52' Sul, longitude 52° 21' e altitude de 13 metros acima do nível do mar (Mota et al., 1993).

A pesquisa foi conduzida utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) composto por cinco tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) de diferentes resíduos orgânicos disponíveis na região: T1: esterco de bovinos (EB); T2: esterco de equinos (EE); T3: esterco de ovinos (EO); T4: resíduo de erva-mate (EM) e T5: resíduo de borra de café (BC). Em laboratório, cada tratamento recebeu cinco repetições, os quais foram distribuídos de forma aleatória em uma bancada vertical, totalizando assim, 25 unidades experimentais.

Após um processo inicial de estabilização, e confirmando-se a aceitação das minhocas da Califórnia (*Eisenia foetida*), estes materiais foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 10 litros, onde inoculou-se 150 minhocas em cada recipiente, que foi devidamente coberto por um tecido de algodão preso com um elástico para dificultar a saída destas minhocas ou a entrada de outros organismos indesejados. Realizou-se na instalação e ao

final do experimento, a análise da relação carbono/nitrogênio (C/N) de cada resíduo no Laboratório de Química do DS/FAEM/UFPel.

Foram realizadas, a cada 14 dias, coletas da mesofauna edáfica com a utilização de Armadilhas de Tretzel (Bachelier, 1963), onde adaptou-se o método para vasos em laboratório, usando frascos de plástico com capacidade de 70mL, aos quais foram adicionados 30mL com uma solução de formol a 2%. Os frascos foram introduzidos individualmente em cada vaso a uma profundidade suficiente para que os mesmos ficassem rentes ao resíduo, de modo a possibilitar a captura de organismos de superfície. Após as coletas, com o auxílio de uma lupa, realizou-se a contagem e identificação dos organismos presentes nas amostras.

Os dados da mesofauna edáfica foram submetidos à análise dos índices ecológicos de riqueza de espécies de Jackknife 1ª Ordem (E_D), dominância de Simpson (D_S), diversidade de Shannon-Wiener (H), equitabilidade de Pielou (J) e abundância de espécies, calculados através do software estatístico DivEs v. 3.0.7.1385[®] (Rodrigues, 2005).

Resultados

Durante a execução das análises, foram coletados 115696 colêmbolos e 6168 ácaros, totalizando 121864 organismos, com predomínio no tratamento BC, seguido de EM, EE, EB e EO, verificando-se um aumento na distribuição dos organismos ao longo do experimento (Tabela 3). Com relação aos índices ecológicos observou-se que o EO apresentou o maior H e J , destacando-se entre os demais tratamentos, enquanto que para E_D e abundância de espécies os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4). Já nas análises sobre a relação C/N nas fases inicial e final dos tratamentos obteve-se, respectivamente, os seguintes valores: EE (13/1 – 12/1), EB (14/1 – 12/1), EO (14/1 – 9/1), EM (29/1 – 24/1) e BC (24/1 – 14/1).

Tabela 3 - Distribuição de ácaros (A) e colêmbolos (C) nos tratamentos de esterco bovino (EB), esterco equino (EE), esterco ovino (EO), resíduo de erva-mate (EM) e resíduo de borra de café (BC), em seis datas de coletas. UFPel, Pelotas/RS, 2016.

Tratamentos	18/05/16		02/06/16		15/06/16		30/06/16		12/07/16		28/07/16		Total
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	
EB	61	967	33	392	35	494	12	759	36	671	41	245	3746
EE	50	484	8	284	7	846	21	1260	33	1230	27	1270	5520
EO	926	538	92	290	56	523	76	349	74	333	113	301	3671
EM	112	263	44	2264	26	8501	98	8960	69	5746	46	4201	30.299
BC	104	5147	317	1795	109	929	277	2655	659	32652	2596	31388	78628
Total	8662		5519		11526		14467		41462		40228		121864

Fonte: Schubert, R.N., 2016.

Tabela 4 - Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H), dominância de Simpson (Ds), equitabilidade de Pielou (J), riqueza de Jackknife 1ª Ordem (E_D) e abundância de espécies, nos tratamentos: resíduo de borra de café (BC), resíduo de erva-mate (EM), esterco bovino (EB), esterco equino (EE) e esterco ovino (EO). UFPel, Pelotas/RS, 2016.

Tratamentos	H	D _s	J	E _D ¹	Abundância ²
BC	0,67	0,86	0,37	2	78628
EM	0,4	0,9	0,22	2	30299
EB	0,62	0,87	0,34	2	3746
EE	0,44	0,91	0,24	2	5520
EO	1,32	0,66	0,73	2	3671

¹Número total de ordens encontradas; ²número de indivíduos capturados/armadilha. Fonte: Schubert, R.N., 2016.

Discussão

No presente estudo, observou-se um número maior de organismos totais nos resíduos vegetais (EM e BC) quando comparado com os de origem animal (EE, EB, e EO) o que pode ser atribuído pelo fato destes materiais serem ricos em fibras (maior relação C/N) e pela característica fragmentadora de material vegetal em decomposição que estes organismos possuem (Moraes et al., 2013), estando incluídos em sua preferência alimentar, uma vez que se tem conhecimento que diferentes fatores contribuem para a diversidade de micro-artrópodes na serrapilheira, entre eles a relação C/N (Antunes et al., 2008).

Outro fato observado foi o predomínio de colêmbolos com relação a ácaros em todos os tratamentos e datas de coletas, com exceção da primeira coleta no tratamento EO, o que pode estar associado à metodologia de coleta adotada que captura organismos de superfície com maior facilidade, favorecendo a presença dos colêmbolos que se encontram próximo à superfície do solo em locais com matéria orgânica em decomposição (Triplehorn e Johnson, 2011). Deve-se considerar também, o hábito alimentar dos colêmbolos que, em geral, ocorre, na superfície dos resíduos orgânicos, apresentando-se de forma mais expressiva na serrapilheira quando comparado ao número de ácaros (Richards, 1978).

Considerando o fato do presente estudo ter sido executado nos meses do ano com baixa temperatura, podemos sugerir que a mesofauna edáfica avaliada é adaptada a estas condições climáticas corroborando com os dados exibidos por Schiavon et al. (2015) que avaliaram o conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema familiar de base ecológica em Pelotas-RS, observando uma densidade de indivíduos maior no inverno, diferindo significativamente da primavera e do verão.

O EO e EB foram os resíduos com o menor número de organismos entre os tratamentos, contrapondo os estudos realizados por Huber e Morselli (2011) que conduziram experimento semelhante, com os mesmos tratamentos, verificando que ácaros e colêmbolos predominaram nos resíduos de EO e EB, respectivamente. Esta diferença pode ser esclarecida pela forma

diferenciada de acondicionar os materiais e pelo local de experimentação também ser diferenciado, gerando, portanto, comportamentos biológicos distintos.

No que se refere aos índices ecológicos, o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H) assume valores que podem variar de 0-5, sendo que o seu declínio é o resultado de uma maior dominância de grupos em detrimento de outros. Já para o índice de equitabilidade de Pielou (J), este intervalo varia de 0-1, onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes (Begon et al., 1996). Seguindo este raciocínio, nossos resultados apontam que, tanto para ácaros quanto para colêmbolos, os maiores índices de H e J foram constatados no EO, indicando diversidade baixa e alta uniformidade na proporção entre o número de indivíduos pelo de espécies dentro da comunidade, respectivamente, assim como os achados por Kunde et al. (2013) que verificaram maiores índices de H e J no tratamento T1 (75% EO + 25% peixe).

Conclusão

- Os colêmbolos são preponderantes sobre os ácaros na vermicompostagem dos resíduos de origem vegetal (erva-mate e borra de café) e animal (estercos de bovinos, equinos e ovinos).
- Há um predomínio de ácaros e colêmbolos no esterco ovino, demonstrados pelos índices ecológicos (Diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou).

Agradecimentos

CAPES, Universidade Federal de Pelotas e Erva-Mate Pantanal.

Referências

ANTUNES, S.C., PEREIRA, R., SOUSA, J.P., SANTOS, M.C., GONÇAVEL, F., 2008. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, vol. 44, pp.45–56.

ARAÚJO, E.A. e RIBEIRO, G.A., 2005. Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. *Revista Natureza e Desenvolvimento*, Viçosa, vol. 1, no. 1, pp.75-85.

BACHELIER, G., 1963. *La vie animale dans lês sols*. O.R.S.T.O.M. Paris: 279 p.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R., 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science. 1068 p.

HUBER, A.C.K. e MORSELLI, T.B.G.A., 2011. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. *Revista da FZVA*, Uruguaiana, vol. 18, no. 2, pp.12-20.

KUNDE, R.J.; OLIVEIRA, R.J.P.; SILVA, M.T.; BERNARDO, J.T.; PAULA, B.V.; MORSELLI, T.B.G.A.; KROLOW, D.R.V., 2013. Avaliação da mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos) no processo de vermicompostagem. *Cadernos de Agroecologia*, vol. 8, no. 2.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A.V.; MARTIN, S., 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: SANCHEZ, P.A. and LAL, R., ed. *Myths and science of soils of the tropics*. Madison, *Soils Science Society of America*, pp. 157-185.

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A., 2009 [viewed 7 june 2017]. *A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores*. Boletim Informativo da SBCS, vol. 34, no. 1, pp. 39-43. Available from: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/428233>.

MOÇO, M.K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; CORREIA, M.E.F., 2005. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 29, pp. 555-564.

MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L., 2013. O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: *Editora da UFLA*, pp. 185-200.

MORSELLI, T.B.G.A., 2009. *Biologia do solo*. Pelotas: Editora Universitária UFPel/PREC. 146 p.

MOTA, F. S.; SIGNORINI, E.; ALVES, E. G. P.; AGENDES, M. O. O., 1993. Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, vol. 1, pp. 101-103.

RICHARDS, B.N., 1978. *Introduction to the soil ecosystem*. London: Longman, 266 p.

RODRIGUES, W.C., 2005. *DivEs - Diversidade de espécies. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário*. Available from: <http://dives.ebras.bio.br/>.

SCHIAVON, G.A.; RODRIGUES, A.C.L.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.E.; SCHUBERT, R.N.; VOSER, C.P. 2015. O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema familiar de base ecológica: um estudo de caso. *Revista Ciência Rural*, vol. 45, no. 4, pp. 658-660.

SILVA, L. N. e AMARAL, A. A. do., 2013. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável*, vol. 8, no. 5, pp. 108-115.

TRIPLEHORN, C.A. e JOHNSON, N.F., 2011. *Estudo dos insetos*. 7nd ed. São Paulo: Cengage Learning. 809 p.

**Artigo 3 – Micro-organismos edáficos no processo de vermicompostagem de
resíduos animais e vegetais**

Submetido para a revista: “Brazilian Journal of Biology”

Micro-organismos edáficos no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais.

R. N. Schubert^a, T. B. G. A. Morselli^b

^a Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil

^b Professora Titular no Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000, Capão do Leão, RS - Brasil.

Palavras-chave: decomposição de resíduos, microbiota edáfica, erva-mate

Keywords: waste decomposition, edaphic microbiota, herb-checkmate

Título abreviado: Edible micro-organisms of organic waste

Número de Tabelas: 01

* Corresponding author: Ryan NoreMBERG Schubert

Email: ryannslp@yahoo.com.br

Abstract

The objective of this study was to evaluate the respiratory activity and to quantify the edaphic microorganisms present in animal and vegetal residues. After stabilization of the vermicompostos, and confirming the acceptance of earthworms, the organic residues of animal origin (bovine, ovine and equine) and vegetable (herb-checkmate and coffee drag), which were conditioned in plastic containers with a capacity of 10 liters. The quantification of diazotrophic bacteria and cellulose degrading was carried out in NFb (Novo Fabio Pedrosa) and LB (Luria-Bertani) medium, respectively, while the total fungi count was performed in Agar Potato Dextrose (BDA) medium, and microbial respiration was calculated using the formula: $CO_2 = [(V_1 - V_0) \times 44] / 0.2$. C/N ratio and pH were evaluated in the Chemistry Laboratory DS/FAEM/UFPel. During the course of the experiment it was observed that only EB limited the development of cellulose degrading bacteria (from 6.6×10^{11} to 2.3×10^9), whereas in diazotrophic bacteria only EE increased its population (from 6.0×10^3 for 9.5×10^7), which may be associated with its optimal acid pH (5.2 and 4.9) for the development of certain diazotrophic bacteria. Total fungi maintained a homogeneous distribution throughout the evaluations. The evaluated residues presented high microbial activity with high values in animal material. In all treatments microorganisms reduced CO_2 emission at the end of the study, indicating a relationship between C/N and respiratory activity, which may have occurred due to carbon consumption throughout the experiment by microorganisms and maturation of residues. Therefore, during the experiment, the presence of microorganisms varied between the treatments with greater oscillation verified in the bacteria, with a higher respiratory activity at the beginning of the evaluated treatments.

Micro-organismos edáficos no processo de vermicompostagem de resíduos animais e vegetais

Resumo

O objetivo deste estudo foi de avaliar a atividade respiratória e quantificar os micro-organismos edáficos presentes em resíduos de origem animal e vegetal. Após estabilização dos vermicompostos, e confirmando-se a aceitação das minhocas, os tratamentos esterco de bovinos (EB), esterco de equinos (EE), esterco de ovinos (EO), resíduo de erva-mate (EM) e resíduo de borra de café (BC) foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 10 litros. A quantificação das bactérias diazotróficas e degradadoras de celulose ocorreu em meio NFb (Novo Fabio Pedrosa) e LB (Luria-Bertani), respectivamente, enquanto que a contagem de fungos totais foi realizada em meio Ágar Batata Dextrose (BDA), sendo a respiração microbiana calculada através da fórmula: $CO_2 = [(V_1 - V_0) \times 44]/0.2$. Relação C/N e pH foram avaliados no Laboratório de Química do DS/FAEM/UFPel. Ao longo da execução do experimento notou-se que somente o EB limitou o desenvolvimento de bactérias degradadoras de celulose (de 6.6×10^{11} para 2.3×10^9). Quanto às bactérias diazotróficas, apenas o EE aumentou sua população (de 6.0×10^3 para 9.5×10^7), o que pode estar associado com o seu pH ácido (5.29 e 4.95), ótimo para desenvolvimento de determinadas bactérias diazotróficas. Fungos totais mantiveram uma distribuição homogênea no decorrer das avaliações. Os substratos avaliados apresentaram grande atividade microbiana com valores elevados nos resíduos de origem animal. Em todos os tratamentos os micro-organismos reduziram a emissão de CO_2 ao término do estudo, indicando uma relação entre C/N e atividade respiratória, o que pode ter ocorrido devido ao consumo do carbono ao longo do experimento pelos micro-organismos e pela maturação dos resíduos. Portanto, no decorrer do experimento, a presença de micro-organismos variou entre os tratamentos com oscilação maior verificada nas bactérias, havendo uma atividade respiratória maior no início dos tratamentos avaliados.

Introdução

Dentre os principais fatores que controlam os processos de transformação da matéria orgânica no solo (M.O.S.) a quantidade e qualidade do material, o ambiente físico-químico e os organismos decompositores são fundamentais. Destes, bactérias e fungos apresentam altos valores de biomassa e metabolismo respiratório atuando de forma intensa no processo de decomposição da M.O.S. (Toledo, 2003; Lejon et al., 2005).

Uma flora variada de bactérias e fungos pode realizar a degradação completa de material orgânico de restos de plantas e animais, mas em prática, eles raramente agem sozinhos. É a diversidade microbiana e de espécies da fauna edáfica envolvidas nesse processo que permite decompor estrutural e quimicamente os tecidos complexos de uma planta ou restos de animais (Beare et al., 1992).

Resíduos orgânicos por sua vez, apresentam inúmeras origens, como esterco bovino, esterco equino, esterco suíno, esterco ovino, borra de café e erva mate (Souza et al., 2006), lodo de esgoto (Silva et al., 2002; Corrêa et al., 2007), bagaço de cana-de-açúcar (Silva et al., 2002), resíduos domiciliares (Loureiro et al., 2007), entre outros. Assim, da vermicompostagem destes resíduos orgânicos, resultam adubos orgânicos com qualidade e podem ser uma alternativa para a substituição de adubos químicos na agricultura, fornecendo menores custos de produção aos agricultores e reduzindo a emissão de nitrogênio na atmosfera.

Segundo Ricci (1996) a vermicompostagem caracteriza-se pela decomposição da matéria orgânica através de agentes biológicos, especificamente as minhocas, que trituram os resíduos orgânicos, liberando um muco que facilita o trabalho dos micro-organismos decompositores no solo, além de promover o desenvolvimento da população dos mesmos, combinando assim, a ação das minhocas e da microfauna no seu trato digestivo para a transformação da matéria orgânica (Aquino et al., 1992). No processo de passagem do resíduo pelo trato intestinal das minhocas há o desenvolvimento de novas comunidades de micro-organismos (Petersen e Luxton, 1982). Assim, mudanças na composição da microbiota, associadas ao vermicomposto, podem

ocorrer em função da excreção pelas minhocas, de micro-organismos decompositores e de bactérias fixadoras de nitrogênio presentes em seu intestino (Singleton et al., 2003).

Por conter uma diversidade de micro-organismos, o vermicomposto possui potencial amplo de utilização, pois além de fornecer importantes nutrientes as plantas, apresenta microrganismos capazes de estimular o crescimento vegetal através de vários processos, que incluem: a fixação biológica de N_2 , o aumento da disponibilidade de nutrientes na rizosfera, a expansão da área de superfície radicular e aumento de simbioses benéficas para o hospedeiro (Vessey, 2003). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade respiratória e quantificar os micro-organismos edáficos presentes em resíduos de origem animal e vegetal.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado entre os meses de maio e julho de 2016, no Laboratório de Biologia do Solo (LBS) do Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul (RS), Brasil, cujas coordenadas geográficas são: latitude 31° 52' Sul, longitude 52° 21' e altitude de 13 metros acima do nível do mar (Mota et al., 1993).

O experimento foi conduzido utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por cinco tratamentos: T1: esterco de bovinos (EB); T2: esterco de equinos (EE); T3: esterco de ovinos (EO); T4: resíduo de erva-mate (EM) e T5: resíduo de borra de café (BC). Em laboratório, cada tratamento foi replicado cinco vezes e distribuído de forma aleatória em uma bancada horizontal, totalizando assim, 25 unidades experimentais.

Após um processo inicial de estabilização, e confirmando-se a aceitação das minhocas, estes materiais foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 10 litros, onde inoculou-se 150 minhocas para cada recipiente, devidamente coberto com um tecido de algodão preso com um elástico, para dificultar a saída das mesmas ou a entrada de outros organismos indesejados.

Visando quantificar a respiração microbiana emitida no interior de cada unidade experimental, representada pelo recipiente plástico, colocou-se 30mL de NaOH (2N) no interior de um reservatório com capacidade de 70mL. A determinação da respiração microbiana foi baseada na técnica da respirometria (Öhlinger, 1993), consistindo na mensuração através da diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio. Ao início e ao final do experimento, após um período de 14 dias, os recipientes foram abertos e a solução titulada com HCl 2N na presença de indicador ácido/base fenolftaleína. A diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio no recipiente testemunha e nos tratamentos, equivale à quantidade de gás carbônico produzida pelos micro-organismos.

Para o cálculo da respiração microbiana foi utilizada a fórmula proposta por Severino et al. (2005): $CO_2 = [(V_1 - V_0) \times 44]/0.2$, em que: CO_2 - quantidade de carbono mineralizado, mg de CO_2 kg de solo-1 V_1 - volume de HCl necessário para neutralizar o NaOH no tratamento, mL V_0 - volume de HCl necessário para neutralizar a testemunha, mL 44 - equivalente ao peso molar do CO_2 0.2 - massa do solo, Kg.

Para avaliação dos micro-organismos presentes no vermicomposto, 10g de cada amostra (peso seco) foram homogeneizados em 90mL de solução salina a 0.8% e agitados a 120r/min por 30 minutos em agitador orbital. Alíquotas de 10mL foram transferidas sucessivamente para frascos contendo 90mL de solução salina, até obter a diluição 10^{-12} . Para verificação da presença de bactérias degradadoras de celulose, alíquotas de 100 μ L de cada diluição foram inoculadas em placas, em triplicata, contendo meio sólido Luria-Bertani (LB) + carboximetilcelulose (Verma et al., 2001) e incubadas em estufa a 28°C por 24h. A detecção das colônias foi realizada utilizando lugol como revelador (Kasana et al., 2008). A contagem foi realizada pelo método de placas.

Com relação à análise de bactérias diazotróficas, de cada uma das diluições, alíquotas de 100 μ L de cada diluição foram inoculadas em triplicata, em frascos de vidro de 15mL, contendo 5mL do meio semi-sólido, livre de N, NFB. Os frascos foram incubados em estufa a 30°C por sete dias, sendo considerados positivos para contagem aqueles que apresentaram uma película aerotóxica típica próxima da superfície do meio. A contagem da população foi realizada pela

técnica do Número Mais Provável (NMP), utilizando a tabela de McCrady para três repetições por diluição (Döbereiner et al., 1995).

Com os fungos totais, as amostras foram processadas em laboratório da seguinte forma: para a homogeneização foram pesadas 25g de cada amostra e adicionadas a 225mL de água peptonada a 0.1%, desta forma constituindo a primeira diluição, posteriormente, foram feitas diluições seriadas até 10^{-6} , em seguida alíquotas de 0.1mL foram semeadas em superfície de meio de cultura Agar-batata-dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico (10%) e incubados em estufa a 25°C por 4-6 dias para crescimento das Unidades Formadoras de Colônia (UFC) (Sidrim e Moreira, 1999). As análises dos micro-organismos foram realizadas no Departamento de Microbiologia e Parasitologia do Instituto de Biologia/UFPel.

Amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química do DS/FAEM/UFPel para determinação da relação C/N e pH conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Resultados

Considerando-se os níveis respiratórios obtidos, os resíduos avaliados apresentaram grande atividade microbiana, sendo possível notar valores mais elevados nos matérias de origem animal. Em todos os tratamentos os micro-organismos reduziram a emissão de CO₂ ao término deste estudo.

Quanto à quantificação microbiana, observou-se um aumento no número de bactérias degradadoras de celulose ao término dos tratamentos, com exceção de EB, que teve uma redução na contagem destes organismos ao longo do experimento. O oposto ocorreu com as bactérias diazotróficas, que apresentam número reduzido ao longo do período avaliado em todos os tratamentos, exceto o EE. Para os fungos filamentosos, BC e EE apresentaram os maiores valores, tanto no início quanto ao término do processo.

Tanto o pH quanto a relação C/N diferiram entre os tratamentos, com diminuição de C/N no decorrer de todos os tratamentos e estabilidade do pH nos resíduos avaliados, com exceção de EE. Os valores obtidos neste estudo estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise de micro-organismos edáficos, pH e relação carbono/nitrogênio (C/N) nas fases inicial (i) e final (f) nos tratamentos de esterco equino (EE), esterco bovino (EB), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC). UFPel, Pelotas/RS, 2016.

Tratamentos	Fases	FT ¹	DC ²	BD ³	RM ⁴	pH	C/N
EE	i	3.65x10 ⁵	8 x 10 ⁵	6.0 x 10 ³	5544	5.29	13/1
	f	4.0x10 ⁵	9.8 x 10 ¹³	9.5 x 10 ⁷	3608	4.95	12/1
EB	i	4.0x10 ⁴	6.6 x 10 ¹¹	5.0 x 10 ⁵	3930.66	7.73	14/1
	f	1.8x10 ⁴	2.3 x 10 ⁹	4.0 x 10 ⁵	2786.66	6.51	12/1
EO	i	2.65x10 ⁴	1.33 x 10 ⁵	3.0 x 10 ⁶	3080	8.06	14/1
	f	2.95x10 ³	3.1 x 10 ⁹	7.0 x 10 ⁵	2669.33	6.37	9/1
EM	i	6.65x10 ⁴	1.66 x 10 ⁹	1.5 x 10 ⁶	3637.33	7.89	29/1
	f	1.75x10 ⁴	2.5 x 10 ⁹	7.0 x 10 ⁵	733.33	7.88	24/1
BC	i	4.55x10 ⁶	3.7 x 10 ⁶	2.0 x 10 ⁷	1466.66	5.58	24/1
	f	5.85x10 ⁶	5.6 x 10 ⁹	6.0 x 10 ⁵	322.66	6.31	14/1

¹Fungos totais (UFC g⁻¹), ²bactérias degradadoras de celulose (NMP g⁻¹), ³bactérias diazotróficas (UFC g⁻¹), ⁴respiração microbiana (mg de CO₂/Kg de solo). Fonte: Schubert, R.N., 2016.

Discussão

No presente estudo, pode-se verificar uma relação diretamente proporcional entre a mensuração de C/N e respiração microbiana. As altas concentrações de CO₂ mensuradas nas leituras decresceram no decorrer do experimento, o que pode ser explicado pelo fato dos micro-organismos utilizarem parte do carbono para sua manutenção e reprodução, ocorrendo, de forma momentânea, aumento da biomassa no solo e, conseqüentemente, imobilização do substrato. Posteriormente, a energia contida nas moléculas contendo carbono, é mineralizada, fato que corresponde à redução da respiração microbiológica, como descrito por Martines et al. (2006) ao avaliarem três tipos de solo em laboratório sob influência do resíduo de lodo de curtume. Da

mesma forma, Silva et al. (2006) também verificaram, em análise em Luvisolo do semiárido nordestino, com diferentes resíduos vegetais, maior produção de CO₂ nas avaliações iniciais do experimento, com posterior decréscimo a partir de então.

O fato de haver um maior número de bactérias diazotróficas e degradadoras de celulose ao término do processo de vermicompostagem no resíduo de EE, pode estar associado com o pH, que esteve entre 5.2 e 4.9, faixa ácida, a qual é considerada ideal para o desenvolvimento de bactérias diazotróficas como as do gênero *Acetobacter*, capazes de crescer em meio extremamente ácido (Chavarria e Mello, 2011). No entanto, Siqueira e Franco (1988), indicaram que bactérias fixadoras de N₂ são pouco tolerantes a acidez, tanto no solo, como nos meios de cultura. A presença de bactérias degradadoras de celulose ao término da vermicompostagem no resíduo EE, justifica-se devido à composição do mesmo, que diferentemente dos demais resíduos avaliados neste experimento, apresenta composição rica em fibras, originando um vermicomposto palhoso, sendo assim um ambiente propício para o estabelecimento e manutenção de bactérias degradadoras de celulose.

Discorrendo sobre a relação C/N, é importante destacar que quanto menor o valor desta, maior será a quantidade de N disponível para os micro-organismos, assim, quanto maior o teor de N na amostra, maior será a mineralização deste nutriente (Santos e Camargo, 1999). A mineralização consiste em um processo aeróbio, onde a matéria orgânica é decomposta por micro-organismos que oxidam compostos de carbono, produzindo CO₂, água e energia, com liberação de elementos essenciais como N, P e K (Rodríguez, 2012). Portanto, é possível compreender porque na amostra BC obteve-se maior redução na relação C/N. Este fato pode ser explicado pela imobilização temporária ocasionada pelos micro-organismos presentes, ocorrendo renovação da biomassa, desta maneira, a adição de carbono na forma de resíduos no sistema é fator determinante para a atividade microbiana, conforme Kieft e Rosacker (1991) e Lago et al. (2012).

Neste estudo, a diminuição do pH no processo de vermicompostagem nas amostras EE, EB, EO e EM possivelmente estão relacionadas à produção de CO₂ e de ácidos orgânicos

durante o metabolismo dos micro-organismos decompositores (Albanell et al., 1988). Já na amostra BC, o aumento do pH pode estar associado segregação de CaCO_3 pelas minhocas já que, estas eliminam através das glândulas calcíferas o CO_2 produzido pela sua respiração e o excesso de Ca absorvido do solo (Bidone, 1995).

Conclusões

Diante dos resultados expressados, pode-se concluir que:

- A respiração microbiana e à relação C/N são reduzidas ao longo do experimento devido à maturação dos resíduos orgânicos.
- Para bactérias degradadoras de celulose, somente o tratamento EB limitou seu crescimento ao longo do processo de vermicompostagem.
- Para bactérias diazotróficas, somente o tratamento EE expandiu seu crescimento durante o experimento.
- Para fungos totais, houve um crescimento homogêneo em todos os tratamentos no decorrer deste estudo, exceto para EO.

Agradecimentos

CAPES, Universidade Federal de Pelotas, Erva-Mate Pantanal.

Referências

ALBANELL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T., 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. *Biology and Fertility of Soils*, vol. 6, pp. 266-269.

AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; SILVA, V.F., 1992. *Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo. 13 p. (Comunicado Técnico, 8).

BEARE, M.H.; PARMELEE, R.W.; HENDRIX, P.F.; CHENG, W., 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. *Ecological Monographs*, vol. 62, pp. 569-591.

BIDONE, F.R.A., 1995. *A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo orgânico urbano como substrato*. Universidade de São Paulo, 294 p. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento.

CHAVARRIA, G. e MELLO, N., 2011. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. *Revista Plantio Direto*, vol. 125.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S., 2007. Produção de biosólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, vol. 11, no. 4, pp. 420- 426.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I., 1995. *Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas*. Brasília: Embrapa-SPI, Itaguaí, RJ: Embrapa-CNPAB, 60 p.

KASANA, R.C.; SALWAN, R.; DHAR, H.; DUTT, S.; GULATI, A., 2008. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulose on agar plates using gram's iodine. *Curr Microbiol*, vol. 57, pp. 503-507.

KIEFT, T.L. e ROSACKER, L.L., 1991. Application of respiration and adenylate-based soil microbiological assay to deep subsurface terrestrial sediments. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 23, pp. 563-568.

LAGO, W.N.M.; LACERDA, P.C.L.; NEUMANN, M.R.B., 2012. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema. Distrito Federal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, pp. 721-729.

LEJON, D.P.H.; CHAUSSOD, R.; RANGER, J.; RANJARD, L., 2005. Microbial community structure and density under different tree species in an acid forest (Morvan, France). *Microbiology Ecology*, vol. 50, pp. 614-625.

LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A.M.; ZONTA, E.; LIMA, E., 2007. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, vol. 42, no. 7, pp. 1043- 1048.

MARTINES, A.M.; ANDRADE, C.A.; CARDOSO, E.J.B., 2006. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.41, pp.1149-1155.

MOTA, F.S.; SIGNORINI, E.; ALVES, E.G.P.; AGENDES, M.O.O., 1993. Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, vol. 1, pp. 101-103.

ÖHLINGER, R., 1993. Bestimmung der bodenatmung im laborversuch. In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (ed.). *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Berlin: SpringerVerlag, pp. 86-90.

PETERSEN, H. e LUXTON, M.A.A., 1982. comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition process. *Oikos*, no. 39, pp. 287-38.

RICCI, M. S.F., 1996. *Manual de Compostagem*. Porto Velho, RO: Embrapa-CPAF-Rondônia, 24 p.

RODRÍGUEZ, M.A., 2012. *Prácticas de Edafología y Climatología*. Logroño: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 70 p.

SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O., 1999. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 491 p.

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E. DE M.; LUCENA, A.M.A. DE; GUIMARÃES, M.M.B., 2005. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, vol.5, pp.54-59.

SIDRIM, J. e MOREIRA, J.L.B., 1999. *Fundamentos clínicos e laboratoriais da micologia médica*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 287 p.

SILVA, C.D.; COSTA, L.M.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; SILVA, D.D., 2002. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, vol. 6, no. 3, pp. 487-491.

SILVA, R F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M F., 2006. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, vol. 41, no. 4, pp. 697-704.

SINGLETON, D.R., HENDRIX, B.F., COLEMAN, D.C., WHITMANN, W.B., 2003. Identification of uncultured bacteria tightly associated with the intestine of the earthworm *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae, Oligochaeta). *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 35, pp. 1547–1555.

SIQUEIRA, J.O. e FRANCO, A.A., 1988. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESAL, FAEPE, 236p.

SOUZA, L.M.; CASTILHOS, D.D.; MORSELLI, T.B.G.A.; CASTILHOS, R.M.V., 2006. Influência da aplicação de diferentes vermicompostos na biomassa microbiana do solo após cultivo de alface. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, vol. 12, no. 4, pp. 429-434.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BASSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J., 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Departamento de Solos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 174 p.

TOLEDO, L.O., 2003. *Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no Município de Pinheiral, RJ*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza).

VERMA, S.C.; LADHA, K.; TRIPATHI, A.K., 2001. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. *Journal of biotechnology*, Philippines, vol. 91, pp. 127-141.

VESSEY, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, vol. 255, pp. 571–586.

3. Conclusões

Em vista dos objetivos do presente estudo, dos resultados expostos e discutidos pode-se concluir que:

- As minhocas permanecem nos resíduos até o final do experimento com pouca variação quanto ao número final, mas com uma quantidade de casulos superior no tratamento com esterco equino e no tratamento com erva-mate.
- O pH ao final do experimento, em todos os tratamentos, com exceção do esterco equino, ajustam-se a um valor aceitável para o processo de vermicompostagem.
- Os macronutrientes são, na sua maioria, superiores no tratamento esterco ovino.
- Há um predomínio de ácaros e colêmbolos nos resíduos de origem vegetal quando comparados aos de origem animal.
- A taxa de respiração microbiana reduz ao longo do experimento devido a humificação dos resíduos orgânicos.
- Ocorre um aumento da população de bactérias degradadoras de celulose em todos os tratamentos, com exceção do tratamento EB, já para bactérias diazotróficas, o mesmo ocorre somente para o tratamento EE. Fungos totais permanecem sem grandes variações entre os resíduos, exceto para EO.

Considerações finais

Nas condições em que o experimento foi conduzido é possível recomendar a vermicompostagem dos resíduos de erva-mate, borra de café, esterco bovino, equino e ovino, e com isso gerar um húmus de qualidade, possível de ser utilizado por agricultores familiares da região, de preferência com o acompanhamento de um responsável técnico.

Referências

- AIRA, M. e DOMÍNGUEZ, J. Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). **Journal of Hazardous Materials**, v. 161, p. 1234-1238, 2009.
- ALBANELL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T.; Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 266-269, 1988.
- ALENCAR, Á. G. “Do conceito estratégico de segurança alimentar ao plano de ação da FAO para combater a fome”. **Revista Brasileira de Política Internacional**, Brasília: v. 44, n. 1, 2001.
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001, 110 p.
- ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.
- ANTUNES, S. C., PEREIRA, R., SOUSA, J. P., SANTOS, M. C., GONÇAVEL, F. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). **Eur. J. Soil Biol.** v. 44, p. 45–56, 2008.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária; UFPR. Seminário Mercado de Agrotóxico e Regulação, Brasília, 2012. In: **Dossiê ABRASCO: Uma alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Rio de Janeiro/São Paulo, 2015, 628 p.
- AQUINO, Adriana Maria; ALMEIDA, Dejair Lopes; SILVA, Vladir Fernandes. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo. (Comunicado Técnico, 8), 1992, 13 p.
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; FREIRE, L. R.; DE-POLLI, H. Reprodução de minhocas (*Oligochaeta*) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 161-168, 1994.
- AQUINO, Adriana Maria e NOGUEIRA, Euler Melo. **Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2001, 10 p.

ARAÚJO, E. A. e RIBEIRO, G. A. Impactos do fogo sobre a entomofauna do solo em ecossistemas florestais. **Revista Natureza e Desenvolvimento**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 75-85, 2005.

ATIYEH, R. M.; DOMÍNGUEZ, J.; SUBLER, S.; EDWARDS, C. A. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, n. 6, p. 709-724, 2000.

ATIYEH, R. M.; EDWARDS, C. A.; SUBLER, S.; METZGER, J. D. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 11-20, 2001.

AUDEH, S. J. S. **Capacidade de Uso das Terras: analogias e contradições entre o conhecimento acadêmico e o não acadêmico em áreas de agricultura familiar de base ecológica**. 2013. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 63 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, UFPel.

BACHELIER, Georges. **La vie animale dans les sols**. O.R.S.T.O.M., Paris. 1963, 279 p.

BARRETA, D.; SANTOS, J. C. P.; WILDNER, L. P.; MIQUELLUTI, D. J. Mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo. In: Seminário de Iniciação Científica, 12, 2002, Joinville, SC. **Cadernos de Resumos**. Joinville, SC: UDESC, p. 61-62, 2002.

BASSACO, A. C.; ANTONIOLLI, Z. I.; JÚNIOR, B. S. B.; ECKHARDT, D. P.; MONTAGNER, D. F.; BASSACO, G. P. Caracterização química de resíduos de origem animal e comportamento de *Eisenia andrei*. **Revista Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 45-51, 2015.

BAUMGARTEN, A. **Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants**. In: FURLANI, A. M. C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, (Documentos IAC, 70), 2002, 122 p.

BEARE, M. H.; PARMELEE, R. W.; HENDRIX, P. F.; CHENG, W. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. **Ecol. Monogr.**, v. 62, p. 569-591, 1992.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Science, 1996, 1068 p.

BELIK, W. "Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil". **Saúde social**, São Paulo, v. 12, n. 1, 2003.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. **A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo orgânico urbano como substrato**. 1995. 294 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo, 1995.

BORBA M. e COSTA GOMES J. Limites e possibilidades da Agroecologia como base para sociedades sustentáveis. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 29, 2004.

CABRAL, M. S. e MORIS, V. A. S.; Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.

CARLESSO, W. M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2011.

CASTRO, A. R.; COVA, L. J.; GARCIA, D. E.; MEDINA, M. G. Efecto de La cáscara de huevo em laproducción de cápsulas de lalombriz roja (*Eisenia andrei*). **Zootecnia Tropical, Maracay**, v. 25, n. 2, p. 135-142, 2007.

CEPAGRI. Relatório: **Aquecimento Global e Agricultura** - Projeto Embaixada Britânica. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/aquecimento_agricola.html>. Acesso: 04 jul. 2017.

CHAVARRIA, G. e MELLO, N. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. **Revista Plantio Direto**, v. 125, 2011.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, p. 197-225, 1999.

CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de bio sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 420- 426, 2007.

Deagro - Departamento do Agronegócio, 2014. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/sobre-a-fiesp/departamentos/agronegocio-deagro/>>. Acesso: 09 nov. 2016.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: Embrapa-SPI, Itaguaí, RJ: Embrapa-CNPAB, 1995, 60 p.

DORAN, J. W. e ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Pretty, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

DUCATTI, Fabiane. **Fauna edáfica em fragmentos florestais em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado – Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2002.

ECKHARDT, Daniel Pazzini. **Potencial fertilizante de adubos orgânicos à base de esterco bovino e sua utilização na produção de mudas de alface**. 2011. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2011.

EDWARDS, C. A. e FLETCHER, K. E. Interactions between earthworms and micro-organisms in organic matter break-down. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 24, p. 235-24, 1988.

EDWARDS, Clive Arthur e BOHLEN, Patrick. **Biology and ecology of earthworms**. 3 ed. London: Chapman & Hall, 1996, 426 p.

EKSCHMITT, K. e GRIFFITH, B.S. Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. **Applied soil ecology**, p. 201-215, 1998.

ELVIRA, C.; SAMPEDRO L.; BENITEZ, E.; NOGALES, R. Vermicomposting of sludges from paper Mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot scale study. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 205-211, 1998.

Embrapa. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, 70 p.

Embrapa. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Resumo**. 2014. Disponível em: <http://www.alcance.cnpm.embrapa.br/docs/090617_ALCANCE_RESUMO.doc>. Acesso: 15 ago. 2016.

EPSTEIN, Eliot. **The science of composting**. Lancaster: Tschonomic Publishing, 1996, 504 p.

FAO – Food and Agricultural Organization. “**Global agriculture towards 2050**”. High level expert forum. Roma, 12 e 13 de outubro de 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf>. Acesso: 07 mar. 2015.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**. 2009. Disponível em: <<https://www.fao.org.br>>. Acesso: 22 nov. 2016.

FAO. **State of Food Insecurity in the World**. 2015. Disponível em: <<https://www.fao.org.br>>. Acesso: 22 nov. 2016.

FERMINO, Maria Helena. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014, 112 p.

FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; SANTOS, S. A.; VASCONCELLOS, A.; SANTOS, J. L.; AUGUSTO, T. Utilização de Diferentes Substratos como Iscas na Captura de Minhocas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2388-2391, 2009.

FIESP. Federação das Indústrias de São Paulo. **Projeções para o agronegócio brasileiro**. Outlook FIESP, 2014.

GARCIA, Flávio Roberto Mello e ZIDKO, Alexsandro. **Criação de minhocas: As operárias do húmus**. Porto Alegre: Editora Ríegel, 2006, 112 p.

GARG, V. K. e YADAY, A. Vermicomposting: An effective tool for the management of invasive weed *Parthenium hysterophorus*, **Bioresour.Technol.** v. 102, n. 10, p. 5891-5895, 2011.

GLIESSMAN, Stephen Richard. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora Da UFRGS, 2000, 637 p.

GRIMBERG, E. A. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social**. Documento eletrônico. 2004. Disponível em: <<http://limpezapublica.com.br/textos/1177.pdf>>. Acesso: 24 jul. 2017.

HARTENSTEIN, R.; NEUHAUSER, E. F.; KAPLAN, D. L. Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. **Oecologia**, Berlim, v. 43, p. 329-340, 1979.

HERNÁNDEZ, R. R. **La lombricultura y sus fundamentos**. Madrid, 1991, 302 p.

HUBER, A. C. K. e MORSELLI, T. B. G. A. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 12-20, 2011.

HUBER, A. C. K. e MORSELLI, T. B. G. A. Densidade populacional e número de casulos de *Eisenia foetida* em processo de vermicompostagem sob resíduos de origem vegetal e animal. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 21-29, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos demográficos de 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2006 e 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso: 18 nov. 2016.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM). Banco de Dados Agregado**. SIDRA, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso: 18 nov. 2016.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. **Brasil lidera o ranking de consumo de agrotóxicos, 2015**. Disponível em: http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/comunicacaoinformacao/site/home/namidia/brasil_lidera_ranking_consumo_agrotoxicos. Acesso: 19 nov. 2016.

KASANA, R. C.; SALWAN, R.; DHAR, H.; DUTT, S.; GULATI, A. A. rapid and easy method for the detection of microbial cellulose on agar plates using gram's Iodine. **Curr Microbiol**, v. 57, p. 503-507, 2008.

KIEFT, T. L. e ROSACKER, L. L. Application of respiration and adenylate-based soil microbiological assay to deep subsurface terrestrial sediments. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 563-568, 1991.

KIEHL, Edmar Jose. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985, 492 p.

KUNDE, R. J.; OLIVEIRA, R. J. P.; SILVA, M. T.; BERNARDO, J. T.; PAULA, B. V.; MORSELLI, T. B. G. A.; KROLOW, D. R. V. Avaliação da mesofauna edáfica (ácaros e colêmbolos) no processo de vermicompostagem. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

LACEY, H. e MARICONDA, P. R. O modelo da interação entre as atividades científicas e os valores na interpretação das práticas científicas contemporâneas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 181-99, 2014.

LAGO, W. N. M.; LACERDA, P. C. L.; NEUMANN, M. R. B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema. Distrito Federal, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 721-729, 2012.

LAL, R. Soil Erosion and Land Degradation: The Global Risks. In: Advances in Soil Science. **The Global Risks**, v. 11, p. 129-172, 1990.

LANDGRAF, M. D.; MESSIAS, R. A.; REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental da vermicompostagem: vantagens e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2005, 106 p.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. **Myths and Science of Soils of the Tropics**. Madison: SSSA, v. 29, p. 157-185, 1992.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biol. Int.**, v.33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P. e SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 2001, 654 p.

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**, Jersey, v. 42, n. 1, p. 3-15, 2006.

LEÃO, R. P. F. CHINA: Notas sobre a migração, as transformações na produção e os efeitos no mercado de trabalho. **Boletim de Economia e Política Internacional**, v. 2, IPEA, p. 49-54, 2010.

Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. **Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm>. Acesso: 25 jul. 2017.

Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso: 24 jul. 2017.

LEJON, D. P. H.; CHAUSSOD, R.; RANGER, J.; RANJARD, L. Microbial community structure and density under different tree species in an acid forest (Morvan, France). **Microbiol. Ecol.**, v. 50, p. 614-625, 2005.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, 2007.

MALAFAIA, G. **Aproveitamento de lodo de curtume e uso de água residuária de esgoto doméstico na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 2015. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, UFG.

MALAFAIA, G., JORDÃO, C. R.; ARAÚJO, F. G.; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. L. Vermicompostagem de lodo de curtume em associação com esterco bovino utilizando *Eisenia foetida*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 709-716, 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 14, de 15 de dezembro de 2004. Publicado no Diário Oficial da União de 15/12/2004, Seção 1, Página 24. **Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa.**

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007. **Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.**

MARCONDES, Ayrton César e LAMMOGLIA, Domingos Ângelo. **Biologia: ciência da vida**. São Paulo: Atual, 1994, 372 p.

MARTINES, A. M.; Andrade, C. A.; Cardoso, E. J. B. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1149-1155, 2006.

MCKINSEY & COMPANY. **Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food and water needs**. 2011. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/resource-revolution>>. Acesso: 25 jul. 2017.

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da SBCS, jan/abr., 2009.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrotóxicos**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso: 10 mai. 2017a.

Ministério do Meio Ambiente. **Resíduos Sólidos: Gestão de Resíduos Orgânicos**. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos->

[solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos#legislacao](#)>. Acesso: 24 jul. 2017b.

Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso: 24 jul. 2017c.

MOÇO, M. K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.555-564, 2005.

MONTEIRO, C. A. “**Segurança alimentar e nutrição no Brasil**”. In: Saúde no Brasil: contribuições para a agenda de prioridades de pesquisa. Brasília: Ministério da Saúde, p. 255-273, 2004.

MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L., 2013. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, p. 185-200.

MORALES, D. S. A. **Resíduos sólidos de bovinos proveniente da estação de tratamento de efluentes de um frigorífico pelo processo de compostagem e vermicompostagem na produção de mudas de alface**. 2011. Santa Maria, RS, 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Vermicultura e vermicompostos – Processos e aplicações**. Projeto apresentado no Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Produção Vegetal. Exame de Qualificação, 2000, 70 p.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Resíduos orgânicos em sistemas agrícolas**. Pelotas: Ed. Universitária, UFPel, 2009a, 228 p.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Biologia do solo**. Pelotas: Ed. Universitária UFPel/PREC., 2009b, 146 p.

MOTA, F. S.; SIGNORINI, E.; ALVES, E. G. P.; AGENDES, M. O. O. Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 1, p. 101-103, 1993.

NADDAFI, K.; ZAMANZADEH, M.; AZIMI, A. A.; OMRANI, G. A.; MESDAGHINIA, A. R.; MOBEDI, E. Effect of temperature, dry solids and C/N ratio on vermicomposting of

wates activated sludge. **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 7, n. 7, p. 1217-1220, 2004.

NASCIMENTO, A. L., ANDRADE, S. L. L. S. Segurança alimentar e nutricional: pressupostos para uma nova cidadania. **Ciência e Cultura**, n. 4, p. 34-8, 2010.

NDEGWA, P. M.; THOMPSON, S. A.; DAS, K. C. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. **Bioresource Technology**, v. 71, p. 5-12, 2000.

NEHER, C. **Expansão agrícola mundial pode destruir um “Brasil”**. Carta Capital, Economia, 2014.

NEUHAUSER, E. F.; KAPLAN, D. L.; HARTENSTEIN, R. Live history of earthworm *Eudrilus eugeniae*. **Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol**, Paris, v.16, p. 525-534, 1979.

NOGUEIRA, S. e NASSAR, A. M. **O papel da Índia no comercio agrícola mundial**. Instituto de Estudos do Comercio e Negociações Internacionais – ICONE, 2008.

NOLLA, Delvino. **Erosão do solo: O grande desafio**. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, 1982, 412 p.

NUNES, W. A. G. A. **Uso agrícola de resíduos orgânicos**. 2010. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/ResiduosOrganicos/index.htm>. Acesso: 08 mar. 2015.

NUNES, R. R.; BONTEMPI, R. M.; MENDONÇA, G.; GALETTI, G.; REZENDE, M. O. Vermicomposting as an advanced biological treatment for industrial waste from the leather industry. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 51, p. 271-277, 2016.

ÖHLINGER, R. Bestimmung der bodenatmung im laborversuch. In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (ed.). **Bodenbiologische Arbeitsmethoden**. Berlin: SpringerVerlag, p. 86-90, 1993.

OLIVEIRA, A. P. **A china em busca da terceira reforma agrária**. Instituto de estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/portodeoliveirachina.pdf/at_download/filewww.iea.usp.br/artigos>. Acesso: 25 jul. 2017.

Pastoral da Criança. **Construindo caminhos para a segurança alimentar na comunidade: uma estratégia de planejamento participativo**. 1ª edição. Curitiba: CNBB, 2000, 81 p.

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. da S. B.; LIBERALINO FILHO, J.; NUNES, G. H. de S.; TORQUATO, J. E.; SIMÕES, B. R. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, p. 112-116, 2005.

PEREIRA, V. L. **A China e as Exportações Brasileiras**. Fundação Getúlio Vargas-IBRE, 2014.

PETERSEN, H., LUXTON, M. A. A. comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition process. **Oikos**, n. 39, p. 287-38, 1982.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estud. av.** v.15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

RIBEIRO, M. J. R.; DIAS, S. M. F; TESHIMA, E.; BARBONI, A. R. Insalubridade ambiental e aspectos sociais associados a patógenos intestinais isolados de dípteros. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 83-90, 2011.

RICCI, Marta dos Santos Freire. **Manual de Compostagem**. Porto Velho, RO: Embrapa-CPAF-Rondônia, 1996, 24 p.

RICHARDS, Bryant Neville. **Introduction to the soil ecosystem**. London: Longman, 1978, 266 p.

RIGOTTO, Raquel. **Agrotóxicos, trabalho e saúde: vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no baixo Jaguaribe/CE**. Fortaleza: Editora UFC/Expressão Popular, 2011, 612 p.

RÖBER, Rolf e SCHALLER, Klaus. **Pflanzenernährung im Gartenbau**. Stuttgart: Ulmer. 1985, 352 p.

RODRIGUES, A. S. L.; MESAK, C.; SILVA, M. L. G.; SILVA, G. S.; LEANDRO, W. M.; MALAFAIA, G. Organic waste vermicomposting through the addition of rock dust inoculated with domestic sewage wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 1, n. 196, p. 651-658, 2017.

RODRIGUES, R.; SANTANA, C. A. M.; BARBOSA, M. T. L.; JÚNIOR, M. A. G. P.; **“Drivers” de mudanças no sistema agroalimentador brasileiro. “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: O papel do Brasil no cenário global”**. CGEE, EMBRAPA, 2012.

RODRIGUES, W. C. **DivEs - Diversidade de espécies. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário**. 2005.

RODRÍGUEZ, Marisol Andrades. **Prácticas de Edafología y Climatología**. Logroño: Universidad de La Rioja, Serviço de Publicaciones, 2012, 70 p.

SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, 491 p.

SCHIAVON, G. A.; RODRIGUES, A. C. L.; SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E.; SCHUBERT, R. N.; VOSER, C. P. O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema familiar de base ecológica: um estudo de caso. **Revista Ciência Rural**, Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil, v. 45, n. 4, p. 658-660, 2015.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. DE M.; LUCENA, A. M. A. DE; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, p.54-59, 2005.

SHANNON, C. E. **The mathematical theory of communication**, p. 3-91, 1948. In: SHANNON, C. E.; WEAVER, W. (Eds). **The mathematical theory of communication**. Urbana, University Illinois Press, 1948, 117 p.

SHARMA, S.; PRADHAN, K.; SATYA, S.; VASUDEVAN, P. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review. **The Journal of American Science**, v. 1, p. 4-16, 2005.

SIDRIM, J. e MOREIRA, J. L. B. **Fundamentos clínicos e laboratoriais da micologia médica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1999, 287 p.

SILVA, M. A.; NEBRA, S. A.; MACHADO, M. J.; SANHEZ, C. G. The use of Biomassa Residues in the Brazilian Soluble Coffee Industry. **Biomass and Bioenergy**, v. 14, n. 5, p. 457-467, 1998.

SILVA, C. D.; COSTA, L. M.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 487-491, 2002.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

SILVA, C. A. **Uso de Resíduos Orgânicos na agricultura**. In: SANTOS, G. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008, 636 p.

SILVA, R. F.; VASCONCELLOS, N. J. S.; STEFFEN, G. P. K.; DOTTO, R. B.; GRUTKA, L. Caracterizações microbiológicas e químicas em resíduos orgânicos submetidos à vermicompostagem. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 17, p. 108-115, 2011.

SILVA, L. N. e AMARAL, A. A. do. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 5, p. 108-115, 2013.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688-688, 1949.

SINDAG. **Brasil ganha destaque na indústria de defensivos**. In: Sindag News online, 17 Mai 2010. Disponível em: mailto:http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2019>. Acesso: 05 Jan 2017.

SINGLETON, D. R., HENDRIX, B. F., COLEMAN, D. C., WHITMANN, W. B. Identification of uncultured bacteria tightly associated with the intestine of the earthworm *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae, Oligochaeta). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 1547–1555, 2003.

SIQUEIRA, J. O. e FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESAL, FAEPE, 1988, 236 p.

SOUZA, L. M.; CASTILHOS, D. D.; MORSELLI, T. B. G. A.; CASTILHOS, R. M. V. Influência da aplicação de diferentes vermicompostos na biomassa microbiana do solo após cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 429-434, 2006.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; MACHADO, R. G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, n. 2, p. 333-343, 2010.

TEDESCO, Marino Jose; GIANELLO, Clesio; BASSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sergio Jorge. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Departamento de Solos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 1995, 174 p.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.; JÚNIOR, J. F. Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Oriental. **Circular técnica Embrapa**, Belém, n. 33, 2004.

TERRA, F. H. B. e PELAEZ, V. **A história da indústria de agrotóxicos no Brasil: das primeiras fábricas na década de 1940 aos anos 2000**. Anais do 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/43.pdf>>. Acesso: 15 mar. 2015.

THEISEN, G. **O mercado de agroquímicos**. 2010. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/portalmet/images/arquivos/15MET/mercadoagroquimico.pdf>. Acesso: 12 jun. 2017.

TOLEDO, Luciano de Oliveira. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no Município de Pinheiral, RJ**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

TRIPLEHORN, Charles; JOHNSON, Norman. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011, 816 p.

VALENTE, Flavio Luiz Schieck. **Direito humano à alimentação adequada: desafios e conquistas**. Cortez Editora, São Paulo, 2002, 270 p.

VENTER, J. M.; REINECKE, A. J. The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta). **South African Journal of Zoology**, Africa do Sul, v. 23, n. 3, p.161-165, 1988.

VERMA, S. C.; LADHA, K.; TRIPATHI, A. K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of biotechnology**, Philippines, v. 91, p. 127-141, 2001.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, p. 571–586, 2003.

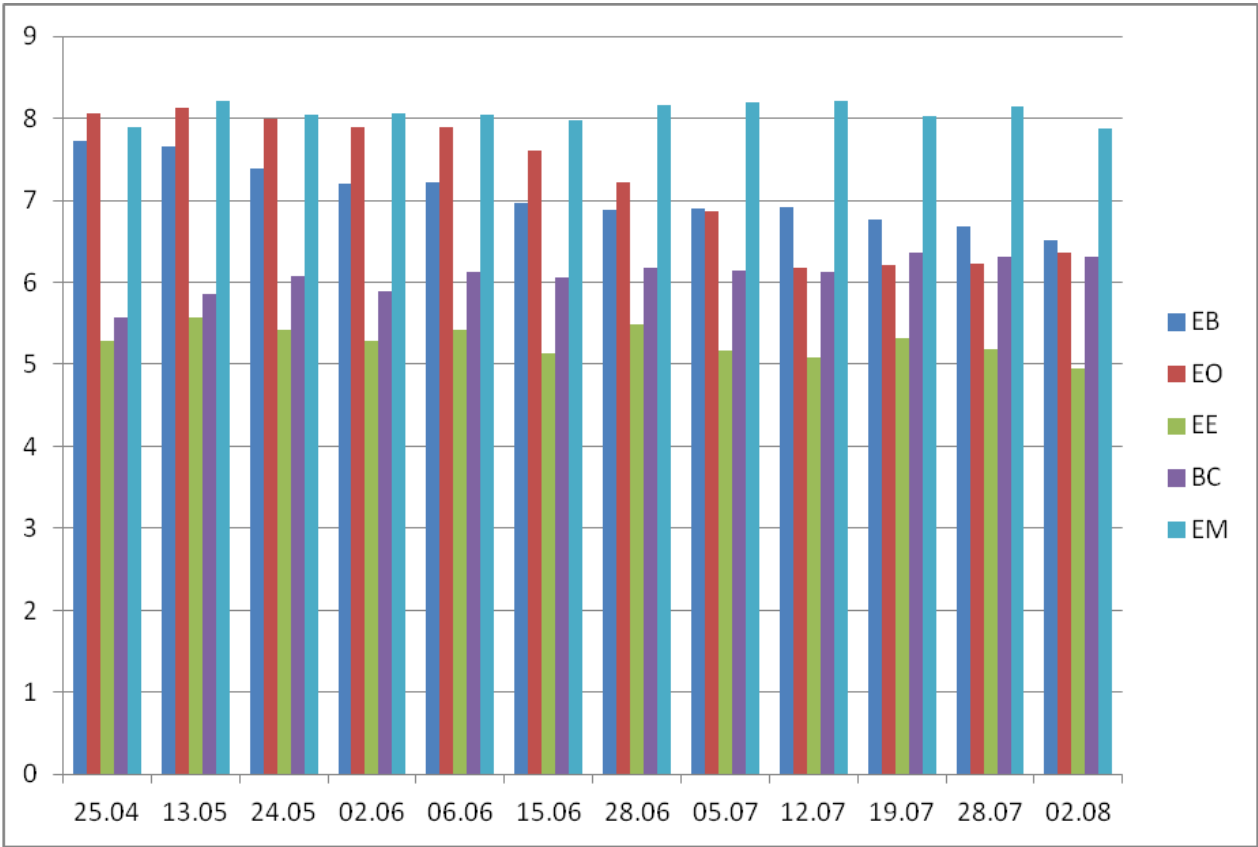
YADAV, A. e GARG, V. K. Feasibility of nutrient recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. **Journal of Hazardous Materials**, v.168, p. 262- 268, 2009.

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

Apêndices

Apêndice A

Análise do pH nos tratamentos esterco bovino (EB),esterco ovino (EO), esterco equino (EE), borra de café (BC) e erva-mate (EM), nas doze datas de aferição durante a execução do experimento.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice B

Índice de Constância de ácaros (A) e colêmbolos (C) nos tratamentos esterco bovino (EB), esterco equino (EE), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC), nas seis datas de coleta.

Tratamentos	Organismos	Datas					
		1	2	3	4	5	6
EB	A						
	C						
EE	A						
	C						
EO	A						
	C						
EM	A						
	C						
BC	A						
	C						

Constante - Índice de constância > 50%;
Acessória - 25% ≥ Índice de constância ≤ 50%;
Acidental - Índice de constância < 25%.

Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice C

Índice de similaridade – Bray-Curtis (d_{jk}) de ácaros e colêmbolos observado durante o experimento nos tratamentos de borra de café, erva-mate, esterco bovino, equino e ovino.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	0,20208	1										
3	0,32479	0,1254	1									
4	0,19889	0,48692	0,17935	1								
5	0,30201	0,060288	0,63448	0,087536	1							
6	0,137	0,28885	0,083969	0,5098	0,039913	1						
7	0,35632	0,12183	0,85128	0,17439	0,57746	0,081529	1					
8	0,089866	0,42226	0,06837	0,52867	0,03236	0,87975	0,066367	1				
9	0,29977	0,21148	0,70073	0,29661	0,41629	0,1438	0,66421	0,11777	1			
10	0,032019	0,28756	0,024096	0,22032	0,011269	0,32032	0,023375	0,38827	0,0422	1		
11	0,16176	0,55186	0,29864	0,51498	0,15082	0,16366	0,25758	0,33561	0,4547	0,12992	1	
12	0,032846	0,28747	0,026121	0,23003	0,012223	0,26776	0,02534	0,33703	0,0457	0,95814	0,14021	1

Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

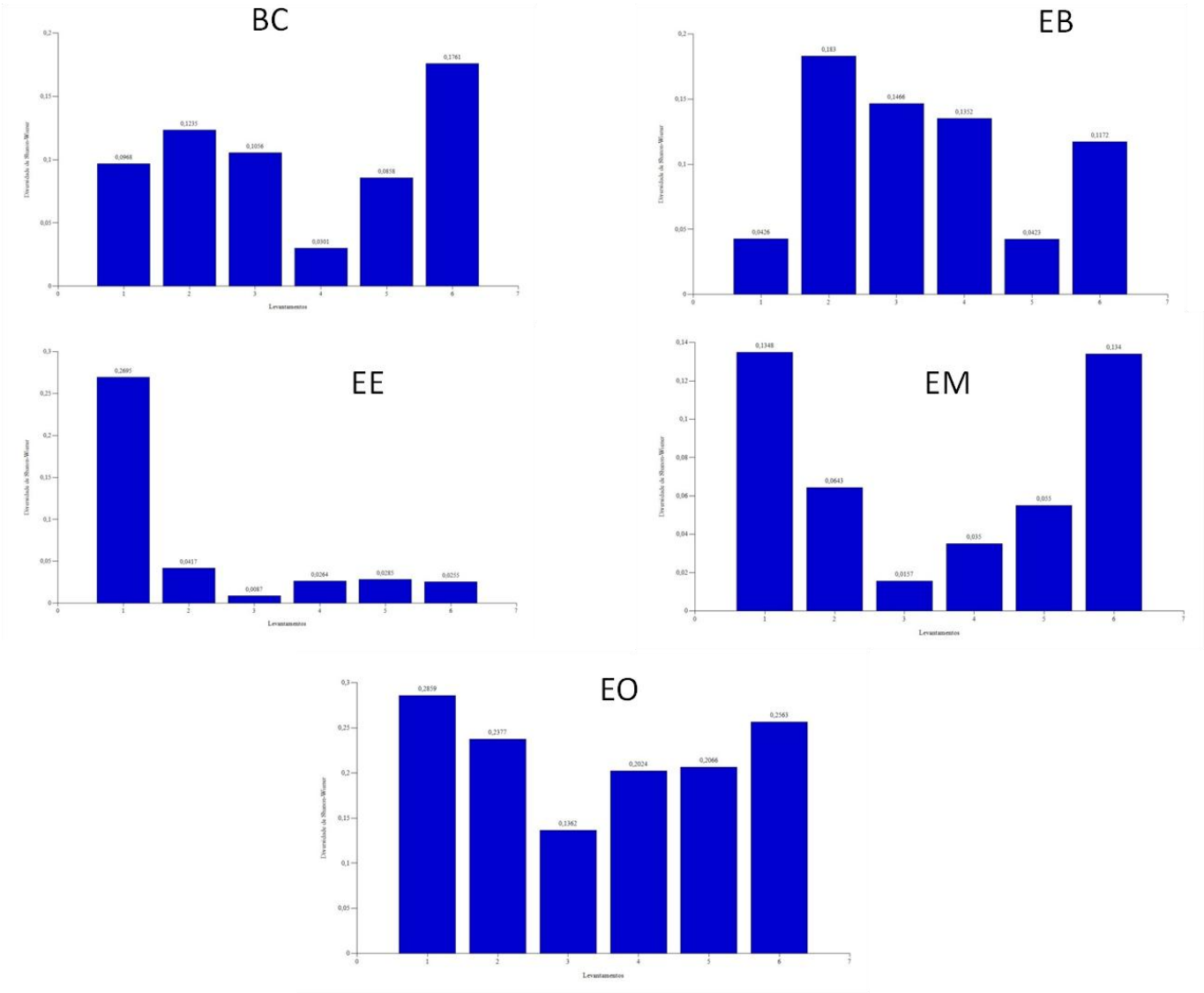
Apêndice D

Índice de abundância de espécies (número de indivíduos identificados), verificados nos tratamentos esterco bovino (EB), esterco equino (EE), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC), nas seis datas de coleta.

Tratamento	1	2	3	4	5	6	Soma	Total
EB	1028	425	529	771	707	286	3746	
EE	534	292	853	1281	1263	1297	5520	
EO	1464	382	579	425	407	414	3671	121864
EM	385	2308	8527	9058	5774	4247	30299	
BC	5251	2112	1038	2932	33311	33984	78628	

Apêndice E

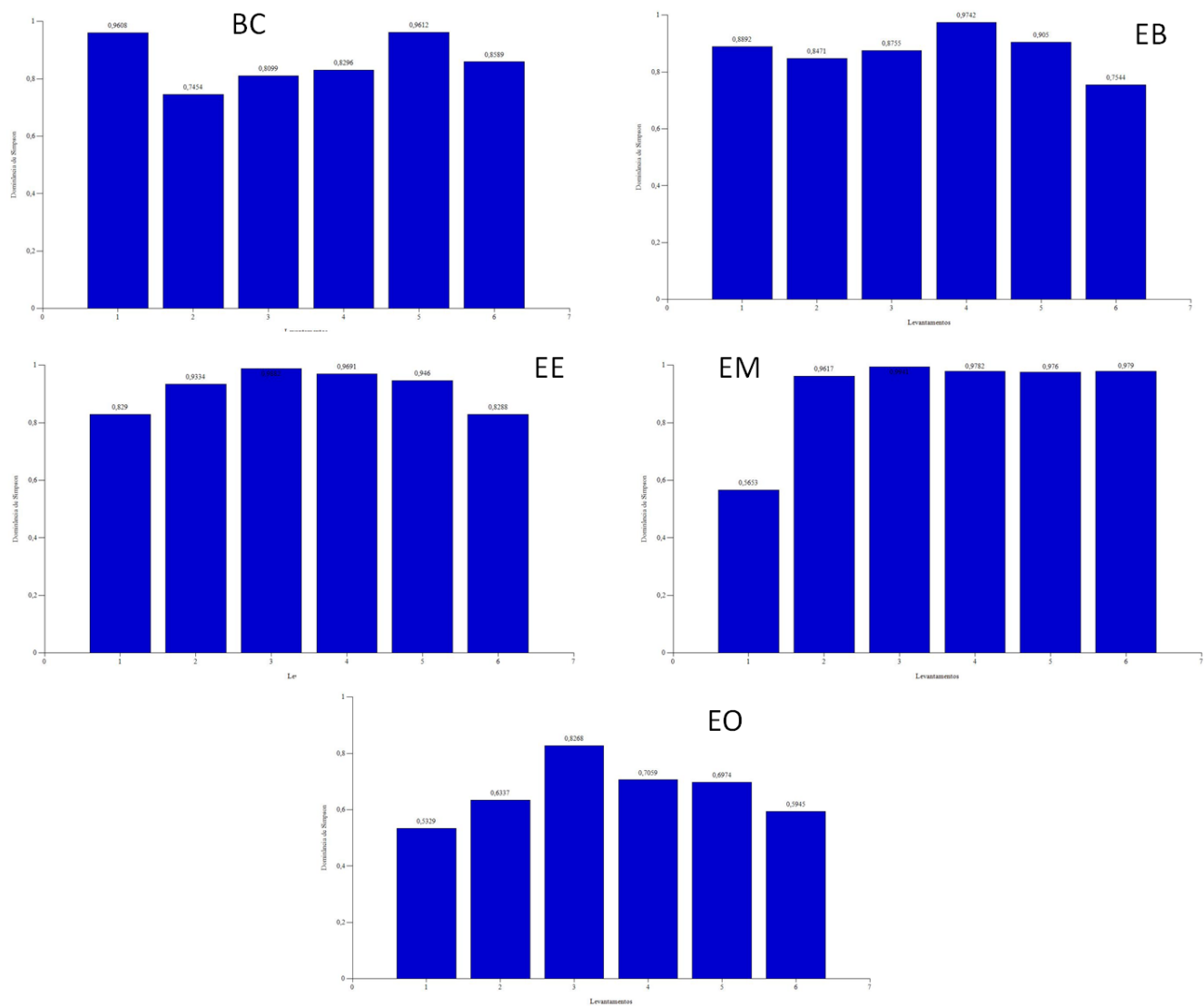
Gráficos do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H) nos tratamentos borra de café (BC), esterco bovino (EB), esterco equino (EE), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO), nas seis datas de coleta.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice F

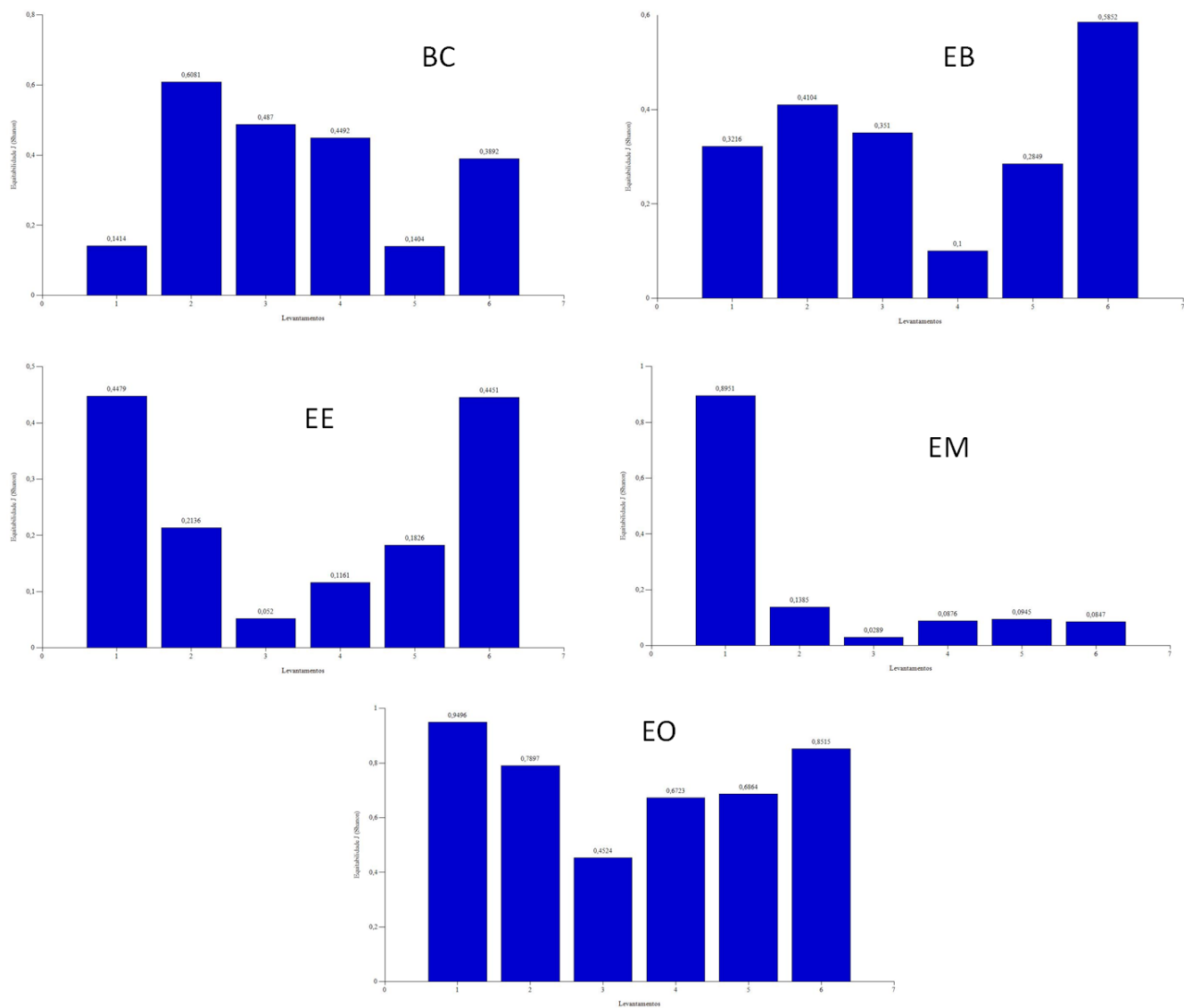
Gráficos do Índice de Dominância de Simpson (D_s) nos tratamentos borra de café (BC), esterco bovino (EB), esterco equino (EE), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO), nas seis datas de coleta.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice G

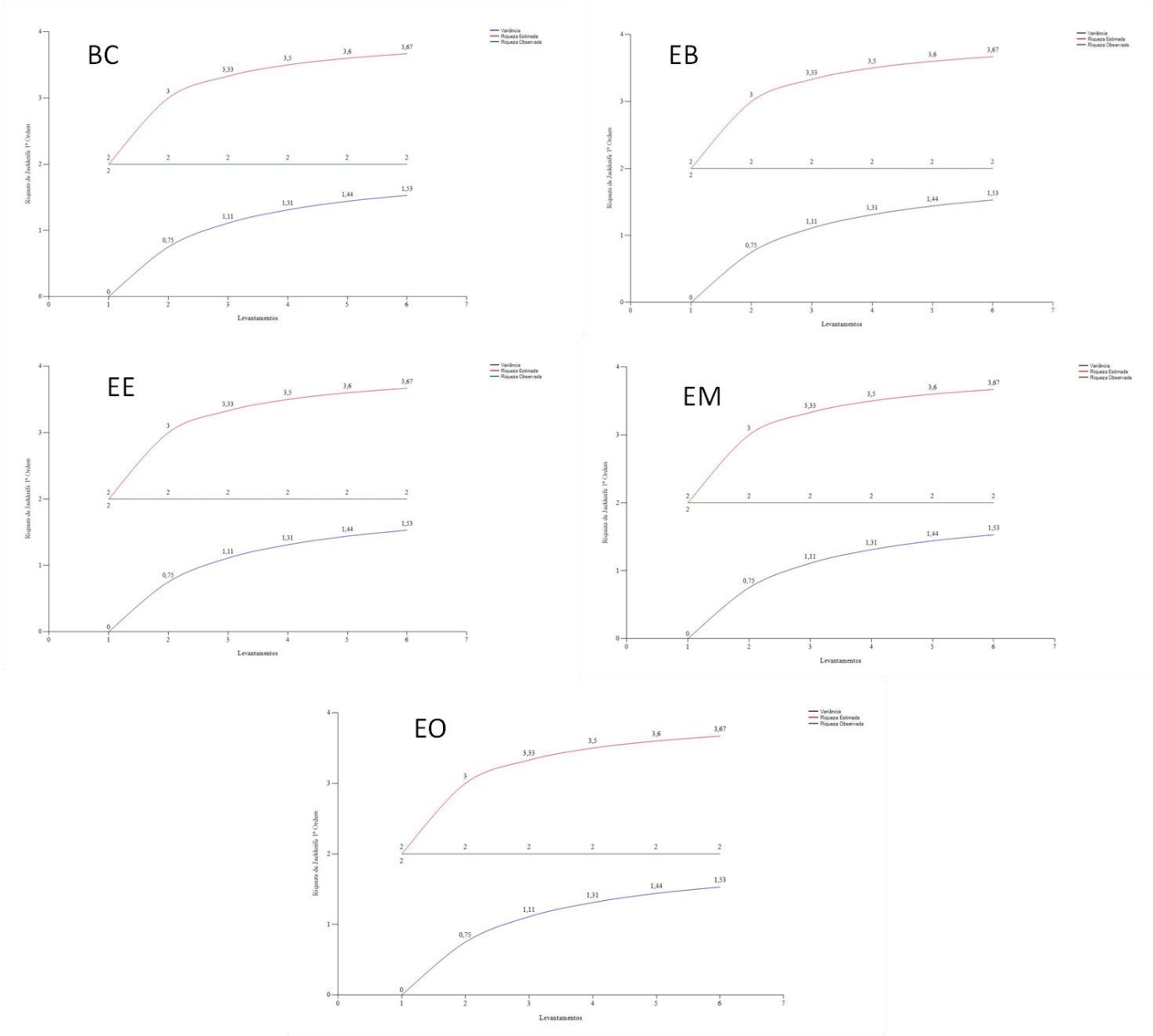
Gráficos do Índice de Equitabilidade de Pielou (J) nos tratamentos borra de café (BC), esterco bovino (EB), esterco equino (EE), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO), nas seis datas de coleta.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice H

Gráficos do Índice de Riqueza de Espécies nos tratamentos borra de café (BC), esterco bovino (EB), esterco equino (EE), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO), nas seis datas de coleta.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice I

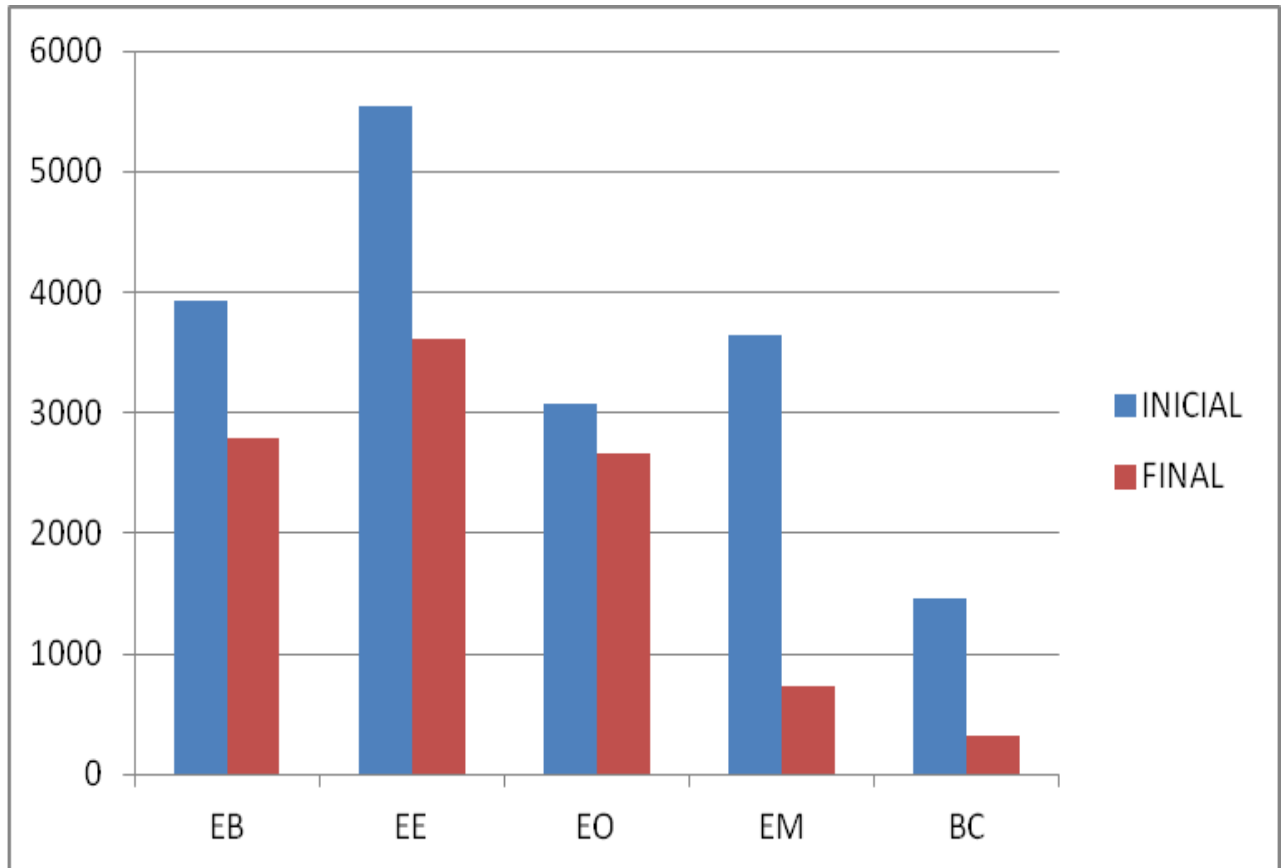
Contagem e identificação da micologia edáfica inicial e final encontrada nos resíduos de esterco equino (EE), esterco bovino (EB), borra de café (BC), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO).

Análise Micológica Inicial		
Tratamentos	Contagem (UFC)	Gêneros identificados
EE	3,65x10 ⁵	<i>Cladosporium, Penicillium, Absidia, Mycelia sterilia</i>
EB	4,0x10 ⁴	<i>Aspergillus, Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Phialophora, Fusarium, Absidia, Mycelia sterilia</i>
BC	4,55x10 ⁶	<i>Geotrichum, Penicilliu, Fusarium</i>
EM	6,65x10 ⁴	<i>Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Fusarium</i>
EO	2,65x10 ⁴	<i>Cladosporium, Paecilomyces, Penicillium, Mycelia sterilia</i>
Análise Micológica Final		
Tratamentos	Contagem (UFC)	Gêneros identificados
EE	4,0x10 ⁵	<i>Cladosporium, Aspergillus, Paecilomyces</i>
EB	1,8x10 ⁴	<i>Aspergillus, Paecilomyces, Penicillium, Mycelia sterilia</i>
BC	5,85x10 ⁶	<i>Paecilomyces, Mycelia sterilia, Fusarium</i>
EM	1,75x10 ⁴	<i>Absidia, Paecilomyces, Aspergillus, Fusariu, Mycelia sterilia</i>
EO	2,95x10 ³	<i>Absidia, Aspergillus, Paecilomyces, Penicillium, Mycelia sterilia</i>

Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice J

Respiração microbiana (mg de CO₂/Kg de solo) inicial e final verificada nos tratamentos esterco bovino (EB), esterco equino (EE), esterco ovino (EO), erva-mate (EM) e borra de café (BC).



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice K

Vasos utilizados no experimento, dispostos em uma bancada horizontal no Laboratório de Biologia do Solo/FAEM/UFPeI, devidamente cobertos com pano de algodão, com armadilha de Tretzel adaptada para a captura da mesofauna edáfica presente nos resíduos.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice L

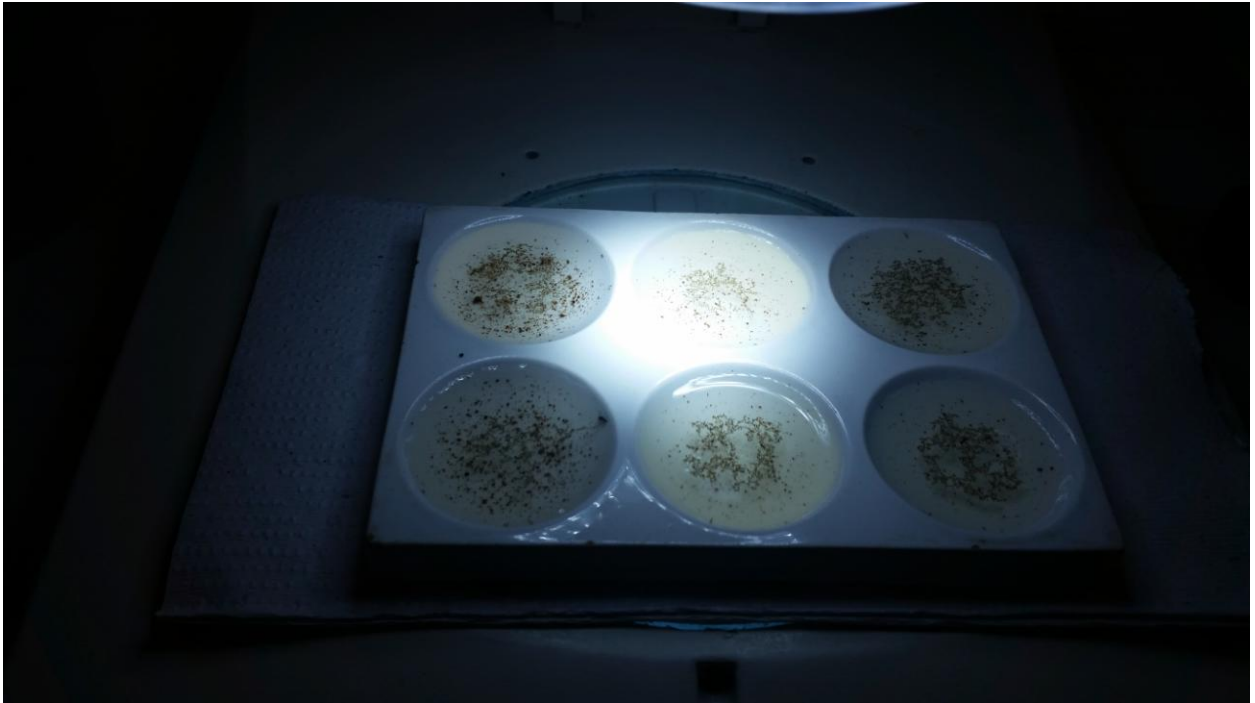
Vermicomposto pronto dos resíduos de borra de café (BC), esterco equino (EE), esterco bovino (EB), erva-mate (EM) e esterco ovino (EO).



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.

Apêndice M

Contagem e identificação da mesofauna edáfica.



Fonte: SCHUBERT, R.N., 2016.