

CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO DE MINHOCAS EM MISTURAS DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E EFEITOS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO HÚMUS

Volnei Knopp Zibetti, Glaucia de Figueiredo Nachtigal, Daniel Lopes de Lima e Gustavo Schiedeck

RESUMO

A demanda por fertilizantes orgânicos em sistemas orgânicos de produção é grande, porém as possibilidades de uso de diferentes resíduos são pouco exploradas. O objetivo do trabalho foi avaliar as respostas biológicas de minhocas *Eisenia andrei* Bouché em alimentos à base de esterco bovino, casca de amendoim e borra de café, bem como analisar o efeito da minhocultura sobre a densidade microbiana e propriedades químicas do húmus. Foram testados quatro tratamentos, H1: esterco bovino 100%, H2: esterco bovino 75% + casca de amendoim 25%, H3: esterco bovino 75% + borra de café 25%, e H4: esterco bovino 50% + borra de café 25%

+ casca de amendoim 25%, com seis repetições, em delineamento completamente casualizado. A adição de borra de café ao esterco bovino aumentou a biomassa total e indicou uma tendência de aumento na produção de casulos, enquanto a casca de amendoim não influenciou essas variáveis. As UFC de bactérias e de fungos foram afetadas pelos tratamentos no início e no final do experimento e pela ação das minhocas no processo de transformação dos resíduos. As misturas de resíduos orgânicos avaliadas afetaram de forma distinta o crescimento e reprodução das minhocas e as propriedades químicas e biológicas do húmus.

Introdução

O mercado de produtos orgânicos no Brasil é de USD $\square 750 \times 10^6$, sendo os pequenos e médios agricultores responsáveis por 95% de todo alimento orgânico produzido (Flores, 2014). Contudo, um dos grandes gargalos desse estilo de produção diz respeito à fertilização dos cultivos. A eficiência dos adubos orgânicos na nutrição das plantas é relativamente baixa, há maior penosidade para aplicação a campo e os custos para aquisição fora da propriedade encarecem o produto (Wezel *et al.*, 2013).

A transformação dos resíduos orgânicos através das minhocas é uma estratégia identificada com a agricultura

familiar (Schiedeck *et al.*, 2009). A minhocultura é o processo de bio-estabilização de resíduos orgânicos de naturezas diversas, rápido e de baixo custo, em condição aeróbica e mesófila, decorrente da ação combinada de minhocas e microrganismos, o qual resulta em um produto de elevado valor agregado, o húmus de minhoca (Domínguez e Edwards, 2010).

O húmus de minhoca atua sobre atributos físicos do solo, como aeração, porosidade, densidade e capacidade de retenção de água, e disponibiliza nutrientes sob formas prontamente assimiláveis pelas plantas, além de enzimas, ácidos húmicos e hormônios vegetais (Lim *et al.*, 2014). A interação entre esses fatores

repercute em maior ou menor grau no crescimento e produtividade de diferentes cultivos (Roy *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2010), bem como na ativação de resistência das plantas a insetos (Cardoza e Buhler, 2012) e na supressão de doenças de plantas (Pathma e Sakthivel, 2012).

Contudo, ainda são poucos os agricultores familiares que utilizam a minhocultura de forma sistemática nas propriedades para obtenção de fertilizante orgânico, principalmente pelo desconhecimento de questões relacionadas ao manejo da alimentação no minhocário. As minhocas podem converter diversos tipos de resíduos orgânicos, tais como esterco (Garg *et al.*, 2005; Nasiru *et al.*, 2013),

restos vegetais (Fernández-Gómez *et al.*, 2013; Yan *et al.*, 2013) e resíduos domiciliares (Seenappa, 2011). Nesse sentido, é possível prever que, em uma propriedade agrícola familiar diversificada, dificilmente não haverá alimento para sustentar um minhocário.

Dentre os resíduos mais utilizados na minhocultura em propriedades rurais está o esterco, em especial o de bovinos, pelo volume gerado e facilidade de recolhimento, bem como pela aceitação pelas minhocas. Da mesma forma, o consumo de café pelas famílias nas propriedades rurais é frequente e o preparo da bebida a partir dos grãos em pó resulta na borra úmida, que possui potencial de

PALAVRAS CHAVE / Borra de Café / Casca de Amendoim / *Eisenia andrei* / Esterco Bovino / Minhocultura / Vermicompostagem

Recebido: 07/04/2014. Modificado: 19/12/2014. Aceito: 27/12/2014.

Volnei Knopp Zibetti. Ecólogo. Mestre em Agronomia e doutorando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil.

Glaucia de Figueiredo Nachtigal. Agrônoma. Doutora

em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Pesquisadora, Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Brasil.

Daniel Lopes de Lima. Biólogo. Mestre em Fitossanidade,

UFPel, Brasil. Técnico em laboratório, Embrapa Clima Temperado, Brasil.

Gustavo Schiedeck. Agrônomo. Doutor em Ciências, UFPel, Brasil. Pesquisador, Embrapa, Brasil. Endereço: Estação Experimental Cascata, Embrapa

Clima Temperado. BR 392, km 78, cx.postal 403, Pelotas, RS, Brasil, CEP 96010-971. e-mail: gustavo.schiedeck@embrapa.br

GROWTH AND REPRODUCTION OF EARTHWORM IN ORGANIC WASTE MIXTURES AND EFFECTS ON CHEMICAL AND MICROBIAL PROPERTIES OF VERMICOMPOST

Volnei Knopp Zibetti, Glaucia de Figueiredo Nachtigal, Daniel Lopes de Lima and Gustavo Schiedeck

SUMMARY

There is a large demand for organic fertilizers in organic agriculture, but few options for different wastes have been studied. The aim of the present work was to evaluate the biological responses of earthworms *Eisenia andrei* Bouché in wastes composed of cattle manure, peanut husk and spent coffee grounds, as well as to analyze the effect of earthworms on the microbial density and chemical properties of the vermicompost. Four treatments were employed, H1: cattle manure (100%), H2: cattle manure (75%) + peanut husk (25%), H3: cattle manure (75%) + spent coffee grounds (25%), H4: cattle manure (50%) + spent

coffee ground (25%) + peanut husk (25%), with six replicates in a completely randomized design. The addition of spent coffee grounds to the manure increased the total biomass and indicated a rising trend in the production of cocoons, while the peanut husk apparently did not affect these variables. The CFU of bacteria and fungi were affected by the treatments at the beginning and end of the experiment and by the earthworms during the waste transformation. The evaluated organic waste mixtures differently affected the growth and reproduction of earthworms and chemical and biological properties of humus.

CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LOMBRICES EN MEZCLAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y EFECTOS EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL VERMICOMPOST

Volnei Knopp Zibetti, Glaucia de Figueiredo Nachtigal, Daniel Lopes de Lima y Gustavo Schiedeck

RESUMEN

La demanda por abonos orgánicos en los sistemas de producción orgánicos es grande, pero las posibilidades de utilizar diferentes residuos han sido poco explotadas. El objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas biológicas de lombrices *Eisenia andrei* Bouché en compostas procedentes de estiércol de ganado, cáscaras de maní y poso de café, y analizar el efecto de la lombricultura en la densidad microbiana y características químicas del vermicompost de lombriz. Se analizaron cuatro tratamientos, H1: estiércol bovino (100%), H2: estiércol bovino (75%) + cáscara de maní (25%), H3: estiércol bovino (75%) + poso de café (25%), y H4: estiércol bovino (50%) +

poso de café (25%) + cáscara de maní (25%), con seis repeticiones, en un diseño completamente al azar. La adición de poso de café a estiércol bovino aumentó la biomasa total y llevó a una tendencia de aumento en la producción de capullos, mientras que la cáscara de maní no afectó a dichas variables. Las UFC de bacterias y hongos se vieron afectadas por los tratamientos al principio y al final del experimento, y por la acción de las lombrices en el proceso de transformación de los residuos. Las mezclas de residuos orgánicos evaluados afectaron de manera diferente el crecimiento y la reproducción de las lombrices y propiedades químicas y biológicas del humus.

utilização na alimentação das minhocas, uma vez que é um resíduo rico em diversos nutrientes (Liu e Price, 2011).

Por sua vez, as minhocas possuem respiração cutânea e ambientes com restrições às trocas gasosas dificultam sua sobrevivência e reprodução (Suthar, 2009), o que sugere a utilização de resíduos orgânicos ricos em carbono como elemento estruturante em mistura com outros resíduos (Gupta e Garg, 2009; Steffen *et al.*, 2010). O cultivo de amendoim é fortemente identificado com a agricultura familiar e a utilização da casca após a separação do grão surge como opção de resíduo para atender tal requisito.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e reprodução de minhocas *Eisenia andrei* Bouché em

alimentos à base de esterco bovino, casca de amendoim e borra de café, bem como o efeito desses resíduos sobre a densidade microbiana e propriedades químicas do húmus produzido.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental Cascata (EEC; 31°37'S, 52°31'O, a 180m de altitude), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil, entre outubro 2011 e abril 2012. O esterco bovino utilizado foi proveniente de gado leiteiro e permaneceu à sombra por 20 dias para reduzir o teor de umidade. As cascas de amendoim foram originárias de descartes de colheita em experimentos na EEC. A borra de café foi

obtida em cafeteria comercial no mesmo município e mantida à sombra por 40 dias para redução da umidade.

Os tratamentos testados constaram de misturas entre os três resíduos (relação v/v), sendo assim formados H1: esterco bovino (100%), H2: esterco bovino (75%) + casca de amendoim (25%), H3: esterco bovino (75%) + borra de café (25%), e H4: esterco bovino (50%) + borra de café (25%) + casca de amendoim (25%).

As unidades experimentais constaram de caixas plásticas de 20 litros, com fundo perfurado. Foram utilizadas minhocas da espécie *Eisenia andrei* Bouché (1972), obtidas no minhocário da EEC. A biomassa de minhocas acrescentada em cada tratamento foi definida levando-se em

consideração apenas o alimento consumível (esterco e borra de café), projetando uma taxa de consumo 1g alimento por 1g de biomassa de minhocas por dia. Assim, aos tratamentos H1 e H3 foram adicionados 480g de minhocas e aos tratamentos H2 e H4 360g de minhocas, com proporção média de indivíduos adultos entre 75 a 85% da biomassa total.

Os tratamentos foram monitorados ao longo de 60 dias. Em cada caixa foram colocados dois amostradores perfurados de PVC, totalizando um volume amostrado de 1,8 litros. A cada avaliação, os amostradores eram retirados e pesada a biomassa total de minhocas contida em seus interiores. As minhocas adultas, consideradas aquelas com a presença de clitelo

visível, eram separadas, contadas e pesadas, para avaliação da biomassa individual. Os casulos presentes nos amostradores também eram contados e, após, juntamente com a biomassa total de minhocas e o alimento, recolocados nos amostradores e estes reintroduzidos nas respectivas caixas. Para efeito de comparação de biomassa total de minhocas e produção de casulos entre os tratamentos, adotou-se o fator de correção de 0,75 (360g/480g) para os valores obtidos nos amostradores dos tratamentos H1 e H3.

As análises químicas dos resíduos e dos tratamentos no início e final do experimento foram realizadas no Laboratório de Resíduos Orgânicos da Universidade Federal de Pelotas.

Para a avaliação de unidades formadoras de colônias (UFC) nos tratamentos, foram recolhidas amostras aos setes e aos 60 dias. Para a contagem de bactérias e fungos, cada amostra de húmus foi suspensa em água destilada estéril, centrifugada a 1200rpm durante 5min e submetida à diluição seriada até 10⁻⁵. Aliquotas de 100µl das diluições foram espalhadas em meio de cultivo BDA acrescido de pentabiótico a 50mg·ml⁻¹ e meio de cultivo 523 (Kado e Heskett, 1970), respectivamente para a obtenção de colônias fúngicas e bacterianas. As placas de Petri foram incubadas em câmaras

BOD por sete dias a 25°C e fotoperíodo diário de 12h para fungos, e três dias a 28°C no escuro para bactérias. O número de unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC/g) foi obtido conforme a fórmula de Dubey e Maheshwari (2002):

$$UFC/g = \frac{N^{\circ} \text{ Colônias} \times \text{fator de diluição}}{\text{Volume de amostra tomado}}$$

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussão

A biomassa média individual das minhocas adultas não diferiu entre os tratamentos até os 32 dias de condução do experimento. Após os 46 dias os tratamentos começaram a diferir entre si e aos 60 dias, a biomassa das minhocas em H3 foi similar à verificada em H4, porém superior à dos tratamentos H1 e H2 (Tabela I).

A borra de café, quando utilizada na produção de húmus, é inicialmente decomposta por bactérias e fungos (Adi e Noor, 2009), que promovem sua estabilização, disponibilizando os nutrientes para as minhocas de forma gradativa. Esse fato é corroborado pela análise do teor de nitrogênio no início do

experimento, quando a disponibilidade desse nutriente nos tratamentos com borra de café foi comparativamente inferior à verificada nos tratamentos sem esse resíduo devido à imobilização pelos microrganismos. Ao final dos 60 dias, esse comportamento se inverteu e os tratamentos com borra de café ficaram com maiores teores de nitrogênio. Não obstante, Liu e Price (2011) relatam que a utilização de borra de café sem adição de algum outro resíduo rico em carbono pode provocar altos índices de mortalidade de minhocas por motivos como alta condutividade elétrica, baixa oxigenação do meio e elevada liberação de amônia e ácidos orgânicos nos estágios iniciais de decomposição.

O efeito da borra de café na biomassa total das minhocas também foi sensível ao final do experimento, quando, em relação à biomassa inicial, os tratamentos H3 e H4 foram semelhantes entre si, mas superiores à H1 e H2, que não se diferenciaram. De acordo com Mussatto *et al.* (2011), a borra de café contém açúcares como manose, galactose e arabinose, além de celulose; esses compostos podem ter enriquecido o alimento proporcionando às minhocas melhores condições de desenvolvimento em biomassa. Por sua vez, nos tratamentos H1 e H2, a restrição alimentar observada já a partir dos 18 dias pela redução da

biomassa média individual, proporcionou valores finais de biomassa total entre 30 e 25%, respectivamente, quando comparada à biomassa total introduzida nas caixas.

A restrição alimentar provocada pela superpopulação é um dos fatores relacionados à diminuição da biomassa e produção de casulos de minhocas (Suthar, 2012). Rodrigues *et al.* (2012) verificaram que a densidade populacional de minhocas foi maior em tratamentos contendo 25% de borra de café em mistura com solo em relação à mistura de solo com esterco bovino.

Embora a adição de resíduos estruturantes ao alimento promovam melhorias quanto à aeração e locomoção das minhocas, com reflexos em seu crescimento e reprodução (Domínguez *et al.*, 2000; Xing *et al.*, 2014), não se percebeu a contribuição da adição da casca de amendoim sobre o aumento de biomassa individual de minhocas adultas e na biomassa total final das minhocas. Steffen *et al.* (2010) verificaram que a adição de casca de arroz bruta também não melhorou a biomassa final de minhocas quando misturada ao esterco bovino em proporções de 25 e 50%. Da mesma forma, a mistura de resíduos de papel ao esterco bovino em proporções de 25 e 50%. Da mesma forma, a mistura de resíduos de papel ao esterco bovino em percentuais superiores a 30% provocou redução em todos os parâmetros biológicos quando comparado ao esterco sem mistura (Gupta e Garg, 2009).

A relação C/N inicial dos tratamentos também pode ajudar a explicar o crescimento e reprodução das minhocas. Enquanto em H1 e H2 a relação C/N inicial foi 6:1 e 8:1, respectivamente, em H3 de 11:1 e em H4 de 14:1. De acordo com Aira *et al.* (2006), após 36 semanas, a população de minhocas em esterco suíno foi sete vezes maior onde a relação C/N era 19:1 em relação à relação C/N 11:1; para os autores, em alimentos com baixa relação C/N, as minhocas investem mais energia no crescimento do que na reprodução.

TABELA I
BIOMASSA MÉDIA INDIVIDUAL (G) DE MINHOCAS ADULTAS E BIOMASSA TOTAL FINAL RELATIVA (%) DE MINHOCAS *Eisenia Andrei*, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES ALIMENTARES, AVALIADA AO LONGO DO EXPERIMENTO. PELOTAS, RS, BRASIL. ABRIL 2012

Tratamentos	Inicial	Dias				Biomassa total final relativa	
		7	18	32	46		60
H1	0,22 a	0,31 a	0,27 a	0,22 a	0,18 b	0,14 bc	29,47 b
H2	0,21 a	0,28 a	0,25 a	0,22 a	0,18 b	0,13 c	25,85 b
H3	0,26 a	0,28 a	0,31 a	0,27 a	0,23 ab	0,19 a	94,91 a
H4	0,25 a	0,26 a	0,29 a	0,27 a	0,25 a	0,18 ab	82,29 a
P-valor	0,1281	0,5005	0,1388	0,1223	0,0093	0,0013	0,00
Teste F	2,13 ns	0,815 ns	2,05 ns	2,18 ns	5,03 *	6,25 *	28,60 *
CV (%)	16,41	22,40	17,15	18,62	18,91	17,53	28,04

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Não significativo (ns) e significativo (*) pelo teste F. H1: esterco bovino 100%, H2: esterco bovino 75% + casca de amendoim 25%, H3: esterco bovino 75% + borra de café 25%, e H4: esterco bovino 50% + borra de café 25% + casca de amendoim 25%. P-valor: p-valor associado à ANOVA, Teste F: valor do F calculado, CV: coeficiente de variação.

Com relação à produção média de casulos, o tratamento H3 foi superior ao H1, mas igual ao H4 e H2 (Figura 1). A ocorrência de um elevado coeficiente de variação (83%) contribuiu para que não houvesse uma melhor discriminação entre os tratamentos, embora se perceba uma tendência de maior produção de casulos na presença da borra de café.

Pelos resultados obtidos não foi possível verificar o efeito da adição da casca de amendoim sobre a reprodução das minhocas. Adi e Noor (2009) verificaram que a mistura de 70% de borra de café com 30% de esterco bovino proporcionou maior biomassa e reprodução de minhocas *Lumbricus rubellus* em comparação com misturas de resíduos domiciliares e esterco bovino (70:30) e de resíduos domiciliares, borra de café e esterco bovino (35:35:30) e justificaram os resultados positivos às condições físicas favoráveis proporcionadas pela mistura. No entanto, Steffen *et al.* (2010) mostraram que a adição de 25 e 50% de casca de arroz bruta ou casca de arroz carbonizada ao esterco bovino não afetou a produção de casulos, embora, em comparação ao esterco sem casca, o índice de multiplicação (N° final de minhocas/N° inicial de minhocas) tenha sido maior nas misturas com a

casca bruta e menor com a casca carbonizada.

Os resultados contraditórios podem ser explicados a partir do entendimento que o tipo e a proporção de materiais estruturantes utilizados podem influenciar a biologia das minhocas, bem como a taxa de mineralização do resíduo orgânico, além de minimizar a concentração de gases tóxicos gerados no próprio processo de degradação (Suthar, 2009). É possível inferir que a proporção de casca de amendoim utilizada ou sua própria capacidade estruturante não tenham sido suficientes para produzir efeitos significativos.

Quanto às propriedades microbiológicas do húmus de minhoca, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos e entre o início e final do experimento, tanto para unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias quanto de fungos. No início do experimento, houve diferença entre os tratamentos, sendo H4 superior aos demais e H1 inferior a todos (Tabela II).

Comparando os tratamentos H1 com H2 e H3 com H4 no início do experimento, percebe-se que a presença da casca de amendoim proporcionou um incremento nas UFC de bactérias. Da mesma forma, a adição de borra de café aos tratamentos H3 e H4 resultou em

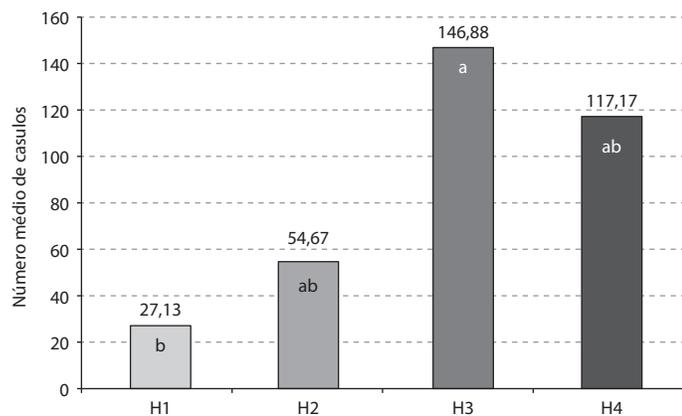


Figura 1. Número médio de casulos nos amostradores, produzidos ao longo do experimento por minhocas *Eisenia andrei*. Médias seguidas de letras iguais sobre as colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). H1: esterco bovino 100%, H2: esterco bovino 75% + casca de amendoim 25%, H3: esterco bovino 75% + borra de café 25%, e H4: esterco bovino 50% + borra de café 25% + casca de amendoim 25%.

TABELA II
UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS (UFC)
DE BACTÉRIAS E FUNGOS NO INÍCIO E FINAL
DA PRODUÇÃO DE HÚMUS DE MINHOCAS
Eisenia Andrei. PELOTAS, RS, BRASIL. ABRIL 2012

Tratamento	Bactéria inicial	Bactéria final	Fungo inicial	Fungo final
	(×10 ⁷ UFC/g)		(×10 ³ UFC/g)	
H1	1,62 Db	2,52 Ca	12,17 Ba	3,70 Bb
H2	13,83 Ca	5,52 Ab	75,00 Aa	28,20 Bb
H3	30,00 Ba	3,70 Bb	6,67 Bb	26,70 Ba
H4	56,00 Aa	5,12 Ab	21,50 Bb	213,30 Aa
P-valor	0,00	0,00	0,00	0,00
Teste F	385,78 *	50,91 *	31,10 *	209,86 *
CV (%)	11,56	11,19	47,80	24,27

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O coeficiente de variação (CV) refere-se apenas aos dados das colunas. Significativo (*) pelo teste F ($p < 0,05$). H1: esterco bovino 100%, H2: esterco bovino 75% + casca de amendoim 25%, H3: esterco bovino 75% + borra de café 25%, e H4: esterco bovino 50% + borra de café 25% + casca de amendoim 25%. P-valor: p-valor associado à ANOVA, Teste F: valor do F calculado, CV: coeficiente de variação.

valores mais elevados em comparação à H1 e H2, sem a borra. Percebe-se também que a combinação entre a casca de amendoim e a borra de café em H4, potencializou as UFC de bactérias. Esse fato pode ser justificado pelas alterações físicas e químicas proporcionadas pelo material estruturante (Xing *et al.*, 2014).

Ao final do experimento, houve redução de UFC de bactérias em todos os tratamentos, exceto em H1, onde ocorreu elevação. Os tratamentos H2 e H4, com presença da casca de amendoim, não diferiram entre si, mas foram superiores aos demais. Lazcano *et al.* (2008) também registraram decréscimo nas taxas populacionais de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, actinobactérias e protozoários, em húmus de minhoca proveniente de esterco bovino. A presença de minhocas pode reduzir a biomassa microbiana diretamente, alimentando-se de bactérias e fungos, ou indiretamente, acelerando o esgotamento dos recursos disponíveis para os microrganismos (Aira e Domínguez, 2009).

O maior número de UFC fúngicas no início do experimento foi verificada em H2, sendo superior aos demais tratamentos, que, por sua vez, não diferiram entre si.

Contudo, manteve-se a tendência de maiores valores de UFC na presença da casca de amendoim em comparação os tratamentos sem esse resíduo. Já a borra de café, ao contrário do verificado para bactérias, não produziu efeito na fase inicial sobre as comunidades de fungos.

Houve diferença estatística em todos os tratamentos entre o início e o final do experimento. As UFC de fungos foram reduzidas em H1 e H2, enquanto em H3 e H4 foram aumentadas. A redução da população de fungos pode ter sido provocada por efeito direto da ação das minhocas sobre os organismos e/ou sobre o alimento (Aira *et al.*, 2006). Já a elevação de UFC nos tratamentos H3 e H4 pode estar associada à presença da borra de café, que modificou a dinâmica de degradação do C e N, favorecendo a multiplicação dos fungos no húmus quando analisado aos 60 dias. Aira e Domínguez (2009) verificaram comportamentos opostos quanto à biomassa microbiana na produção de húmus de minhoca a partir de esterco bovino e de esterco suíno, sugerindo que outros fatores possam estar envolvidos no processo.

O pH inicial foi favorável às bactérias e desfavorável aos fungos, pois encontravam-se

alcalinos. Grande parte das bactérias tem seu desenvolvimento ótimo em meio alcalino, tendendo a neutralidade (6,8-7,5), enquanto que fungos preferem meios levemente ácidos, \square 6,0 (Tortora *et al.*, 2005). Ao final, com a acidificação do meio, as colônias de bactérias foram reduzidas e as de fungos os tratamentos H3 e H4 elevadas. A redução nas colônias de fungos em H1 e H2 pode estar associada a outros fatores, como a própria disponibilidade nutricional do meio.

As propriedades químicas do húmus produzidos nos quatro tratamentos podem ser visualizadas na Tabela III. Os teores de C e N dos alimentos ofertados às minhocas apresentaram tendência de redução em relação ao húmus obtido ao final dos 60 dias. Parte dessa redução deve-se aos processos naturais de respiração e volatilização e outra à própria atividade das minhocas. As minhocas epigêicas como *E. andrei*, possuem habilidades enzimáticas que também as permitem aproveitar fontes lábeis de carbono e nitrogênio (Aira *et al.*, 2006).

A relação C/N tendeu a se estabilizar em 8:1 em todos os tratamentos, o que pode ser considerado dentro do esperado. Adi e Noor (2009) encontraram relação C/N de 7,4:1 em húmus à base de esterco bovino e borra de café. Já Suszek *et al.* (2007), verificaram

valores entre 7:1 e 11:1 em húmus à base de esterco bovino e restos vegetais.

A condutividade elétrica apresentou elevação em todos os tratamentos ao final do experimento, indicando a mineralização dos compostos orgânicos ao longo do processo. Quanto ao pH, os tratamentos tenderam a ficar com valores entre 6 e 7, havendo redução em relação aos valores iniciais. Em processos de compostagem, o pH é regulado por processos de amonificação e acúmulo de ácidos orgânicos (Liu e Price, 2011). Comportamento semelhante ao verificado nesse experimento foi reportado por Raphael e Velmourougane (2011).

Conclusões

A borra de café proporciona maior biomassa total de minhocas e indica uma tendência de aumento na produção de casulos, enquanto o uso de casca de amendoim na proporção avaliada não influencia a biomassa total nem a reprodução das minhocas *Eisenia andrei*. As unidades formadoras de colônias de bactérias e fungos, no estágio inicial e final da transformação dos resíduos, são alteradas pela adição de borra de café e casca de amendoim ao esterco bovino. A ação das minhocas e microrganismos sobre os resíduos orgânicos avaliados provoca uma

tendência de redução no valor de carbono, nitrogênio e pH e de elevação da condutividade elétrica no húmus produzido.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro e à Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, que possibilitou a estrutura para que as atividades fossem desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

Adi AJ, Noor ZM (2009) Waste recycling: utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresour. Technol.* 100: 1027-1030.

Aira M, Monroy F, Domínguez J (2006) Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). *Biol. Fertil. Soils* 42: 371-376.

Aira M, Domínguez J (2009) Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). *J Hazard Mater.* 161: 1234-1238.

Cardozo YJ, Buhler WG (2012) Soil organic amendment impacts on corn resistance to *Helicoverpa zea*: constitutive or induced? *Pedobiologia* 55: 343-347.

Domínguez J, Edwards CA, Webster M (2000) Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia* 44: 24-32.

Domínguez J, Edwards CA (2010) Relationships between composting and vermicomposting. Em Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL (Eds.) *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management*. CRC Press. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 1-14.

Dubey RC, Maheshwari DK (2002) *Practical Microbiology*. 2nd. Chand. Nova Delhi, India. 352 pp.

Fernández-Gómez MJ, Díaz-Raviña M, Romero E, Nogales R (2013) Recycling of environmentally problematic plant wastes generated from greenhouse tomato crops through vermicomposting. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10: 697-708.

Flores P (2014) Organic agriculture in Latin America and the Caribbean. Em Willer H,

Lernoud J (Eds.) *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends*. FiBL-IFOAM. Bonn, Alemanha. pp. 221-230.

Garg VK, Chand S, Chhillar A, Yadav A (2005) Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 3: 51-59.

Gupta R, Garg VK (2009) Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia foetida*. *J. Hazard. Mater.* 162: 430-439.

Kado EI, Heskett MG (1970) Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. *Phytopathology* 60: 969-976.

Lazcano C, Gómez-Brandón M, Domínguez J (2008) Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72: 1013-1019.

Lim SL, Wu TY, Lim PN, Shak KPY (2014) The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.* doi: 10.1002/jsfa.6849.

Liu K, Price GW (2011) Evaluation of three composting systems for the management of spent coffee grounds. *Bioresour. Technol.* 102: 7966-7974.

Mussatto SI, Carneiro LM, Silva, JPA, Roberto IC, Teixeira JA (2011) A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydr. Polym.* 83: 368-374.

Nasiru A, Ismail N, Ibrahim MH (2013) Vermicomposting: tool for sustainable ruminant manure management. *J. Waste Manag.* 2013: 1-7.

Pathma J, Sakthivel N (2012) Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *Springerplus*. 1: 26.

Raphael K, Velmourougane K (2011) Chemical and microbiological changes during vermicomposting of coffee pulp using exotic (*Eudrilus eugeniae*) and native earthworm (*Perionyx ceylanesis*) species. *Biodegradation* 22: 497-507.

Rodrigues RF, de Lacerda PM, de Araújo FG, Malafaia G, Rodrigues ASL (2012) Densidade populacional de *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) em processo de vermicompostagem de substratos a base de borra de café e de esterco bovino. *Enciclop. Biosf.* 8: 294-301.

Roy S, Arunachalam K, Dutta BK, Arunachalam A (2010) Effect of

TABELA III
VARIÁVEIS QUÍMICAS DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS E DOS TRATAMENTOS AVALIADOS NO INÍCIO (I) E NO FINAL (F) DO EXPERIMENTO. PELOTAS, RS, BRASIL. ABRIL 2012

Resíduos/Tratamentos		C (%)	N (%)	C/N	CE (mS cm ⁻¹)	pH
Borra de café	I	34,29	4,19	8:1	0,675	5,6
Casca de amendoim	I	30,30	2,09	14:1	-	7,0
H1	I	24,03	3,99	6:1	2,848	7,6
	F	16,00	2,20	7:1	4,560	6,6
H2	I	27,74	3,71	8:1	2,961	7,6
	F	17,33	2,11	8:1	4,893	6,3
H3	I	37,33	3,37	11:1	1,493	7,8
	F	19,67	2,22	8:1	2,970	7,0
H4	I	41,65	3,00	14:1	1,184	7,8
	F	22,33	2,55	8:1	3,057	6,5

H1: esterco bovino 100%, H2: esterco bovino 75% + casca de amendoim 25%, H3: esterco bovino 75% + borra de café 25%, e H4: esterco bovino 50% + borra de café 25% + casca de amendoim 25%. C/N: relação carbono/nitrogênio, CE: condutividade elétrica.

- organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Appl. Soil Ecol.* 45: 78-84.
- Schiedeck G, Schiavon GA, Mayer FA, Lima ACR (2009) Percepção de agricultores sobre o papel das minhocas nos agroecossistemas. *Rev. Bras. Agroecol.* 4: 856-859.
- Seenappa SN (2011) Transformation of wet garbage of indian urbanites at household level. *Univ. J. Environ. Res. Technol.* 1: 169-175.
- Singh R, Gupta RK, Patil RT, Sharma RR, Asrey R, Kumar A, Jangra KK (2010) Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Sci. Hort.* 124: 34-39.
- Steffen GPK, Antonioli ZI, Steffen RB, Machado RG (2010) Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. *Acta Zool. Mex.* 26: 333-343.
- Suszek M, Sampaio SC, Suszek FL, Mallmann LS, Silvestro MG (2007) Aspectos físicos e químicos de vermicompostos produzidos a partir de esterco bovino e compostos de resíduos verdes urbanos. *Eng. Agric.* 15: 39-44.
- Suthar S (2009) Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecol. Eng.* 35: 914-920.
- Suthar S (2012) Earthworm production in cattle dung vermicomposting system under different stocking density loads. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 19: 748-55.
- Tortora GJ, Funke BR, Case CL (2005) *Microbiologia*. 8th ed. Artes Médicas Sul. Porto Alegre, Brasil. 920 pp.
- Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian J-F, Ferrer A, Peigné J (2013) Agroecological practices for sustainable agriculture: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 34: 1-20.
- Yan YW, Azwady AAN, Shamsuddin ZH, Muskhazli M, Aziz SA, Teng SK (2013) Comparison of plant nutrient contents in vermicompost from selected plant residues. *Afr. J. Biotechnol.* 12: 2207-2214.
- Xing M, Lv B, Zhao C, Yang J (2014) Towards understanding the effects of additives on the vermicomposting of sewage sludge. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 10: 1-10.