

DESENVOLVIMENTO DE *EISENIA ANDREI* E QUALIDADE DE VERMICOMPOSTO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUO RUMINAL EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTOS E NÍVEIS DE ENZIMAS CATALIZADORAS

Development of Eisenia andrei and quality of vermicompost obtained from rumen residue at different storage times and catalyst processing enzymes

Daniel Carlos Machado
daniel.eng.amb.sanitario@gmail.com

Alexsander Seleguini
alexsander.seleguini@uftm.edu.br

Vânia Maria Arantes
vania.arantes@uftm.edu.br

Aline de Oliveira Matoso
matosoagronomia@gmail.com

Mauro Ferreira Machado
mauro.machado@uftm.edu.br

Resumo: O conteúdo de resíduo ruminal, proveniente de frigoríficos são gerados em altos volumes, e se descartados de forma inadequada, causa danos ambientais. Assim a reciclagem desse resíduo por processo de vermicompostagem, pode ser uma alternativa de baixo custo, para destinar de forma correta esses resíduos. Este estudo teve como objetivo verificar a eficácia da vermicompostagem em resíduo com diferentes tempos de cura com ou sem a adição de Bokashi, como agente inoculante. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2 (tempo de cura x inoculação), com quatro repetições. Foram testados resíduo ruminal fresco (3 meses após coleta), intermediário (6 meses após coleta) e maduro (12 meses após coleta) combinados com a adição ou não de Bokashi como agente inoculante. Foram avaliados a aceitação dos tratamentos pelas minhocas da espécie *Eisenia andrei*, bem como a eficiência do processo de vermicompostagem. O conteúdo de resíduo ruminal intermediário favoreceu a melhor adaptação das minhocas, apresentando menor taxa de mortalidade e/ou fuga e maior ganho de peso no teste de aceitação. O conteúdo de resíduo ruminal maduro favoreceu o nascimento de minhocas juvenis e proporcionou maiores volumes de vermicomposto comercializável e houve um aumento considerável de macro e micronutrientes.

Palavras-chave: Minhocultura, composto orgânico, inoculante, adubação orgânica.

Abstract: The content of ruminal residue from refrigerators is generated in high volumes,

and if disposed of improperly, causes environmental damage. Thus, the recycling of this waste by vermicomposting process can be a low cost alternative, to correctly allocate these residues. This study aimed to verify the efficacy of vermicomposting in residue with different curing times with or without the addition of Bokashi as an inoculating agent. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 3x2 factorial scheme (curing time x inoculation), with four replications. Fresh (3 months after collection), intermediate (6 months after collection) and mature (12 months after collection) residues combined with the addition or not of Bokashi as an inoculating agent were tested. The acceptance of the treatments by the earthworms of the species *Eisenia andrei*, as well as the efficiency of the vermicomposting process, were evaluated. The intermediate ruminal residue content favored better adaptation of earthworms, presenting lower mortality and/or leakage rate and greater weight gain in the acceptance test. The content of mature ruminal residue favored the birth of juvenile earthworms and provided higher volumes of marketable vermicompost and there was a considerable increase in macro and micronutrients.

Keywords: Earthworm farming, organic compost, inoculant, organic fertilization.

1 Introdução

Os frigoríficos geram os mais variados resíduos, como vísceras de animais abatidos, fragmentos cárneos, sangue, conteúdo estomacal/intestinal, pelos, ossos, penas, gorduras e águas residuais. Do ponto de vista econômico e ambiental, muitos destes produtos residuais podem ser transformados em subprodutos ou reciclados para produção de energia (Costa et al., 2017).

Entre os resíduos gerados nos frigoríficos bovinos, o manejo especial deve ser dado ao conteúdo estomacal, denominado de resíduo ruminal, devido à elevada umidade do material e a dificuldade de destino do mesmo (Rosa, 2009). Para cada animal abatido são gerados aproximadamente 25 kg deste resíduo, que consiste em alimentos parcialmente digeridos, não sendo caracterizado nem como capim/forragem/ração nem como esterco (Ferreira, 1997). Trata-se, portanto, de um material mais oxigenado que é favorável ao desenvolvimento de minhocas (Bassaco et al., 2015).

É iminente e necessário, uma orientação para a devida destinação ambientalmente correta, visto que a cada dia que passa os impactos ambientais causados pela disposição inadequada,

só se agrava. Como forma de se evitar os descartes inadequados, a Lei Federal nº 9.605/1998, determina sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades ilegais ao meio ambiente, incluindo a destinação inadequada de resíduos (Brasil, 1998).

Com essa obrigação dos geradores fornecerem uma destinação adequada, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, no seu artigo 3º, capítulo II, inciso VII, definiu algumas formas de destinação final ambientalmente adequada, entre elas: a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando-se as normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde, à segurança e na minimização dos impactos ambientais adversos (Brasil, 2010).

O resíduo de conteúdo ruminal é rico em nutrientes, pode ser utilizado no solo, como uma forma de melhorar sua fertilidade, contudo esse resíduo, se não analisado e tratado, pode contaminar o meio ambiente, por conter microrganismos patogênicos, além de alterar alguns fatores constituintes do solo, uma vez que o pH deste resíduo é ácido (Nasiru et al., 2013). Por outro lado, quando manejados adequadamente, como em processos de compostagem e/ou vermicompostagem, podem ser utilizados na produção agrícola, incrementando a demanda nutricional das culturas, além de promover o uso sustentável dos resíduos do abate de bovinos (Bassaco et al., 2015).

Como podemos ver o resíduo ruminal é rico em nutrientes, e pode reduzir a dependência externa de fertilizantes, uma vez que, de acordo com o Conab (2021), os primeiros cinco meses de 2021, apresentaram o maior volume importado de fertilizantes pelo Brasil da série histórica desde 2011, com movimentação de mais de 13 milhões de toneladas. Ainda Almeida e Volotão (2020), ressaltam que mais de 80% dos fertilizantes consumidos no Brasil são de origem estrangeira.

Como podemos ver o Brasil possui uma grande dependência externa de fertilizante, e agora com a guerra entre a Rússia e Ucrânia, o Brasil fica em uma situação delicada, uma vez que em 2021, foi importado da Rússia, 41,6 milhões de toneladas de fertilizantes (Siqueira, 2022).

Portanto o uso da vermicompostagem, além de ser importante para dar uma destinação final adequada para os resíduos ruminais, pode reduzir a utilização de fertilizantes minerais por ser um resíduo rico em nutrientes, estimulando assim a reciclagem de N e P presentes neste resíduo, por causa do crescente valor monetário de adubos nitrogenados e fosfatados (Anjos et al., 2015).

As minhocas utilizadas no processo de vermicompostagem, foi a *Eisenia andrei*, porque segundo (Anjos et al., 2015), esta espécie tem ampla distribuição em todo o mundo, colonizando espontaneamente muitos resíduos orgânicos, além de terem grande faixa de tolerância para a temperatura e poderem viver em resíduos orgânicos com diferentes níveis de umidade.

Assim, este estudo teve como objetivo, sugerir um tratamento simples e de baixo custo, para tratar esses resíduos de conteúdo ruminal, que é o processo de vermicompostagem e verificar a sua eficácia, apresentando uma alternativa para destinar adequadamente esses resíduos frigoríficos, reinserindo-os na cadeia produtiva conforme a qualidade do vermicomposto.

2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEEPE (19°43'41.2"latitude sul e 50°13'59.9"longitude oeste) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), localizada no município de Iturama-MG. Segundo classificação de Köppen, Iturama apresenta clima Aw, sendo quente e semi úmido, com estação chuvosa, na primavera verão e seca no outono inverno e precipitação média anual de 1.576 mm (Alvares et al., 2013).

O resíduo de conteúdo ruminal bovino foi obtido em frigorífico comercial, situado também no município de Iturama/MG e foram utilizadas minhocas da espécie *Eisenia andrei*, doadas pelo Setor de Minhocultura da UFTM.

Foram estudados perante delineamento em blocos casualizados a aceitação pelas minho-

cas, o processo de vermicompostagem e qualidade do produto final (húmus) em função de três tempos de armazenamento do resíduo ruminal (novo, intermediário e maduro), com ou sem inoculante Bokashi.

Os resíduos utilizados estavam armazenados ao ar livre em pilhas contendo aproximadamente 7m³, de resíduo, confeccionadas pelo próprio caminhão basculante, sendo que a pilha denominada de resíduo maduro estava armazenada por cerca de 12 meses, as intermediárias por 6 meses e as novas por 3 meses. Antes de iniciar o processo de vermicompostagem, amostras destes resíduos foram encaminhadas a um laboratório para determinação de alguns parâmetros físico químicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Análises químicas dos diferentes resíduos dos três períodos de maturação utilizados no experimento.

Parâmetro	Unidade	Resíduo ruminal		
		Novo	Intermediário	Maduro
Umidade	(%)	80,06	17,29	46,04
M.O.T.	$mg \cdot kg^{-1}$	86,80	84,60	85,50
M.O.C.	$mg \cdot kg^{-1}$	66,10	65,47	48,90
M.O.R.	$mg \cdot kg^{-1}$	20,70	19,13	36,90
C.T.	$mg \cdot kg^{-1}$	48,22	47,00	47,50
N Total	$mg \cdot kg^{-1}$	2,58	3,01	2,94
C/N	-	19/1	16/1	16/1
P	(%)	1,57	2,46	2,37
K	$mg \cdot kg^{-1}$	1,99	1,98	1,99
Ca	$mg \cdot kg^{-1}$	4,70	5,50	5,40
Mg	$mg \cdot kg^{-1}$	0,90	1,10	1,10
S	$mg \cdot kg^{-1}$	0,95	1,00	1,00
Cu	$mg \cdot kg^{-1}$	12,00	27,00	20,00
Zn	$mg \cdot kg^{-1}$	112,00	176,00	148,00

M.O.T. (matéria orgânica total), M.O.C. (matéria orgânica compostável), M.O.R. (matéria orgânica resis-

tente a compostagem), C.T. (carbono total), C/N (relação entre o carbono nitrogênio

Fonte: Autores

Como aditivo microbiológico, na concentração de 1/200 (v:v), foi utilizado o Bokashi AMTEC(R), fertilizante orgânico líquido, resultante de um método de compostagem baseado na adição de uma solução líquida de microrganismos efetivos, que são bactérias anaeróbicas e fermentos do ácido láctico (Souza e Resende, 2003). De acordo com Carvalho e Rodrigues (2007), a composição deste inoculante é constituída de material vegetal (bagaço de cana – 50%; caroço de açaí triturado – 30%; palha de café ou arroz – 15% e farelo de arroz – 5%) e solução de microrganismos (98% de água; 1% de EM-4 (microrganismos eficazes) e 1% de melaço ou açúcar cristal).

Antes de iniciar o processo de vermicompostagem, foi realizado o teste de aceitação do alimento pelas minhocas, uma vez que foi usado o resíduo de conteúdo ruminal em três tempos de armazenamento, e os esterco variam muito em sua composição, podendo ter maior concentração de alguns nutrientes, serem ácidos ou alcalinos e ainda possuir alguma substância tóxica, portanto sempre que houver dúvida quanto à qualidade ou às condições do alimento, deve ser realizado o teste. Segundo Schiedeck et al. (2010), o teste de aceitação deve ser realizado antes da implantação experimental para as minhocas indicarem o material com maior adaptabilidade.

O teste foi conduzido entre os dias 20 e 23 de agosto de 2021, no laboratório Multiusuário de Pesquisa da UFTM, campus Iturama-MG. As minhocas da espécie *Eisenia andrei* foram colocadas em amostras de cerca de 800 g dos resíduos ruminais, previamente inoculados ou não com o Bokashi. O teste foi conduzido em embalagens plásticas brancas de 2,5 dm³ (0,182 m x 0,140 m x 0,11 m, respectivamente, comprimento, largura e altura).

Antes da inoculação das minhocas nos substratos, elas foram higienizadas em água corrente, para retirar sujidades, secas em papel toalha, padronizadas e pesadas em balança digital. Foram inoculadas dez minhocas adultas, cliteladas por recipiente, o clitelo é uma glândula externa que produz uma cápsula para os ovos das minhocas (Anjos et al., 2015).

Foi utilizada uma tela de sombreamento de 50% em cada recipiente para evitar a entrada de insetos e manter o ambiente mais escuro. Cada recipiente foi colocado individualmente em uma bandeja contendo uma lâmina de água de 30 a 40 mm, para evitar e verificar a fuga das minhocas destes recipientes.

Após 24 horas, retirar a cobertura de pano e depois realizar a contagem, se todas as minhocas tiverem permanecido no alimento, é sinal de que o material tem condições de ser usado na alimentação delas (Schiedeck et al., 2014). Neste experimento, a verificação se houve tentativa de fuga das minhocas ocorreu depois de 72 horas, e realizou-se a contagem e pesagem das minhocas, para verificar se houve mortalidade ou fuga, ganho ou perda de peso nesse período. A contagem das minhocas foi realizada manualmente, a pesagem utilizou-se de uma balança digital com acurácia de 0,0001g.

2.2 Vermicompostagem do resíduo de conteúdo ruminal

O acompanhamento do processo de vermicompostagem e produção do produto final em função dos tratamentos foram realizados de setembro a novembro 2021, em vasos plásticos, dispostos em blocos casualizados em um galpão de alvenaria, coberto com telhas de barro, piso de concreto liso e laterais abertas na posição leste-oeste.

Os vasos utilizados tinham capacidade de 20 litros e apresentavam formato de tronco de cone com dimensões de 0,34 x 0,21 x 0,32 m, respectivamente, diâmetro maior, diâmetro menor e altura. Os vasos foram preenchidos com os resíduos previamente umedecidos à capacidade, de campo, até uma altura de 0,20 m, antes da adição dos M.E e inoculação das minhocas.

Previamente à inoculação no resíduo, as minhocas foram higienizadas em água corrente, secas e pesadas, foram inoculadas 50 minhocas em cada vaso, (Aquino, 2009). Realizou-se semanalmente no período da manhã, o monitoramento da temperatura e do pH dos resíduos de cada tratamento, utilizando uma sonda peagâmetro (PHD-3000(R)) e termômetro digital (Happy Sheep(R)). A cada sete dias as amostras eram umedecidas, a fim de manter a umidade

entre 80% e 85% como recomendado por Schiedeck et al. (2014).

Para evitar predadores e manter o ambiente mais escuro, foi colocado sobre o resíduo sombreado com malha de 50% de sombreamento, conforme indicação de Schiedeck et al. (2014), onde afirmam que a movimentação das minhocas é influenciada por células sensíveis à luz, as quais se localizam na pele. Assim os espécimes evitam a luz direta e buscam refúgio em ambientes sombreados e mais úmidos.

O tempo necessário para que o vermicomposto fique pronto, varia conforme a composição original dos resíduos, quando o vermicomposto estiver pronto, normalmente sua aparência é de pó de café, observa-se também que as minhocas ficam mais lentas, uma vez que não dispõem mais de alimentos (Aquino, 2009).

Depois de 50 dias do início do processo, realizou a separação das minhocas do vermicomposto, utilizando-se uma peneira de malha 25 mm, além da catação manual. Durante o peneiramento, as minhocas e o material de descarte ficaram retidos na peneira e o vermicomposto passou pela malha da peneira (Anjos et al., 2015).

A separação e contagem das minhocas foram realizadas de forma manual. Para higienização e pesagem, realizou-se o mesmo procedimento do início do teste. Para identificação de indivíduos juvenis, utilizou-se o critério ausência de clitelo (Morselli, 2009), que é uma glândula externa que produz uma cápsula para os ovos Anjos et al. (2015).

2.3 Análise química do vermicomposto

Amostras de aproximadamente 200 gramas do vermicomposto, foram enviadas a um laboratório comercial para determinação das seguintes variáveis físico-químicas: umidade (%) e resíduos (métodos gravimétricos); nitrogênio total (macro método da liga de Raney); carbono orgânico (C) - (método volumétrico do dicromato de potássio); relação C/N (C total e N total); fósforo total (P) - (método Gravimétrico do Quimociac); cálcio total (Ca) e magnésio total (Mg) - (método volumétrico do EDTA); cobre total (Cu); zinco total (Zn); potássio total (K) - (método volumétrico do tetrafenilborato de sódio "TFBS"), preconizados pelo

Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (Brasil, 2017).

Os dados obtidos após planilhados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 Resultados e Discussão

No teste de aceitação, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos fatores isolados e nem da interação (estágio de maturação de conteúdo ruminal x adição de microrganismos eficientes-M.E) sobre a massa média inicial das minhocas, evidenciando-se a eficiência da padronização dos tamanhos das minhocas. Já a massa final e consequentemente o ganho de massa foi influenciado pela interação entre os dois fatores estudados ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Massa média de minhocas *Eisenia andrei* antes e depois do teste de aceitação em função da maturação do conteúdo ruminal e da adição de inoculante Bokashi.

Inoculação com Bokashi	Resíduo ruminal		
	Novo	Intermediário	Maduro
Massa média por minhoca antes do teste de aceitação			
	$g \text{ minhoca}^{-1}$		
Sem	1,84 aA	1,99 aA	1,78 aA
Com	1,90 aA	1,79 aA	1,71 aA
C.V (%)	6,42		
Massa média por minhoca depois do teste de aceitação			
Sem	2,20 aA	2,29 aA	1,52bA
Com	2,35 aA	2,04 bA	1,49cA
C.V (%)		6,79	

M.O.T. (matéria orgânica total), M.O.C. (matéria orgânica compostável), M.O.R. (matéria orgânica resistente a compostagem), C.T. (carbono total), C/N (relação entre o carbono nitrogênio

Fonte: Autores

Observou-se de maneira geral ganhos de massa das minhocas em todos os tratamentos exceto nos resíduos maduros onde as minhocas perderam aproximadamente 13,5% da massa corporal (Tabela 2). Em 72 horas de teste de aceitação, minhocas mantidas em resíduo novo e intermediário ganharam respectivamente 21,6% e 14,5% de massa corporal. O menor desempenho das minhocas no resíduo ruminal maduro pode estar relacionado ao seu baixo teor de matéria orgânica compostável e/ou alto teor de matéria orgânica resistente a compostagem, 48,60% e 36,90%, respectivamente, que foram bem distintas quando comparados ao resíduo intermediário (65,47% e 19,13%) e novo (66,10% e 20,70%). Segundo Kiehl (2012) a matéria orgânica compostável, é aquela considerada de fácil degradação que pode representar a eficiência do processo. E a porção da matéria orgânica total é composta por sólidos totais voláteis. Os sólidos totais fixos a outra parcela dos sólidos totais, representa a matéria orgânica resistente à decomposição biológica.

A adição de microrganismos eficientes não interferiu na aceitação dos resíduos ruminais pelas minhocas, exceto para o resíduo intermediário, que embora tenham apresentados ganhos estes foram mais limitados quando comparado o resíduo com adição ou sem adição de M.E (Tabela 2).

Foi possível observar que durante o processo de vermicompostagem, a temperatura da biomassa ficou estável, entre (16°C e 20°C); independentemente dos tratamentos. Esta estabilidade da temperatura sugere que os resíduos já estavam bioestabilizados. A utilização de matéria orgânica bioestabilizada na vermicompostagem é importante para a não elevação da temperatura que pode afugentar ou matar as minhocas (ABNT, 1987). Segundo Anjos et al. (2015) a temperatura ideal no processo de vermicompostagem situa-se em torno de 25°C, entretanto, as minhocas podem suportar até 30°C.

Quanto ao monitoramento do pH, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos estudados. O valor mínimo e máximo registrados foram respectivamente 5,88 e 6,75 com média geral de 6,59, independentemente de tratamentos e datas de avaliação. De acordo com Domínguez e Edwards (2010), as minhocas são tolerantes a uma faixa de pH

entre 5 a 9, mas elas possuem uma preferência de pH próximo a 5. Schiedeck et al. (2014) sugerem pH entre 6,8 e 7,1, como ideais para a ocorrência da vermicompostagem.

No desmonte do experimento, ao final do processo de vermicompostagem, verificou-se menor taxa de mortalidade e/ou fugas de minhocas no resíduo intermediário, 15,25, enquanto no maduro e novo, estas taxas alcançaram aproximadamente 70 (Tabela 3). Estes resultados podem sugerir uma melhor aceitação das minhocas pelo resíduo ruminal intermediário em detrimento ao maduro ou novo. No que tange ao maduro o baixo percentual de matéria orgânica compostável e o alto percentual de matéria orgânica resistente a compostagem (Tabela 1), possam explicar os resultados. Com relação ao resíduo considerado novo, o alto teor de umidade inicial (Tabela 1) pode justificar a alta taxa de fuga e/ou mortes, uma vez que locais com umidade elevada, as minhocas não toleram lugares encharcados, pois respiram pela pele, pois a tendência é onde há um acúmulo de água, as minhocas podem sair do lugar onde estão em busca de outros mais seco (Schiedeck, 2014).

Tabela 3 – Número de juvenis e relação entre o volume de descarte e o número de minhocas em função da idade do conteúdo ruminal com e sem Bokashi.

Inoculação com Bokashi	Resíduo ruminal		
	Novo	Intermediário	Maduro
Número de juvenis			
	n°		
Sem	3,25 aB	3,81 aB	14,56 aA
Com	5,56 aA	2,50 aA	4,56 bA
C.V (%)	6,42		
Volume descartado/n° minhocas			
	dm ³ /n°		
Sem	523,39 aA	100,3 aB	139,51 aB
Com	218,15 bA	210,19 aA	226,49 aA

C.V (%)

6,79

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F a 5% de probabilidade, respectivamente. C. V: Coeficiente de Variação

Fonte: Autores

Com relação à eficiência de conversão de resíduo em vermicomposto comercial, verificou-se efeitos significativos para o tempo de maturação dos resíduos ($p < 0,05$) e efeitos não significativos para adição de M.E ($p > 0,05$) (Tabela 3). A vermicompostagem com o conteúdo ruminal maduro (T1), foi a que apresentou maior volume final, 4,375 dm³, 40% maior que o resíduo novo (2.662,5 dm³) e 22% maior que o intermediário (3412,5 dm³), embora não tenham se diferenciado significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Essa superioridade do resíduo maduro pode ser explicada pelo alto grau de degradação inicial que sofreu o resíduo ao longo de mais de 12 meses de maturação e bioestabilização. Visualmente a aparência física do resíduo mais maduro, com menores tamanhos de partículas e de coloração mais escura indicavam esse maior grau de deterioração (Figura 1), aliado ao odor característico de produto estabilizado.

Quanto à relação produção vermicomposto / número remanescentes de minhocas no vaso, verificou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resíduos e entre a adição ou não de M.E ($p < 0,05$) (Tabela 3). Referente aos resíduos, maior eficiência na produção por minhoca, foi verificado utilizando-se resíduo novo e maduro e a menor eficiência na produção de vermicomposto, a partir do resíduo ruminal intermediário. Essa baixa produção relativa provavelmente está relacionada com a maior quantidade de minhocas adultas remanescentes ao final do processo, uma vez que esse resíduo também apresentou uma menor quantidade de minhocas juvenis, ao final do experimento (Tabela 3).

Na quantidade de minhocas juvenis (Tabela 3), observou-se uma diferença significativa ($P < 0,05$), entre o resíduo maduro, sem e com inoculante, com médias respectivamente de 14,56 e 4,56, possivelmente decorrentes do forte odor ou outro fator adverso causado pela presença do inoculante, que possa ter inibido a reprodução das minhocas.

Em relação à adição de M.E evidenciou uma diferença significativa ($p < 0,05$), onde a não inoculação proporcionou maior produção de vermicomposto em relação ao número de minhocas, com uma diferença de pouco mais 0,105 dm³, em relação aos resíduos inoculados (Tabela 4).

Tabela 4 – Taxa de mortalidade e/ou fuga de minhocas (TMF), volume de vermicomposto produzido (VVC), relação entre o volume de vermicomposto produzido e o número de minhocas (VVC/NM), e peso inicial (PI) e final (PF) das minhocas em função da idade do conteúdo ruminal, com e sem inoculante.

Conteúdo ruminal	TMF (%)	VVC (mL)	VVC/NM (mL/n°)	PI (g)	PF (g)
Novo	70,75 a	2662,5 b	310,00 a	1,61 a	1,85 a
Intermediário	15,25 b	3412,5 ab	88,99 b	1,58 a	1,56 a
Maduro	68,50 a	4375,0 a	255,05 a	1,68 a	1,60 a
Inoculação					
Sem	55,50 a	3537,5 a	270,76 a	1,69 a	1,75 a
Com	47,50 a	3429,2 a	165,28 b	1,55 a	1,60 a
Média	51,50	3483,3	218,00	1,62	1,67
C.V. (%)	39,96	22,98	53,67	16,40	19,76

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (para o conteúdo ruminal) e pelo teste F (para a inoculação), ambos a 5% de probabilidade. C.V.: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autores

Ao final do processo de vermicompostagem, evidenciou-se uma maior taxa de reprodução das minhocas mantidas no resíduo ruminal bovino maduro sem a inoculação, evidenciado pela grande quantidade de juvenis, 14,56 espécimes (Tabela 4). Parte desse desempenho pode ser creditada a grande quantidade de cálcio encontrada no resíduo maduro. Bassaco et al. (2015) e Steffen et al. (2010), verificaram que a maior multiplicação de minhocas *Eisenia andrei* está relacionada com o alto teor de cálcio no resíduo utilizado. Este aspecto pode

ser interessante para quem visa além da produção de húmus a produção de matrizes para a comercialização.

A quantidade de resíduos não comerciais, ou seja, sobras de resíduos, com maiores granulometrias foram maiores em volume no vermicomposto contendo resíduo ruminal novo sem inoculação, com volume médio de 523,39 mL. Possivelmente isto ocorreu porque neste vermicomposto havia uma menor quantidade de minhocas juvenis 3,25 (Tabela 3) e houve maior perda de minhocas adultas 70,75 (Tabela 4), onde o consumo e digestão por minhocas pode ter sido menor, por conter um número pequeno de minhocas, gerando assim uma menor produção de húmus e pouca degradação do substrato inicial.

No que tange a análise físico química dos produtos finais obtidos após o desmonte do experimento verificou-se que houve aumento médio, na concentração de alguns componentes químicos como o cálcio 5,3%, magnésio 1,1% e fósforo 2,13%, em relação ao substrato inicial, cálcio 5,2%, magnésio 1,01% e fósforo 2,01%. No resíduo ruminal novo com inoculante, esse aumento de concentração foi mais significativo, uma vez que as excreções das minhocas possuem ainda alta concentração de material orgânico e altas taxas de mineralização (Tabela 5), o que favorece a absorção dos nutrientes pelas plantas (Anjos et al., 2015) e torna o vermicomposto produzido melhor que o resíduo ruminal in natura, e adequado à reinserção nas cadeias produtivas como adubo orgânico de boa qualidade para culturas (tomate, alface, nutrição de árvores frutíferas).

Na Tabela 5, observa-se que o resíduo T2, sem e com inoculante, foi o que apresentou a maior redução dos metais pesados Cu 22 mg kg⁻¹ e 17 mg kg⁻¹, e Zn 120 mg kg⁻¹ e 124 mg kg⁻¹, respectivamente, uma vez que no início do processo, apresentavam os seguintes valores, Cu 27 mg kg⁻¹ e Zn 176 mg kg⁻¹ (Tabela 1). Bock et al. (2020) observou que o teor de cobre superior a 120 mg kg⁻¹, pode afetar o desenvolvimento das minhocas, provocar redução do peso e provocar fugas, além de afetar negativamente a qualidade do vermicomposto produzido (Anjos et al., 2015). Mas nos vermicompostos produzidos o maior teor médio de Cu observado foi de 24 mg kg⁻¹, dentro da normalidade.

Tabela 5 – Análises químicas dos produtos finais (húmus) obtidos em função de diferentes tempos de maturação do resíduo ruminal com e sem adição de Bokashi.

Parâmetro	Unidade	Resíduo ruminal					
		Sem adição de bokashi			Com adição de bokashi		
		Novo	Intermediário	Maduro	Novo	Intermediário	Maduro
M.O.T.	$mg \cdot kg^{-1}$	84,60	84,60	81,40	83,70	82,80	82,90
M.O.C.	$mg \cdot kg^{-1}$	63,78	61,64	51,18	61,64	49,06	53,97
M.O.R.	$mg \cdot kg^{-1}$	21,82	22,96	30,22	22,06	33,74	28,93
C.T.	$mg \cdot kg^{-1}$	47,56	47,00	45,22	46,50	46,00	46,06
N Total	$mg \cdot kg^{-1}$	3,08	2,66	3,29	2,73	2,38	2,59
C/N	-	15/1	18/1	14/1	17/1	19/1	18/1
P	(%) 2,18	1,86	2,62	1,60	1,63	2,21	
K	$mg \cdot kg^{-1}$	1,99	1,74	1,74	1,99	1,74	1,74
Ca	$mg \cdot kg^{-1}$	4,70	5,10	5,90	5,20	5,20	5,70
Mg	$mg \cdot kg^{-1}$	1,00	0,90	1,10	1,00	1,00	1,10
S	$mg \cdot kg^{-1}$	0,97	0,89	0,78	0,89	0,86	0,92
Cu	$mg \cdot kg^{-1}$	16,00	22,00	24,00	15,00	17,00	17,00
Zn	$mg \cdot kg^{-1}$	114,00	120,00	179,00	104,00	124,00	166,00

M.O.T. (matéria orgânica total), M.O.C. (matéria orgânica compostável), M.O.R. (matéria orgânica resistente a compostagem), C.T. (carbono total), C/N (relação entre o carbono nitrogênio

Fonte: Autores

Mas como observado, as plantas precisam desses micronutrientes zinco e cobre, para o seu desenvolvimento e crescimento, por isso tem que haver um controle desses nutrientes para não prejudicar as minhocas e nem as plantas, porque a ausência de zinco, pode afetar o crescimento das plantas, uma vez que ele contribui para a formação de hormônios do crescimento e a ausência do cobre, pode reduzir a resistência das plantas a doenças (Matos et al., 2020). De acordo com a Resolução 420 do CONAMA de 28 de dezembro de 2009,

os valores orientadores de zinco e cobre, são respectivamente 300 mg/kg-1 e 60 mg/kg-1 de matéria seca (Brasil, 2009), para a prevenção de contaminação.

Durante o processo de vermicompostagem, independentemente dos tratamentos, foi encontrada uma rica fauna associada às pilhas de vermicompostagem, que incluíam além das minhocas, tesourinhas, aranhas, formigas, colêmbolos, besouros e lacraias. Os vasos de vermicompostagem que apresentaram maiores incidências desse tipo de fauna associada foram os resíduos ruminais maduros, independentemente da presença do inoculante. Já os resíduos ruminais novos atraíram menores quantidades de invertebrados. Esses resultados possivelmente estão relacionados com o teor de umidade, uma vez que nos resíduos novos, a umidade era maior e os resíduos ainda não estavam totalmente degradados; já nos resíduos armazenados por mais tempo, a umidade era um pouco menor e visualmente apresentava um aspecto mais poroso, com uma maior concentração de macro e micro poros, favorecendo o surgimento desses animais. De acordo com Anjos et al. (2015), podem ser encontrados outros invertebrados associados que participam da decomposição do substrato orgânico, como nematoides, ácaros e insetos detritófagos, os quais competem com as minhocas sem causar danos, e todos esses organismos são conhecidos como fauna associada ou acompanhante.

No presente estudo, observando as Tabelas 1 e 5, podemos observar um acréscimo no teor dos nutrientes. E esse aumento de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e de micronutrientes (boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, zinco e manganês), que são fundamentais para o desenvolvimento das plantas, portanto é possível utilizar esse vermicomposto para promover a fertilidade de solos, que são pobres nesses macros e micronutrientes. De acordo com (Cardoso et al., 2017), o húmus de minhoca é em média 70% mais rico em nutrientes do que húmus convencionais, além de não apresentar acidez e ter elevada mineralização do nitrogênio. De acordo com (Steffen et al., 2013), acredita-se que os compostos orgânicos estáveis presentes no húmus, possam causar supressividade sobre alguns fitopatógenos fúngicos e bacterianos, contribuindo para o controle de determinados microrganismos fitopatogênicos.

4 Conclusões

Foi observado que resíduo ruminal maduro armazenado por 12 meses, favoreceu a reprodução das minhocas e proporcionou um maior volume de vermicomposto comercializável, pois ele estava previamente estabilizado. Já processo de vermicompostagem se mostrou eficiente, na reciclagem do resíduo ruminal intermediário (6 meses de armazenamento), uma vez que este, apresentou uma menor fuga ou mortalidade de minhocas adultas, uma boa produção de vermicomposto, um menor volume de descarte de resíduo, ocorreu também uma redução dos metais pesados cobre e zinco e houve um incremento de macro e micronutrientes no solo, que são essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas, portanto recomenda-se a vermicompostagem neste resíduo, por proporcionar um ganho de tempo para o agricultor, consequentemente favorecendo uma economia na compra de fertilizantes minerais e proporcionando assim, uma destinação adequada a esses resíduos de conteúdo ruminal. E em relação ao processo de inoculação, não se obteve o favorecimento esperado na qualidade do vermicomposto.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação da bolsa PIBAP pelo apoio financeiro, ao frigorífico da cidade de Iturama/MG por ceder o resíduo ruminal para a realização da pesquisa, a Escola Municipal Agrícola e a UFTM por cederem os espaços para o desenvolvimento do trabalho.

6 Referências

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004. Resíduos Sólidos-Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

ALMEIDA, J. P.; VOLOTÃO, R. de A. **Produção nacional de fertilizantes, estudo estratégico**. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf>. Acessado em: Mar, 07, 2022.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVERK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANJOS, J. L. et al. **Minhocultura e Vermicompostagem: Interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar**. 1 ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. 231p.

AQUINO, A. M. **Vermicompostagem**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009. 6p. (Circular Técnica 29).

BASSACO, A. C. et al. **Caracterização Química de resíduos de origem animal e comportamento de Eisenia andrei**. Ciência e Natura, v.37, p.45-51, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546185004>>. Acessado em: Dez. 02, 2021.

BÖCK, L. E. et al. **Respostas de Eisenia andrei (Bouché 1972) ao excesso de cobre em um solo arenoso**. Revista Brasileira Multidisciplinar, v.23, p.28-36, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2020.v23i1.792>>. Acessado em: Dez. 15, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA, 2017. 240 p. ISBN 97.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19065.htm>. Acessado em Jan. 20, 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/L12305.htm>. Acessado em Out. 30, 2020.

BRASIL. **Resolução Conama nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Publicado no D.O.U. nº 249, p. 81-84, de Dez. 30, 2009.

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; JÚNIOR, A. S. A.; SOBRINHO, C. A. **Feijão – Caupi**,

o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa, Brasília, 244 p. 2017.

CARVALHO, J. O. M. de; RODRIGUES, C. D. S. **Bokashi: composto fermentado para a melhoria da qualidade do solo.** Embrapa, Rondônia, 1. folder, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Brasil bate recorde de importação de fertilizantes nos cinco primeiros meses de 2021.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4113-brasil-bate-recorde-de-importacao-de-fertilizantes-nos-cinco-primeiros-meses-de-2021>>. Acessado em: Mar. 09, 2022.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos.** II Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAgro, 8.p, 2017.

DOMÍNGUEZ, J; EDWARDS, C.A. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. In: EDWARDS, C.A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. Ed. **Miculture technology.** Boca Raton: CRC Press. 2010. p.27-40.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** Ciência e Agrotecnologia. UFLA, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. M. **Avaliação do conteúdo ruminal de bovinos recém abatidos na alimentação de novilhos nelores em confinamento.** 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto.** 6a ed. Piracicaba, 171p. 2012.

MATOS, G. S. B.; GAMA, M. A. P.; NETO, A. A. L. M. **Nutrição Mineral de Plantas.** Belém. UFPA. 2020.

MORSELLI, T.B.G.A. **Biologia do Solo.** Pelotas/RS. Ed. UFPEL, 2009.

NASIRU, A. **Vermicomposting: Tool for Sustainable Ruminant Manure Management.** Journal of Waste Management, v.2013, a.732759, p.1-7, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/732759>

ROSA, A. P. **Avaliação da viabilidade técnica e ambiental do uso do conteúdo ruminal bovino como biocombustível.** 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte. 2009.



SCHIEDECK, G. et al. **Alimentação de minhocas: teste de aceitação do alimento.** Pelotas: Embrapa Agrobiologia, 2010. 8p. (Comunicado Técnico 236).

SCHIEDECK, G. et al. **Minhocultura produção de húmus.** 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2014. 62p.

SIQUEIRA, D. **O que está em jogo na importação de fertilizantes russos pelo Brasil.** Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/o-que-esta-em-jogo-na-importacao-de-fertilizantes-russos-pelo-brasil/>>. Acessado em: Mar, 07, 2022.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p.

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

STEFFEN, G.P.K; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R. B.; JACQUES, R. J. S. **Importância ecológica e ambiental das minhocas.** Revista de Ciências Agrárias, v. 36, nº 2, p. 37-147, 2013.