

VERMICOMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS NAS PROPRIEDADES RURAIS DO SUL DO BRASIL

Daniel Pazzini Eckhardt¹, Zaida Inês Antonioli², Gustavo Schiedeck³, Natielo Almeida Santana⁴, Marciel Redin⁵, Jorge Dominguez⁶ & Rodrigo Josemar Seminoti Jacques⁷

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Rua 21 de abril, 80, Bairro São Gregório, Dom Pedrito, CEP 96450-000, RS, Brasil. E-mail: daniel.pazzini@hotmail.com. Autor para correspondência.

² Bióloga, Doutora em Ecologia de Aspectos Moleculares Micorrízicos, Professora do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, CEP 97105-900, RS, Brasil. Pesquisador 2-CA/AG do CNPq. E-mail: zantonioli@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador em Agroecologia - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Estação Experimental Cascata Clima Temperado. Rodovia BR 392, km 78, Pelotas, CEP 96001970, RS, Brasil. E-mail: gustavo.schiedeck@embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutorando Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: natielo_sm@hotmail.com

⁵ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Rua Cipriano Barata, 47, CEP 98600000, Três Passos, RS, Brasil. E-mail: marcielredin@gmail.com

⁶ Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas, Professor Universidade de Vigo (UVIGO), Campus As Lagoas Marconsede, CEP 36200, Vigo, Espanha. E-mail: jdguez@uvigo.es

⁷ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Pesquisador 2-CA/AG do CNPq. E-mail: rodrigo@ufsm.br

INTRODUÇÃO

A atividade agrícola da Região Sul do Brasil é muito diversificada, mas um ponto em comum entre as propriedades rurais é a geração de grandes montantes de resíduos orgânicos. Entre estes, destacam-se os esterco, que apresentam grande potencial de contaminação ambiental, por conterem alta carga orgânica (demanda bioquímica de oxigênio/demanda química de oxigênio), e alto teor de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros), metais pesados, ovos de helmintos, coliformes fecais e outros microrganismos patogênicos. Maiores informações sobre contaminação e poluição do solo e da água podem ser encontrados nos Capítulos I a VI (Mallmann et al., 2016; Clasen et al., 2016; Bastos et al., 2016; Lourenzi et al., 2016; Caner e Tiecher et al., 2016; Kaiser et al., 2016) e IX (Capoane et al., 2016) do livro **“Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil – Impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água”** e no Capítulo VII deste livro (COPETTI et al., 2016).

O processamento agroindustrial de carnes gera grande quantidade de resíduos, como os provenientes dos abatedouros, que na sua grande maioria são formados por fragmentos de vísceras, músculos, gorduras, ossos e sangue (SUNADA et al., 2015). Há grande geração de resíduos também, pelo processamento de

vegetais e frutas. A indústria vinícola do RS gera anualmente 336 mil toneladas de bagaço de uva, um resíduo de difícil destinação (MARTÍNEZ-CORDEIRO et al., 2013). Além disso, há geração de resíduos oriundos do beneficiamento da soja, milho, trigo, arroz e outras culturas, que muitas vezes são destinados de forma incorreta.

Até alguns anos atrás, o simples descarte de resíduos orgânicos no solo era visto como satisfatório. Porém, os vários problemas ambientais, resultantes desta prática, estimularam as discussões acerca de alternativas para o tratamento destes materiais, e resultaram no estabelecimento da Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta lei dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão e ao gerenciamento de resíduos produzidos pela sociedade. Foi estabelecido que os resíduos gerados pelas atividades agropecuárias, denominados resíduos agrossilvipastoris (gerados pelas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades) devem ser reciclados ou dispostos de forma ambientalmente correta. Desta forma, se o descarte for feito de forma incorreta, o produtor rural pode ser responsabilizado judicialmente pela má gestão dos resíduos gerados na sua propriedade.

Os resíduos orgânicos, tratados adequadamente, são excelentes fontes de nutrientes para as plantas,

além de melhorarem diversas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Assim, o produtor rural, ao fazer o tratamento adequado dos resíduos, reduz a poluição ambiental, adequa-se a legislação, reduz o custo de produção, aumenta a produtividade das plantas e melhora as condições do solo.

Dentre os processos de tratamento de resíduos orgânicos, mais viáveis, para serem utilizados na propriedade rural, estão a compostagem e a vermicompostagem. Nestes processos, os resíduos orgânicos são transformados em fertilizantes orgânicos, possibilitando o retorno de parte dos nutrientes ao solo (ciclagem de nutrientes), e a redução da poluição ambiental. Fertilizante orgânico é definido como o produto de origem animal ou vegetal, que propicia melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985; DOMÍNGUEZ et al., 2010). Inclusive a legislação brasileira prevê valores de concentração de nutrientes, pH, relação C:N e teor de metais, que os fertilizantes orgânicos devem apresentar, quando destinados a comercialização (BRASIL, 2014).

A compostagem é um processo controlado, caracterizado pela degradação microbiana aeróbica da matéria orgânica. A palavra compostagem vem do latim *compositum* e significa mistura, pois, normalmente, o material a ser compostado é uma mistura de resíduos. Os microrganismos degradam a matéria orgânica, utilizando-a como fonte de carbono e energia para o seu crescimento (TÍQUIA, 2005), consomem o oxigênio (O₂) e liberam o gás carbônico (CO₂) e a água, além de gerar calor, que é responsável pela eliminação dos microrganismos patogênicos (EPSTEIN, 1997). O produto da compostagem é o fertilizante orgânico, denominado composto orgânico ou simplesmente composto.

A vermicompostagem, também é um processo de degradação, no entanto, neste processo, há a participação de minhocas na degradação e estabilização do material orgânico, além dos microrganismos (DOMÍNGUEZ et al., 2004). As minhocas ingerem, trituram e degradam os resíduos orgânicos em ação conjunta com os microrganismos, que habitam o seu trato digestivo, produzindo fertilizante orgânico denominado de vermicomposto (LANDGRAF et al., 1999; DOMÍNGUEZ; PEREZ-LOUSADA, 2010). A vantagem do processo de vermicompostagem sobre a compostagem, no contexto agrícola, está na produção de um fertilizante orgânico com maior grau de estabilização, que apresenta maiores níveis de ácido húmico (COTTA et al., 2015) e menor relação C:N (LAZCANO; GÓMEZ-BRANDÓN; DOMÍNGUEZ, 2008). Outros benefícios da vermicompostagem são a simplicidade de manejo, a baixa utilização de mão de obra, e a rápida multiplicação e facilidade de adaptação das minhocas

a diferentes tipos de resíduos orgânicos (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2009; CAMARGO et al., 1997).

Além de propiciar a reciclagem de nutrientes, a utilização de fertilizantes orgânicos, pelos produtores, pode significar uma nova estratégia de produção. A procura por alimentos mais saudáveis, livres da contaminação de insumos químicos, vem crescendo, consideravelmente, nos últimos anos. Nas prateleiras dos estabelecimentos comerciais é cada vez mais comum encontrarmos alimentos com selos de orgânicos e agroecológicos. Atualmente, a produção orgânica de alimentos é desenvolvida em 164 países, ocupa cerca de 37,5 milhões de hectares, envolve 1,6 milhão de agricultores e representa um mercado de US\$ 63,8 bilhões (FIBL-IFOAM, 2014). Neste sentido, a produção de base ecológica visa desenvolver agroecossistemas com dependência mínima ou nenhuma de insumos externos à propriedade (ALTIERI, 2008), e têm recebido cada vez mais consumidores.

A transformação dos resíduos orgânicos em fertilizantes orgânicos, e a consequente economia de gastos com fertilizantes sintéticos ou minerais, pode representar uma redução nos custos de produção da propriedade rural. Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), em 2015, o consumo de fertilizantes ultrapassou 28 milhões de toneladas, deste mais de 60% foi importado. Neste sentido, a adubação orgânica é uma alternativa aos fertilizantes minerais, que são oriundos de fontes escassas e de elevado custo para aquisição (SCHUMACHER et al., 2001).

1. Resíduos utilizados na vermicompostagem

As minhocas podem se alimentar de diversos materiais, de modo que quase todos os resíduos orgânicos podem ser utilizados na vermicompostagem. A maioria é comumente utilizada na forma de misturas, embora alguns são utilizados de forma pura. Os resíduos mais utilizados na vermicompostagem são palhas, esterco, serragem, casca de arroz, restos de frutas, verduras, resíduos urbanos (como é o caso do lixo orgânico doméstico e do lodo de esgoto), resíduos agroindustriais (resíduos de frigoríficos, usinas de laticínios, indústrias de conservas e extração de sucos, fabricação de café solúvel, curtumes, etc), além de outros, que poderão estar disponíveis na região (LIM et al., 2014; WANG et al., 2014; ALI et al., 2015).

Contudo, nem todos os resíduos orgânicos são adequados para a alimentação das minhocas. Alguns necessitam de procedimentos prévios, outros possuem elementos tóxicos ou com características químicas capazes de afugentar ou mesmo matar as minhocas, e há resíduos que podem gerar odores desagradáveis e

atrair organismos indesejáveis. A seguir serão apresentadas informações importantes referentes a algumas restrições no uso de resíduos orgânicos para as minhocas.

Os resíduos orgânicos ricos em amônia, como a cama de aviário, ou em sais inorgânicos, como restos de alimentação temperados, são bastante prejudiciais à sobrevivência e à reprodução das minhocas. A compostagem prévia para eliminar a amônia, e a lavagem do resíduo para retirar o sal, são as estratégias mais utilizadas nesses casos (DOMINGUEZ; EDWARDS, 2011). Além disso, alimentos com elevado conteúdo de sais podem afetar a qualidade final do vermicomposto, uma vez que altas quantidades de sais podem causar problemas para a germinação e o crescimento das plantas (BRITO et al., 2012).

Um sério problema que deve ter a atenção dos produtores rurais é o uso de esterco de animais tratados com vermífugos. A ivermectina é um dos mais populares vermífugos usados nas criações de animais, e seu impacto sobre as minhocas ainda é controverso. Alguns estudos apontam a ivermectina como um produto tóxico para as minhocas (WANG et al., 2012), outros afirmam que os efeitos não são significativos (SUN et al., 2005; SVENDSEN et al., 2002). De todo modo, recomenda-se não utilizar esterco de animais que receberam vermífugos há poucos dias, pois há relatos de morte generalizada das minhocas que se alimentaram de esterco contaminado com estes produtos.

A utilização de restos vegetais de roçadas, que contenham sementes ou propágulos de plantas daninhas, poderá ser utilizada na vermicompostagem, somente, após a realização da compostagem. Devido às altas temperaturas, a compostagem promove a morte das sementes e propágulos das plantas daninhas (TRAUTMANN; KRASNY, 1997). Deve-se ter atenção também ao uso de restos de plantas doentes, tais como tomate (*Solanum lycopersicum*) e batata (*Solanum tuberosum*). Além disso, o vermicomposto produzido não deve ser utilizado para a adubação de plantas da mesma espécie ou família, porque algumas doenças podem ser transmitidas pelo vermicomposto. Neste caso, um eficiente processo de compostagem deve ser realizado previamente à vermicompostagem, visando eliminar os patógenos presentes nos resíduos de plantas doentes.

As minhocas são organismos aeróbicos, dessa forma o ambiente formado pelos resíduos deve ser poroso o suficiente para fornecer oxigênio para sua respiração. As minhocas tendem a migrar para locais onde há maior aeração (DOMINGUEZ; EDWARDS, 2011). Por isto, para o fornecimento dos resíduos às minho-

cas, deve-se utilizar uma mistura de resíduos de decomposição lenta e de maior granulometria, tais como folhas secas, galhos secos picados e aparas de madeira, os quais serão responsáveis por formar poros nos resíduos, que facilitarão as trocas gasosas.

Apesar das minhocas normalmente utilizadas nos minhocários (vermelha da Califórnia) serem bastante tolerantes ao pH ácido, quando grandes quantidades de resíduos muito ácidos ou resultantes do processamento de frutas cítricas são utilizados, a acidez pode se tornar um problema, provocando a migração das minhocas para outros pontos do minhocário com pH mais alcalino. O pH dos resíduos deve ser superior a 5,0 e eventuais ajustes podem ser feitos com a adição de calcário. Da mesma forma, uma compostagem prévia destes resíduos eleva o pH para valores próximos da neutralidade, permitindo sua utilização (NAIR et al., 2006)

Deve ser evitada a utilização direta na vermicompostagem de resíduos de peixe, mariscos, carnes, gorduras, alimentos cozidos ou saladas temperadas (COLÓN et al., 2010; WARMAN; ANGLOPEZ, 2010) e de resíduos lácteos, que rancidificam rapidamente (TRAUTMANN; KRASNY, 1997). Os elevados teores de proteína presentes nestes resíduos podem produzir odores, atrair moscas e roedores (SHERMAN; APPELHOF, 2010). Para superar esta limitação, recomenda-se a realização da compostagem previamente à vermicompostagem. Também recomenda-se evitar a adição de fezes humanas e de animais de estimação (cães e gatos), devido aos patógenos que podem ser transmitidos (SHERMAN; APPELHOF, 2010).

Um minhocário em bom funcionamento não deve gerar odor desagradável ou atrair ratos e insetos. Mesmo em estruturas simples e de pouco investimento de mão-de-obra, a vermicompostagem é capaz de reduzir em 46% (base seca) o volume de resíduos orgânicos como esterco e restos alimentares (HELENA et al., 2015), transformando-os em um vermicomposto homogêneo, poroso e sem cheiro (YADAV; GARG, 2011). Contudo, a adição e o manejo inadequado de determinados resíduos podem causar problemas.

A intensidade e a característica do odor despreendido dos minhocários varia conforme a composição dos resíduos e as condições do processo. Os resíduos pouco porosos ou muito compactados levam à baixa disponibilidade de oxigênio e, conseqüentemente, à geração de odores desagradáveis (BERNAL et al., 2009). A utilização de materiais que possibilitem a circulação de oxigênio pode solucionar o problema, aumentando a aeração no interior dos resíduos.

A decomposição lenta de alguns resíduos, também pode gerar mau cheiro, assim como vegetais que naturalmente liberam um odor forte ao se decompor,

como cebola e brócolis. A solução é evitar a adição desse tipo de resíduo em grandes volumes no minhocário e, sempre que possível, adicionar uma camada de serragem, folhas ou composto pronto sobre os resíduos recém-inseridos.

O odor desagradável em um processo de transformação de resíduos orgânicos decorre da formação de gases, como amônia, ácido sulfídrico, metano e óxido nítrico (AMLINGER et al., 2008), contudo, o potencial de emissão em um minhocário é três vezes menor do que em uma compostagem tradicional (LLEÓ et al., 2013). Os resíduos com uma baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) tendem a volatilizar a amônia gerando mau cheiro, além da perda de nitrogênio do vermicomposto (LI et al., 2008), principalmente quando em meio alcalino (RAVIV et al., 2004). A mistura de materiais ricos em carbono, como palhas, cascas, resíduos de poda, entre outros, reduz a emissão de gases como amônia e ácido sulfídrico (YUAN et al., 2015).

Já em meio ácido, o mau cheiro no processo pode estar associado à presença de bactérias anaeróbias, que degradam os carboidratos durante a fermentação, dando origem a ácidos orgânicos e outras substâncias odoríferas. Nesse caso, as estratégias mais eficazes para contornar o problema são a aeração e a redução da temperatura dos resíduos ou a adição de produtos com pH alcalino ou próximos da neutralidade, como calcário e vermicomposto/composto já estabilizado (SUNDBERG et al., 2013). Outra fonte do odor pode surgir quando o manejo dos resíduos é feito de forma equivocada, sobrecarregando o minhocário, ou seja, quando a introdução de resíduos é superior à capacidade de processamento das minhocas (LLEÓ et al., 2013).

Devido à grande variedade de resíduos orgânicos que podem ser fornecidos às minhocas, em alguns casos pode haver dúvidas se o alimento está ou não em condições de ser utilizado no minhocário. Porém, é possível determinar, de forma rápida e em nível de propriedade rural, a qualidade dos resíduos que se pretende utilizar como alimento para as minhocas. Um teste simples foi descrito por Schiedeck et al. (2014) e ilustrado na **Figura 55**:

- Num recipiente (vaso feito de garrafa PET de 2 litros) são colocadas cerca de 300 gramas do resíduo a ser avaliado (**Figura 55 a**);
- Na superfície do resíduo são colocadas 10 minhocas adultas (**Figura 55 a**);
- O recipiente deve ser fechado com pano ou tecido tipo TNT, para permitir a respiração das minhocas e fixado na parte superior com um barbante ou cordão de borracha (**Figura 55 b**);

- Após 24 horas, o pano é retirado e verifica-se se houve tentativa de fuga das minhocas (**Figura 55 c**);
- Em seguida, conta-se o número de minhocas que permaneceram vivas no resíduo (**Figura 55 d**).

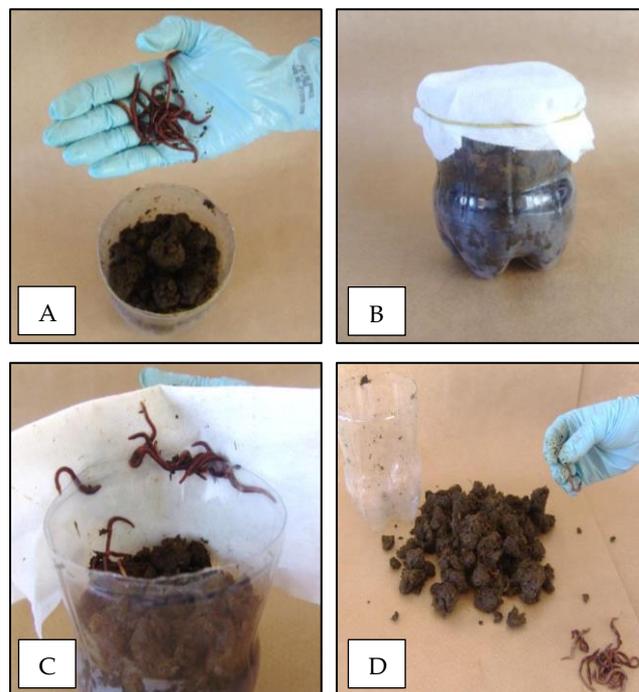


Figura 55. Etapas do teste de aceitação de alimentos para as minhocas.

Se todas as minhocas estiverem vivas no resíduo, é sinal de que ele pode ser utilizado para a vermicompostagem. Entretanto, se houver tentativa de fuga das minhocas do recipiente ou com algum sintoma anormal, como os descritos abaixo, isso pode indicar que o resíduo ainda não pode ser utilizado ou precisa ser compostado previamente à vermicompostagem:

- Lentidão ou ausência de movimentos;
- Minhocas agrupadas em um ponto específico do resíduo;
- Minhocas mortas no interior ou na superfície do resíduo;
- Cheiro desagradável no resíduo ou nas minhocas;
- Corpo amolecido além do normal;
- Partes do corpo inchadas ou com aspecto sangüinolento.

Esse teste deve ser repetido tantas vezes quanto necessário, até se ter certeza de que o resíduo está em condições de ser utilizado e não representará risco para as minhocas. O teste é particularmente importante quando se está utilizando o resíduo pela primeira vez ou quando sua origem é desconhecida.

Como diversas vezes acima citado, é recomendado a realização da compostagem dos resíduos orgânicos anteriormente a vermicompostagem. Esta etapa importante tem como principal finalidade evitar a elevação da temperatura durante o processo de vermicompostagem, o que causaria fuga ou morte das minhocas. Além disto, a elevação da temperatura durante a compostagem proporciona a eliminação de organismos patogênicos e das sementes de plantas daninhas, e modifica as características dos resíduos orgânicos para melhor alimentação das minhocas (altera pH, salinidade, etc).

Para a realização de um adequado processo de compostagem, devem ser observados alguns aspectos tais como: (i) a relação C/N inicial dos resíduos orgânicos, que deve ser próxima a 30/1, (ii) o pH não pode ser muito ácido (abaixo de 4,0) ou muito alcalino (acima de 10), (iii) a umidade da pilha deve ser mantida alta, (iv) a aeração (revolvimentos) deve ser realizada a cada 2 ou 3 dias para reduzir a temperatura da pilha (que não pode ultrapassar os 65°C) e para fornecer oxigênio aos microrganismos. Somente após a temperatura da pilha de compostagem retornar a temperatura ambiente (25 a 30°C) é que o material poderá ser utilizado na vermicompostagem sem o perigo de prejudicar as minhocas.

2. Instalações para a vermicompostagem

O objetivo das instalações é abrigar o resíduo a ser vermicompostado e as minhocas durante o processo de vermicompostagem, assim como protegê-las do ataque dos predadores. Independentemente do tipo de minhocário, há que se considerar que as minhocas são organismos que apresentam respiração cutânea e não se adaptam bem a luz, devido a isso, a umidade do material orgânico deve ser preservada num nível adequado (nem muito seco, nem muito úmido) e não deve ser permitida a entrada de luz. Por isto, é recomendada a utilização de uma cobertura nos canteiros, para evitar a entrada de água da chuva e a incidência de luz, além de proteger as minhocas do ataque de alguns predadores. Vários tipos de instalações atendem estas necessidades, modelos de baixo custo, feitos com materiais simples, como bambus e tela tipo agrícola (sombrite), e também modelos de maior custo, como canteiros de alvenaria ou caixas plásticas. A escolha do tipo de instalação dependerá basicamente da capacidade de investimento do produtor rural e da quantidade de resíduo a ser tratada, pois grandes volumes de resíduos demandam instalações maiores e mais resistentes, como as de alvenaria.

O local para a instalação do minhocário deve situar-se próximo a uma fonte de água e, se possível,

também próximo do local de geração dos resíduos que serão utilizados para a produção do vermicomposto, evitando assim a necessidade de transporte dos resíduos por longas distâncias. São preferidos os terrenos com boa drenagem e uma pequena inclinação para facilitar o escoamento da água em excesso. Os minhocários devem apresentar proteção contra o vento e a radiação solar direta, especialmente nas horas mais quentes do dia, por isto pode ser construído próximo a galpões ou área com árvores no entorno.

Os minhocários podem ser construídos de diversos materiais, dependendo da finalidade da criação. Nas pequenas criações podem ser utilizadas desde caixas de madeira, baldes ou zinco galvanizado. Normalmente nas propriedades rurais os minhocários são construídos na forma de canteiros, com 35 – 45 cm de altura, 100 a 120 cm de largura e comprimento variável, de acordo com a quantidade de resíduo a ser vermicompostado. Eles podem ser construídos de madeira, bambus, alvenaria, etc.

Os canteiros de alvenaria são recomendados quando se busca maior durabilidade. É importante que sejam construídos drenos na sua base, providos de uma tela, para evitar a fuga das minhocas e a entrada de predadores, permitindo a drenagem do excesso de água. A **Figura 56** apresenta fotos do Minhocário do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), formado por canteiros de alvenaria, cobertos com telhas de amianto ou aluminozinco, cercados com tela de arame e em área inclinada, o que indica condições adequadas para o desenvolvimento da vermicompostagem.



Figura 56. Minhocário com canteiros de alvenaria, pertencente ao Departamento de Solos da UFSM.

Dentre os sistemas de criação mais indicados para menores volumes de resíduos a serem vermicompostados estão aqueles montados ao ar livre e construídos com os materiais disponíveis na propriedade rural. O “minhocário campeiro”, desenvolvido pela EMBRAPA, é construído com bambus e não requer a utilização de pregos ou arames (**Figura 57**). Sua construção se dá pelo entrelaçamento e sobreposição de varas de bambu, com altura entre 20 e 30 cm, sendo seu interior forrado com tela tipo agrícola para conter os resíduos e as minhocas, e uma cobertura de proteção, que pode ser feita de bambu, por folhas de palmeiras ou capim elefante (SCHIEDECK et al., 2007a).



Figura 57. “Minhocário campeiro” que utiliza somente bambu e tela tipo agrícola.

O minhocário campeiro deve ser montado em um local sombreado durante a maior parte do dia, especialmente nas horas mais quentes, entre 10h e 16h, para evitar o ressecamento da camada superficial do resíduo. Da mesma forma, para evitar as perdas de nutrientes ou a fuga das minhocas, deve-se evitar áreas baixas e com possibilidade de acúmulo de água. Em um minhocário campeiro de 1,0 metro de largura por 1,20 metros de comprimento, são necessárias 1.500 minhocas (aproximadamente 1 L) e 3 a 4 carrinhos de mão de resíduo a ser vermicompostado (se for esterco bovino semi-curtido cerca de 90 kg). Essa quantidade resultará em cerca de 50 kg de vermicomposto pronto, após 40 a

50 dias no verão, porém no inverno pode levar até 90 dias.

Outro tipo de minhocário, que pode ser interessante para os agricultores, é o uso do túnel baixo, que dispõe de mais recursos ou que já possuem uma atividade relacionada ao cultivo de hortaliças (**Figura 58**) (SCHIEDECK et al., 2007b). Sua vantagem está no fato de proporcionar uma cobertura barata e eficiente contra a chuva, possibilitando melhor controle da umidade e maior qualidade final do produto. O túnel baixo é montado com arcos de ferro e filme plástico, da mesma forma que seria sobre um canteiro de hortaliças. A contenção do esterco e das minhocas pode ser feita com qualquer material disponível na propriedade, como tábuas, pedras ou tijolos. O fundo do minhocário pode ser forrado com pedaços de tela tipo agrícola, da mesma forma como indicado para o minhocário campeiro.



Figura 58. Minhocário do tipo túnel baixo, desenvolvido pela EMBRAPA.

O manejo adotado nesse tipo de minhocário é muito importante. A cobertura só deve ficar fechada à noite ou em dias chuvosos (**Figura 58**). Em dias ensolarados e de elevada temperatura, a cobertura plástica deve ficar sempre aberta para evitar o excesso de calor. Também pode-se instalar uma tela tipo agrícola sobre o plástico transparente para auxiliar na redução da temperatura. A colocação de uma cobertura de palha sobre o resíduo também é importante para evitar seu ressecamento na superfície e a redução da ação das minhocas nessa camada. Para a instalação do minhocário sob túnel, com 1,0 metro de largura e 4,0 metros de

comprimento, são necessárias cerca de 4.500 minhocas e 12 carrinhos-de-mão de resíduos a serem vermicompostados (se for esterco bovino curtido aproximadamente 360 kg), que resultarão em 200 a 220 kg de vermicomposto em 40 a 50 dias.

3. Minhocas utilizadas na vermicompostagem

As minhocas utilizadas na vermicompostagem devem apresentar algumas características como: alto consumo de resíduo orgânico, alta taxa de crescimento, alta velocidade na decomposição de resíduos e ciclo de vida razoavelmente curto. As minhocas mais indicadas são das espécies: *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* e *Perionyx excavatus*. As espécies *E. andrei* e *E. fetida*, conhecidas como vermelhas da Califórnia, tem grande adaptabilidade às diversas condições climáticas, por isso são as mais indicadas para minhocários instalados na Região Sul do Brasil. Porém, há que se considerar que independentemente da espécie, as temperaturas do inverno prejudicam o crescimento das minhocas, e o tempo necessário para o vermicomposto ficar pronto será maior.

As minhocas somente poderão ser introduzidas no minhocário quando o resíduo orgânico não apresentar risco de aquecimento. Uma forma de verificar a temperatura é inserir um termômetro no resíduo a ser vermicompostado. Se a temperatura estiver acima de 35°C pode causar problemas de fuga ou morte das minhocas. Outro cuidado que se deve ter é que ao transportar os resíduos para o minhocário, estes podem ter novo aumento de temperatura devido a aeração intensa causada pelo transporte. Então após a adição do resíduo ao minhocário, é importante monitorar a temperatura por no mínimo 24 horas. Se a temperatura não subir, as minhocas podem ser inoculadas.

A inoculação pode ser realizada diretamente na superfície dos resíduos, para que elas se desloquem para o interior do material, e após deve-se cobrir os canteiros. Uma opção que facilita a adaptação das minhocas no novo canteiro é a inoculação juntamente com uma pequena quantidade de vermicomposto, onde elas estavam crescendo (resíduo em vermicompostagem). Para isto devem-se abrir buracos no resíduo a ser vermicompostado e inocular as minhocas junto ao antigo resíduo (vermicomposto). Assim as minhocas permanecerão por um tempo dentro desta pequena quantidade do resíduo em vermicompostagem e quando sentirem-se confortáveis no novo ambiente passarão a colonizar o novo canteiro. Isto é recomendado porque a alteração de alimento produz estresse nas minhocas e aumenta o tempo necessário para a vermicompostagem.

Recomenda-se a inoculação de 5 a 6 mil minhocas por m² de canteiro, sendo que um litro (= um dm³) de minhocas equivale a aproximadamente 1.500 minhocas. A inoculação com um número menor de minhocas não impede o processo de vermicompostagem, apenas o torna mais lento. Os resíduos devem ser dispostos no minhocário em uma camada de no máximo 30 cm de altura para que não haja deficiência de oxigênio na parte inferior do minhocário.

4. Fatores que influenciam a vermicompostagem

A vermicompostagem é uma tecnologia relativamente simples e se os fatores que influenciam o processo forem conhecidos e adequadamente manejados há grandes chances de se obter sucesso. Os principais fatores que influenciam a vermicompostagem são a temperatura, umidade, pH, aeração e controle de predadores. Quando todos estes estão em condições ideais, o processo tende a ser rápido. Por outro lado, quando um ou mais fatores estão em condições distantes das ideais, o processo se tornará lento.

A temperatura é de grande importância para o desenvolvimento das minhocas e, conseqüentemente, para o processo de vermicompostagem. As minhocas somente poderão ser inoculadas quando os resíduos orgânicos retornarem à temperatura ambiente, após terem passado pelo processo de pré-compostagem, onde as temperaturas atingem valores próximos a 65°C. Somente quando houver a certeza de que as temperaturas dos resíduos orgânicos não mais subirão é que as minhocas podem ser inoculadas. As temperaturas acima de 35 °C e abaixo de 15 °C reduzem a atividade das minhocas e temperaturas acima de 42 °C já causam a morte. As temperaturas ideais situam-se entre 15 e 27 °C. Por isto, para a Região Sul do Brasil a vermicompostagem realizada nos meses de verão proporciona melhores temperaturas às minhocas e o processo conclui-se em 45 dias. Já no inverno a temperatura dos resíduos orgânicos é menor e o processo é mais lento, podendo demorar até 90 dias. Uma alternativa para minimizar o efeito das baixas temperaturas no inverno é posicionar o minhocário em um lugar abrigado do vento. No verão, é interessante que o minhocário seja abrigado da radiação solar direta.

O corpo das minhocas é constituído principalmente de água, daí a importância da umidade para sua sobrevivência. Os resíduos orgânicos deverão ser mantidos com umidade entre 75 a 85% durante a vermicompostagem. Isto pode ser avaliado na prática tomando-se uma pequena quantidade de resíduo do canteiro em uma das mãos e pressionando-o fortemente.

A formação de algumas gotas de água entre os dedos indica que o material está com umidade adequada, enquanto o escoamento abundante de água significa que há excesso de umidade no canteiro. Por outro lado, se não houver formação de gotas, a umidade encontra-se abaixo do ponto ideal e o canteiro precisa ser irrigado. A irrigação precisa ser criteriosa, pois resíduos com umidade excessiva reduzem a disponibilidade de oxigênio para a respiração das minhocas, causando fuga ou morte. A compactação dos resíduos também pode dificultar a aeração dos canteiros. Isto ocorre com maior frequência quando são utilizados materiais de granulometria mais fina, o que pode ser evitado com a adição de palhas e cascas, que ajudam a aumentar a porosidade do substrato.

As minhocas toleram ampla variação de pH dos resíduos orgânicos, mas a faixa para melhor desenvolvimento ocorre entre 5,0 e 8,0. Se os resíduos orgânicos utilizados para a compostagem forem de origem agrícola (esterco e palhas) não há necessidade de controle do pH, pois a pré-compostagem já elevará o pH dos resíduos para 6,5 a 8,0, faixa em que as minhocas adaptam-se facilmente. Porém, se resíduos agroindustriais forem utilizados há que se monitorar o pH no início do processo e se necessário corrigir para valores entre 5,0 e 8,0.

A constituição da minhoca é rica em muitos nutrientes, principalmente proteínas, além disto é um animal desprovido de órgãos de defesa, desta forma é uma presa fácil para outros animais, como ratos, raposas, sanguessugas, sapos, rãs, centopeias, formigas, aves, lagartos, etc. Várias medidas podem ser tomadas para proteger o minhocário da entrada dos predadores, como a cobertura dos canteiros, a roçada frequente no entorno, o controle de formigas, a colocação de cercas com telas de arame ao redor do minhocário, a colocação de tela tipo agrícola nos drenos de água dos canteiros, a construção de calhas de zinco ao redor dos canteiros como barreira à entrada de formigas e ratos, a colocação de uma camada de cal, calcário ou cinza no entorno dos canteiros para evitar a presença de sanguessugas, etc.

5. Coleta das minhocas e do vermicomposto pronto

O vermicomposto estará pronto quando apresentar-se homogêneo, com partículas pequenas e soltas, e cheiro de terra molhada, sendo seu aspecto semelhante à borra de café. Também poderá ser observada a redução no tamanho das minhocas, devido à desnutrição, indicando que não há mais resíduo a ser consumido no canteiro, pois já foi completamente transformado em

vermicomposto. Em um minhocário bem conduzido, no período de verão, o processo transcorre em 45 dias e no inverno em até 90 dias. Em um metro quadrado de canteiro, são produzidos entre 300 e 350 kg de vermicomposto.

Uma etapa muito importante no processo é a separação das minhocas do vermicomposto pronto. Este procedimento deve buscar reduzir ao máximo os estresses e danos físicos às minhocas, caso contrário poderá haver grande mortalidade das mesmas. Diversos procedimentos podem ser utilizados para coletar as minhocas, de forma isolada ou combinada.

Uma das maneiras é fazer a retirada do vermicomposto por camadas. Os canteiros são descobertos e a presença de luz faz com que as minhocas se aprofundem, permitindo a retirada da camada superficial do vermicomposto, até que se visualize as primeiras minhocas. Este procedimento é repetido até que reste uma pequena quantidade de vermicomposto e muitas minhocas, quando estas poderão ser facilmente coletadas ou inoculadas em outro canteiro juntamente com o vermicomposto restante.

Outra forma de coletar as minhocas é com o uso de iscas, que pode ser esterco fresco, frutas e verduras frescas ou outro material orgânico em decomposição. As iscas devem ser colocadas sobre sacos com malha grande (tipo saco de batata) na superfície dos canteiros, durante um ou dois dias. Como as minhocas do vermicomposto pronto estão desnutridas, elas são atraídas pelo alimento fresco e entram nos sacos.

Outra alternativa rápida é a colocação de uma camada de aproximadamente 10 cm de vermicomposto pronto com as minhocas sobre uma lona preta exposta ao sol, por um período de aproximadamente 15-20 minutos. O calor e a luz fazem com que estas se agrupem no centro, formando um grande aglomerado de minhocas, o qual facilita a coleta.

Além desses, pode-se utilizar, também, o método de migração, que consiste na construção de canteiros adjacentes com paredes divisórias removíveis ou providas de fendas suficientes para as minhocas passarem de um lado para o outro. Este arranjo permite que o produtor programe sua produção, de tal modo que quando um canteiro possuir o vermicomposto pronto, as minhocas possam migrar para um canteiro adjacente com o resíduo novo.

As minhocas também podem ser separadas do vermicomposto por meio de peneiras. Existem basicamente três tipos de peneiras, as vibratórias, as rotativas e as manuais. As peneiras rotativas são as mais indicadas por reduzirem o dano físico ao corpo das minhocas. Elas são constituídas de um cilindro rotativo com malha de 4 a 6 mm e acionadas por meio de manivela

ou motor, conforme demonstrada na **Figura 59**. Para o peneiramento do vermicomposto é necessário reduzir o teor de umidade para valores próximos a 50%, o que facilita o peneiramento do material. Mas a redução da umidade do vermicomposto não deverá perdurar por muito tempo, pois ocorrem estresses às minhocas. Assim que possível o peneiramento deve ser realizado e as minhocas re-inoculadas em um novo canteiro.



Figura 59. Peneira rotativa. Foto: Zaida I. Antonioli.

Após a retirada das minhocas, o vermicomposto poderá ser adicionado ao solo para a adubação das plantas, ou armazenado para uso posterior ou comercialização. Para isto, é necessário secar ainda mais o vermicomposto e se necessário peneirá-lo para dar maior uniformidade. O armazenamento normalmente é feito em sacos plásticos (tipo de adubo), e deverá ser em local protegido do sol e da chuva.

6. Características e utilização do vermicomposto

As minhocas se alimentam de diversos tipos de resíduos vegetais e animais, em diferentes graus de decomposição. Após o resíduo passar pelo tubo digestivo das minhocas, suas características químicas, físicas e biológicas são modificadas, resultando no vermicomposto, o melhor fertilizante orgânico que se conhece. No organismo das minhocas, primeiramente os resíduos são triturados pela moela, reduzindo o tamanho das partículas. Depois o alimento triturado entra no intestino, onde é quimicamente modificado pela ação de

enzimas dos microrganismos que ali habitam e das diversas enzimas digestivas das minhocas.

O vermicomposto é um produto de coloração escura, uniforme, leve, solto e que apresenta propriedades físicas, químicas e biológicas completamente diferentes da matéria prima original. Do ponto de vista da decomposição, é um produto orgânico estável, não mais sujeito a processos de degradação, diferenciando-se assim dos outros produtos orgânicos, podendo ser aplicado diretamente em contato com as raízes das plantas. Ele adiciona ao solo, em diferentes concentrações, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, entre outros nutrientes, conforme o material de origem. O vermicomposto também propicia a elevação do pH do solo, benefício importante para os solos da Região Sul do Brasil, que normalmente são ácidos.

Devido a estas intensas transformações, ao passar pelo trato digestivo das minhocas, os nutrientes são modificados quimicamente para as formas inorgânicas que podem ser absorvidas pelas plantas, ou seja, ocorre um aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio. A relação C:N dos resíduos reduz em aproximadamente 40% após o processo de vermicompostagem (SOOBHANY et al. 2015), resultado da perda de carbono na forma de CO₂ pela respiração das minhocas e microrganismos. Há também o aumento do pH do vermicomposto, atingindo valores entre 7,0 e 9,0. Do ponto de vista físico há redução do tamanho das partículas, o que resulta no aumento da área de superfície específica, elevando a capacidade de retenção de água e nutrientes no solo (AGULLÓ et al., 2015).

Além dos nutrientes, o vermicomposto incorpora ao solo uma série de microrganismos que são benéficos para o desenvolvimento dos cultivos, tais como as bactérias solubilizadoras de fosfato, produtoras de substâncias promotoras do crescimento das plantas, fixadoras de nitrogênio atmosférico, etc. Também são adicionadas enzimas que atuam nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, favorecendo a sua disponibilização. O incremento de biodiversidade de microrganismos ao solo pelo uso do vermicomposto também favorece a sanidade dos cultivos, uma vez que aumenta a competição pelas fontes de recursos (energia, nutrientes, água etc.), entre estes microrganismos adicionados via vermicomposto e microrganismos patogênicos presentes no solo, além da possibilidade de estabelecer microrganismos antagonistas aos agentes causais de doenças das plantas. Ainda ocorre um aumento da atividade biológica de outros organismos benéficos do solo, como colêmbolos, ácaros, protozoários, etc.

A fertilização das culturas realizada via vermicomposto propicia uma produção maior, mesmo com

uma menor concentração de nutrientes, quando comparada com a adubação mineral (ECKHARDT, 2015), evidenciando que além dos nutrientes, existem substâncias promotoras de crescimento envolvidas neste fenômeno (SINHA et al., 2014). Vários resultados de pesquisa comprovam a qualidade do vermicomposto como fertilizante orgânico. A partir do esterco bovino, Eckhardt (2015) produziu vermicomposto e obteve um produto com teores (g kg^{-1}) de fósforo de 0,84, potássio 0,72, carbono 25,6 e relação C:N de 12,8.

Os resíduos de frigoríficos ricos em gorduras ou sangue animal podem gerar mau cheiro e atrair predadores aos minhocários. No entanto, o processo de vermicompostagem destes resíduos pode resultar em um fertilizante orgânico satisfatório. Utilizando estes resíduos, Morales et al. (2013) verificaram que o vermicomposto resultante poderia ser utilizado para produção de hortícola, pois apresentou relação C:N, teor de nutrientes e metais pesados de acordo com a legislação brasileira (Item "Limite" da Tabela 11).

Outros resíduos, como bagaço de uva ou de cana-de-açúcar, podem ser utilizados como alimento para as minhocas a fim de produzir um fertilizante orgânico de alta qualidade. A vermicompostagem de bagaço de uva resultou em um fertilizante com pH, nutrientes e teores de metais pesados de acordo com a legislação brasileira (SANTANA et al., 2015). Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2002), que constataram que a mistura de bagaço de cana de açúcar e o lodo de esgoto urbano, após a vermicompostagem, po-

dem ser utilizados na produção agrícola. Estes resultados demonstram que, independentemente do resíduo utilizado, se a vermicompostagem for bem conduzida resulta em adubos de qualidade, com potencial para utilização na produção agrícola.

Um dos entraves para a maior disseminação e utilização deste fertilizante orgânico está relacionado às poucas informações sobre a caracterização química e a resposta agrônômica em diferentes culturas (ANTONOLLI et al., 2009; STEFFEN et al., 2011; ECKHARDT et al., 2015). A concentração de nutrientes do vermicomposto varia de acordo com o material de origem, ou seja, do resíduo utilizado para a alimentação das minhocas (Tabela 11).

Um processo de vermicompostagem bem conduzido resulta em um produto com os parâmetros exigidos pela legislação vigente, sob responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Tabela 11), possibilitando seu uso e também a sua comercialização. A comercialização poderá ser feita diretamente aos produtores de hortaliças, de flores, de frutas, etc, e normalmente envolve a compra de maiores quantidades, a granel ou em sacos de 30 a 40 kg. Produtores de vermicomposto em grande escala tem a alternativa de buscar autorização legal e comercializar o vermicomposto em casas agropecuárias, supermercados, floriculturas, entre outros. Neste caso, o valor do produto é maior, próximo a um dólar por quilograma (preço em fevereiro de 2016), o que garante um retorno satisfatório ao produtor do vermicomposto.

Tabela 11. Característica química de vermicompostos produzidos a partir de rúmen bovino, esterco bovino (BASSACO et al., 2014) e bagaço de uva (SANTANA et al., 2015) e limites segundo a legislação brasileira.

Parâmetros	Unidade	Rúmen bovino	Esterco bovino	Bagaço de uva	Limites ⁽⁵⁾
Nitrogênio ⁽¹⁾	g kg^{-1}	15	18	32,0	mín. 5,0
Fósforo ⁽²⁾	g kg^{-1}	6,7	4,7	3,0	-
Potássio ⁽²⁾	g kg^{-1}	6,5	15,0	12,0	-
Carbono ⁽¹⁾	g kg^{-1}	230	270	346,0	mín.100,0
Relação C/N	-	35,3	18	10,5	máx. 14,0
pH	-	8,7	7,9	8,0	mín. 6,0
Mercúrio ⁽³⁾	mg kg^{-1}	0,16	0,16	< 0,01	máx. 0,4
Cobre ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	17	28	39,0	máx.70
Zinco ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	103	139	27,2	máx. 200
Cádmio ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	nd	Nd	< 0,2	máx. 0,7
Níquel ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	nd	Nd	4,0	máx. 25
Cromo ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	nd	Nd	7,0	máx. 7,0
Chumbo ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	nd	Nd	3,0	máx. 45
Molibdênio ⁽⁴⁾	mg kg^{-1}	nd	Nd	0,2	-

⁽¹⁾Determinado em Analisador Elementar (Flash 1112, Thermo Finnigan, Itália). ⁽²⁾Digestão sulfúrica e determinação em Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA) (GBC, 932 AA, USA), conforme EMBRAPA (1997). ⁽³⁾Método EPA 7471A. ⁽⁴⁾Método EPA 3050. ⁽⁵⁾ Instrução Normativa N° 25, 23/07/2009 (BRASIL, 2009); Instrução normativa n° 17, 18/06/2014, MAPA; nd: não determinado.

A aplicação do vermicomposto ou de qualquer outro fertilizante ao solo deve ser realizada segundo critérios técnicos, onde as necessidades nutricionais das culturas precisam ser consideradas. Além disto, mesmo após o tratamento, a adição de fertilizantes orgânicos ao solo pode causar contaminação ambiental se superdosagens forem utilizadas.

Diferentemente dos fertilizantes sintéticos ou minerais, que são solúveis e disponibilizam os nutrientes assim que adicionados ao solo, nos fertilizantes orgânicos os nutrientes estão presentes predominantemente na forma orgânica e necessitam passar pelo processo de mineralização para então ficarem disponíveis na solução do solo. Assim quando o vermicomposto é adicionado ao solo é importante quantificar o teor de nutrientes minerais e a sua fração mineralizável (MOORE et al., 2010), que somada ao teor mineral contido no solo, indicará o total disponível à cultura durante o ciclo (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2009).

Avaliando a produção de fertilizantes orgânicos a partir de esterco bovino Eckhardt et al. (2016) encontraram valores em torno de 20 g kg⁻¹ de N no vermicomposto. Deste total, 5 g kg⁻¹ de N (22% do total) foram mineralizadas em 90 dias, ou seja, foram disponibilizadas às plantas. Em outro estudo, Eckhardt (2015) encontrou 15 g P kg⁻¹ de o vermicomposto produzido a partir de esterco bovino. A mineralização do fósforo indicou que cerca de 62% deste total é disponibilizado para as plantas em apenas 14 dias. Neste mesmo estudo, o vermicomposto disponibilizou aproximadamente 17 g K kg⁻¹, dos quais 70% são disponibilizados para as plantas em 14 dias. Estes resultados demonstram a importância da quantificação dos teores mineralizáveis dos nutrientes dos fertilizantes orgânicos, pois o conhecimento desta composição permite uma adubação equilibrada, que resulte em alta produtividade e não incorra na adição de sub ou superdosagens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento dos resíduos sempre foi uma atividade que teve sua importância subestimada nas mais diversas áreas de atuação humana (agrícola, industrial, doméstica, etc). Porém, com o aumento exponencial da geração dos resíduos e a degradação acelerada dos recursos naturais, houve forte pressão da sociedade para que todos os agentes geradores realizassem o adequado tratamento dos resíduos. Esta pressão teve efeito e resultou na aprovação da Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Porém, antes do temor da penalização criminal, o produtor rural deve tomar consciência de que o não

tratamento dos resíduos pode representar a contaminação das suas terras, águas, ar e conseqüentemente, da sua família, funcionários, animais domésticos e do ambiente como um todo. Além disto, está desperdiçando dinheiro, pois o vermicomposto é mais barato e tem maior potencial fertilizante que os adubos químicos.

A vermicompostagem é um processo eficiente para o tratamento de resíduos orgânicos, além de ser simples, barato e utilizar pouca mão-de-obra. Para obter todos os benefícios que a técnica oferece, o produtor rural deverá atentar para que a vermicompostagem ocorra de forma adequada e para isto o presente capítulo demonstrou os principais pontos a serem observados durante a realização do processo.

Por fim, enfatiza-se que são inúmeras as melhorias obtidas nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo com a utilização do vermicomposto, o que resulta em maior e mais saudável crescimento das plantas. Ainda há que se destacar que a vermicompostagem pode aumentar a renda do produtor rural através da venda do vermicomposto, o qual possui boa remuneração, desde que tenha a qualidade exigida pela legislação.

REFERÊNCIAS

- AGULLÓ, E.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, M.; BUSTAMANTE, M. Á.; PÉREZ-MURCIA, M. D.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; MORAL, R. Vermicomposting as an Added-Value Post-treatment for Livestock Waste Composts. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46(S1): p. 208–218, 2015.
- ALI, U.; SAJID, N.; KHALID, A.; RIAZ, L.; RABBANI, M. M.; SYED, J. H.; MALIK, R. N. A review on vermicomposting of organic wastes. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 28, n. 3, p. 1–13, 2015.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5ª edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 120p. 2008.
- AMLINGER, F.; PEYR, S.; CUHLS, C. Green house gas emissions from composting and mechanical biological treatment. **Waste Management & Research**, v. 26, n. 1, p. 47–60, 1 fev. 2008.
- ANDA - **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. 2015. Disponível em <<http://www.anda.org.br/Principais-Indicadores-2010-Det.pdf>> Acesso em 24 de dezembro de 2015.
- 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). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.
- BASTOS, M.C. et al. Contaminação do solo e da água com medicamentos veterinários. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 101–154.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. a; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–53, nov. 2009.

- BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V. C. B. Mineralização de compostos nitrogenados de lodos de esgoto na quinta aplicação em latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 711-722, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014. [Internet] 2014. [acesso 2015 mar 02]; Disponível em <<http://goo.gl/vx9yEF>>.
- BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União 2010; 3 ago. [acessado 2011 dez 15].
- BRITO, L. M.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J.; SMITH, S. R. Simple technologies for on-farm composting of cattle slurry solid fraction. **Waste Management**, v. 32, n. 7, p. 1332-1340, jul. 2012.
- CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 21, p. 575-579, 1997.
- CANER, L.; TIECHER, T. Contaminação da água com nitrato pelo uso excessivo de dejetos líquidos de suínos na França: o que o Sul do Brasil pode aprender? In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 195-223.
- CLASEN, B.E. et al. Atividades agropecuárias e a contaminação da água e peixes com agrotóxicos. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 56-100.
- COLÓN, J.; MARTÍNEZ-BLANCO, J.; GABARRELL, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A.; RIERADEVALL, J.; FONT, X. Environmental assessment of home composting. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 11, p. 893-904, 2010.
- COPETTI, A.C.C. et al. Tratamento de resíduos agroindustriais com técnicas simplificadas. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2016. p. 100-117.
- COTTA, J. A. D. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. D. S.; REZENDE, M. O. D. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 65-78, 2015.
- DOMÍNGUEZ, J. State of the art and new perspectives in vermicomposting research. *Earthworm Ecology*. p. 401-425. In: C. A. Edwards (ed). CRC Press. Boca Raton. 2004.
- DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C. A. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. (Ed.). **Vermicomposting Technology**. Boca Raton: CRC Press, 2011. p. 27-40.
- DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 359-371, 2010.
- DOMÍNGUEZ, J.; PEREZ-LOUSADA, M. *Eisenia fetida* (savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de Lombrices de tierra. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, Número Especial 2: p. 321-331, 2010
- ECKHARDT, D. P. **Fertilizantes orgânicos: índice de eficiência e produção de alface, cenoura e mudas de eucalipto**. 2015. 98 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.
- ECKHARDT, D. P.; REDIN, M.; JACQUES, R. J. S.; LORENSINI, F.; SANTOS, M. L. S.; WEILER, D. A.; ANTONIOLLI, Z. I. Mineralization and efficiency index of nitrogen in cattle manure fertilizers on the soil. **Ciência Rural**, v.46, n.3, mar, 2016.
- EPSTEIN, E. *The Science of Composting*. Boca Raton, FL: CRC Press. 1997.
- FIBL-IFOAM. **The world of organic agriculture: statistics & emerging trends 2014**. Bonn: FIBL-IFOAM, 2014.
- HELENA, C.; JOHN, A.; VINNÉRÅS, B. Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms – Kampala case study. **Waste Management**, v. 39, p. 0-7, 2015.
- KAISER, D.R. O sistema de produção de fumo e o potencial de contaminação com nitrato da água superficial e subsuperficial. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 224-257.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 492 p. 1985.
- LANDGRAF, M. D. et al. Caracterização de ácidos húmicos de vermicomposto de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 483-486, 1999.
- LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMÍNGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, v. 72, n. 7, p. 1013-9, jul. 2008.
- LI, X.; ZHANG, R.; PANG, Y. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 2, p. 359-367, jan. 2008.
- LIM, S. L.; WU, T. Y.; LIM, P. N.; SHAK, K. P. Y. The use of vermicompost in organic farming: Overview, effects on soil and economics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. August, p. n/a-n/a, 30 jul. 2014.
- LLEÓ, T.; ALBACETE, E.; BARRENA, R.; FONT, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A. Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 70-76, maio 2013.
- LOURENZI, C.R. et al. Uso de dejetos líquidos de suínos na agricultura familiar: potencial fertilizante e poluidor. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 155-194.
- MALLMANN, F.J.K. Importância, riscos e fontes de contaminação por metais pesados nos solos do sul do Brasil. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph, 2016. p. 20-55.
- MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/animal/>> Acesso em agosto de 2015.
- MARTÍNEZ-CORDEIRO, H. et al. Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda orgánica de alta calidad agrícola y de polifenoles bioactivos. **Recursos Rurais**, v. 9, p. 55-63. 2013.
- MOORE, A. D. et al. Mineralization of Nitrogen from Biofuel By-products and Animal Manures Amended to a Sandy Soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 1315-1326, 2010.
- MORALES, D. A.; SANTANA, N. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J.; KIRST, G. P.; STEFFEN, R. B. Utilização dos diferentes vermicompostos produzidos a partir de resíduos da estação de tratamento de efluentes como substrato para produção

- de mudas de alface. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 35 n. 1, p. 055-063. 2013.
- NAIR, J.; SEKIOZOIC, V.; ANDA, M. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*, v. 97, n. 16, p. 2091–2095, nov. 2006.
- RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A.; ZIADNA, H. Organic Matter and Nitrogen Conservation in Manure Compost for Organic Agriculture. *Compost Science & Utilization*, v. 12, n. 1, p. 6–10, jan. 2004.
- SANTANA, N. A.; FERREIRA, P. A. A. R.; SORIANI, H. A. H. D.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F. T.; ANTONIOLLI, Z. I.; SEMINOTI JACQUES, R. J. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on copper phytoremediation in a sandy soil. *Applied Soil Ecology (Print)*, v. 96, p. 172-182, 2015.
- SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. M.; SCHWENGBER, J. E.; SCHIAVON, G. A. Minhocultura em camadas: um manejo para otimizar o minhocário na propriedade familiar. *Comunicado Técnico (Embrapa)* Nr. 172, dez. 2007b.
- SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E.; GONÇALVES, M. M.; SCHIAVON, G. A.; CARDOSO, J. H. Minhocário campeiro de baixo custo para a agricultura familiar. *Comunicado Técnico (Embrapa Clima Temperado)* Nr. 171, dez. 2007a.
- SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.E.; SCHIAVON, G. A.; GONÇALVES, M.M. *Minhocultura: produção de húmus*. 2. ed. Rev. e Ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 56 p. (ABC da Agricultura Familiar)
- SCHUMACHER, M. V. et al. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill exMaiden. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2001.
- SHERMAN, R.L.; APPELHOF M. Small-scale and domestic vermicomposting systems. In: EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. (Ed.). *Vermicomposting Technology*. Boca Raton: CRC Press, 2011. p. 67–78.
- 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, n.3, p.487-491, 2002.
- SINHA, R. K.; VALANI, D.; CHAUHAN, K.; AGARWAL, S. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *International Journal of Environmental Research and Public Health safety* v. 1, p. 50-64. 2014.
- SOOBHANY, N.; MOHEE, GARG, V. K. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. *Ecological Engineering*, v. 84, p. 149–158. 2015.
- STEFFEN, G. P. K. et al. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, p. 75-82, 2011.
- SUN, Y.; DIAO, X.; ZHANG, Q.; SHEN, J. Bioaccumulation and elimination of avermectin B1a in the earthworms (*Eisenia fetida*). *Chemosphere*, v. 60, n. 5, p. 699–704, jul. 2005.
- SUNADA, N. S. et al. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. *Ciência Rural*, v.45, n.1 p. 178-183. 2015.
- SUNDBERG, C.; YU, D.; FRANKE-WHITTLE, I.; KAUPPI, S.; SMÅRS, S.; INSAM, H.; ROMANTSCHUK, M.; JÖNSSON, H. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. *Waste Management*, v. 33, p. 204–211, 2013.
- SVENDSEN, T. S.; SOMMER, C.; HOLTER, P.; GRØNVOLD, J. Survival and growth of *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae) fed on dung from cattle given sustained-release boluses of ivermectin or fenbendazole. *European Journal of Soil Biology*, v. 38, n. 3-4, p. 319–322, jun. 2002.
- TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, 99: p. 816-828, 2005.
- TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. *Composting in the classroom: scientific inquiry for high school students*. Cornell: Cornell University, 1997.
- WANG, K.; LI, X.; HE, C.; CHEN, C.; BAI, J.; REN, N.; WANG, J. Transformation of dissolved organic matters in swine, cow and chicken manures during composting. *Bioresource Technology*, v. 168, p. 222–228, set. 2014.
- WANG, Y.; CANG, T.; ZHAO, X.; YU, R.; CHEN, L.; WU, C.; WANG, Q. Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 79, p. 122–128, maio 2012.
- WARMAN, P. R.; ANGLOPEZ, M. J. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource technology*, v. 101, n. 12, p. 4479–83, jun. 2010.
- YADAV, A.; GARG, V. K. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 3, p. 2874–2880, fev. 2011.
- YUAN, J.; YANG, Q.; ZHANG, Z.; LI, G.; LUO, W.; ZHANG, D. Use of additive and pretreatment to control odors in municipal kitchen waste during aerobic composting. *Journal of Environmental Sciences*, v. 37, p. 83–90, nov. 2015.