

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**POTENCIAL DE LARVAS DE COLEOPTERA
(SCARABAEOIDEA) COMO MESOFAUNA
DECOMPOSITORA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
PROVENIENTES DE BAIAS DE EQUINOS**

JOSÉ CARLOS RIBEIRO DE CARVALHO

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
AGOSTO - 2019**

**POTENCIAL DE LARVAS DE COLEOPTERA
(SCARABAEOIDEA) COMO MESOFAUNA
DECOMPOSITORA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
PROVENIENTES DE BAIAS DE EQUINOS**

JOSÉ CARLOS RIBEIRO DE CARVALHO

Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 1977

Tese apresentada ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientadora: Profa. Dra. Fabiane de Lima Silva

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

AGOSTO - 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

C331a	<p>Carvalho, Jose Carlos Ribeiro de. Potencial de larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) como mesofauna decompositora de resíduos orgânicos provenientes de baias de eqüinos / Jose Carlos Ribeiro de Carvalho._ Cruz das Almas, BA, 2019. 88f.; il.</p> <p>Orientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho. Coorientadora: Fabiane de Lima Silva.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Compostagem – Resíduos orgânicos. 2.Adubação orgânica – Entomologia. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título. CDD: 631.874</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**POTENCIAL DE LARVAS DE COLEOPTERA (SCARABAEOIDEA)
COMO MESOFAUNA DECOMPOSITORA DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS PROVENIENTES DE BAIAS DE EQUINOS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE
JOSÉ CARLOS RIBEIRO DE CARVALHO**

Realizada em 13 de agosto de 2019

Profa. Dra. Fabiane de Lima Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Coorientadora)

Prof. Dr. Elvis Lima Vieira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Externo

Profa. Dra. Geni da Silva Sodré
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno

Prof. Dr. Gilberto Marcos de Mendonça Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Examinador Externo

Dra. Marilene Fancelli
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À Deus por ter me concedido esta dádiva no estradar da minha existência.

Aos meus pais João e Clarice (*in memorian*), saudade eterna.

Aos meus filhos Sandro, Daniela, Victor, Vanessa, Caroline, Gabriela e Mabe (filha do coração), incondicionalmente razão maior da minha vida.

Às netas Agnes, Samara e Glenda, filhas duas vezes.

Aos meus irmãos Ina e João (*in memorian*), Vivaldo e Sinfrônio, partes do meu ser.

À companheira Nira, pelas preocupações com a minha saúde física.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Curso de Doutorado) pela oportunidade em desenvolver essa pesquisa.

Ao prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho pelo companheirismo, relevante orientação, ajuda e apoio em todas as etapas dessa pesquisa.

À prof.^a Dr.^a. Fabiane de Lima Silva (coorientadora) pela amizade e auxílio estatístico.

Ao prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

Ao prof. Dr. Elvis Lima Vieira, diretor do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, pela amizade e apoio.

Aos Docentes e Pesquisadores que contribuíram com as suas críticas e sugestões para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu filho Victor José Uchôa de Carvalho, agradecimento especial pelo auxílio no levantamento bibliográfico e digitação parcial do trabalho.

À graduanda da UFRB, Maria Carolina Freitas de Lima, pelo valioso auxílio na digitação de textos.

Ao amigo Juan Erle Cunha de Oliveira, também pela ajuda no levantamento bibliográfico.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO 01

ARTIGO 1

COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO SOBRE OS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE INTERESSE AGRONÔMICO 28

ARTIGO 2

OCORRÊNCIA DE LARVAS DE BESOUROS (SCARABAEOIDEA) EM COMPOSTEIRAS DE RESÍDUOS DE BAIAS DE EQUINOS 41

ARTIGO 3

AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DE BAIAS DE EQUINOS SUBMETIDOS ÀS LARVAS DE BESOUROS (SCARABAEOIDAE) E MINHOCAS (*Eisenia foetida*) 54

CONSIDERAÇÕES FINAIS 67

APÊNDICE 69

POTENCIAL DE LARVAS DE COLEOPTERA (SCARABAEOIDEA) COMO MESOFAUNA DECOMPOSITORA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DE BAIAS DE EQUINOS

Autor: José Carlos Ribeiro de Carvalho

Orientador: Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Resumo: A matéria orgânica é importante para a maioria dos cultivos agrícolas, tendo como fonte, diversos produtos da agropecuária. Diversos dejetos animais são utilizados como adubo orgânico, embora haja um potencial de uso de esterco de equinos, que ainda é pouco conhecido. Os esterco de uma forma geral precisam passar pelo processo de humificação para ter o seu potencial de uso na agricultura expressado ao máximo. Esse processo pode ocorrer naturalmente, mas organismos como vermes e larvas podem acelerar a transformação do esterco em húmus. Este estudo teve por objetivo fazer uma revisão sobre aspectos da compostagem de interesse para a agricultura, registrar a ocorrência de larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) em resíduos de baias de equinos e comparar o resultado da ação desses macroorganismos e das minhocas nesse tipo de resíduo. O estudo ocorreu no ano de 2018 e o material das baias de equinos foi proveniente do município de Feira de Santana-BA. Considerando os benefícios da compostagem, ficou evidente a necessidade de intensificar o seu uso na agricultura. Os resíduos das baias de equinos são utilizados por larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) e a espécie fitófaga, *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) foi registrada pela primeira vez nesse tipo de resíduo no Brasil. Quando se comparou os resíduos das baias de equinos submetidos às larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) com os submetidos às minhocas após um determinado período de tempo, os resultados confirmam o potencial das larvas como decompositora desses resíduos.

Palavras-chave: Compostagem; Matéria orgânica; Entomologia agrícola; *Eisenia foetida*.

LARVAE OF COLEOPTERA (SCARABAEOIDEA) AS DECOMPOSING MESOFAUNA OF ORGANIC WASTE FROM HORSE STALLS

Author: José Carlos Ribeiro de Carvalho

Adviser: PhD. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Abstract: Organic matter is important for most agricultural crops, having as a source, several agricultural products. Animal waste is used as an organic fertilizer and there is potential for use of horse manure, which is still little known. Manure generally has to go through the humification process in order to have its maximum potential for use in agriculture. This process can occur naturally; however, organisms, such as worms and larvae, can accelerate the transformation of manure into humus. The aim of this study was to review composting aspects of agriculture to record the occurrence of Coleoptera (Scarabaeoidea) larvae in horse stalls and compare the results of these macroorganisms and earthworms on this type of residue. The study was carried out in 2018 and the material of the horse stalls was obtained from the municipality of Feira de Santana, Bahia State, Brazil. Considering the benefits of composting, the need to intensify its use in agriculture was evident. The use of Coleoptera larvae (Scarabaeoidea) and the phytophagous species, *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) to decompose waste from horse stalls was recorded for the first time in Brazil. When comparing the residuals of the horse stalls submitted to Scarabaeoidea larvae (Coleoptera) with those submitted to earthworms after a certain period of time, similar results were verified, confirming the potential of the larvae as decomposer of these wastes.

Keywords: Composting; Organic matter; Agricultural Entomology; *Eisenia foetida*.

REFERENCIAL TEÓRICO

A adubação orgânica é importante no processo agrícola por possibilitar a melhoria das condições físico-químicas do solo, favorecendo ao desenvolvimento das plantas de interesse econômico. Na produção dos adubos orgânicos, muitos organismos são conhecidos pela atuação como decompositores, destacando os vermes conhecidos como minhocas. Para esses organismos, existem diversos estudos abordando diferentes materiais orgânicos, dentre os quais se encontram os esterco, especialmente o de origem bovina. Contudo, pouco se conhece sobre o esterco de equinos no Brasil e menos ainda sobre a ação de organismos no processo da sua decomposição, especialmente a ação dos besouros coprófagos.

Desta forma, informações sobre a decomposição desse material orgânico por organismos como minhocas e besouros coprófagos, tanto podem potencializar o uso do esterco de equinos, como também pode contribuir para o uso agrônomo e a conservação desses insetos da ordem Coleoptera.

Importância da matéria orgânica para a agricultura

A matéria orgânica decomposta interfere positivamente em grande parte do potencial produtivo dos solos brasileiros, pois contribui para a melhoria das suas características físico-químicas e biológicas. Dentre os benefícios proporcionados ao solo, pode-se destacar a melhor agregação, infiltração e retenção de água, aeração, maiores somas de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), porcentagem de saturação de bases (%V), complexação de elementos tóxicos e disponibilidade de macro e micronutrientes, além dos aspectos biológicos que estão relacionados com microrganismos benéficos encontrados na matéria orgânica, destacando-se fungos, bactérias e actinomicetos. Diferentes ácidos orgânicos, como: húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e humina, presentes em maiores concentrações no húmus, reúnem as partículas do solo no processo de cimentação formando agregados estáveis, aumentando a sua porosidade e reduzindo a densidade aparente, deixando o solo mais floculado, ou seja, melhorando a sua estrutura (KOULL; HALITAT, 2016).

As substâncias húmicas são misturas heterogêneas de polieletrólitos originadas pela degradação biológica de resíduos animais e vegetais e da atividade de microrganismos. Possuem alto teor de grupos funcionais contendo oxigênio na forma de carboxilas, hidroxilas fenólicas e carbonilas. Os ácidos húmicos são responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica (CTC) de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos culturais (STEVENSON, 1994; ROCHA et al., 2000; ROSSI et al., 2011).

O material orgânico humificado é constituído por compostos de carbono em diferentes graus de associação com as fases minerais do solo originados a partir da decomposição de resíduos vegetais e animais. Além de ser fonte de nutrientes, a matéria orgânica apresenta cargas de superfície que contribuem para o aumento da CTC do solo e, devido a sua alta reatividade, regula a disponibilidade de vários nutrientes, bem como a atividade de elementos potencialmente fitotóxicos e retrogradantes do fósforo, como ferro, alumínio e manganês, em solos ácidos. Existem também os aspectos biológicos relacionados com macro e microrganismos benéficos, encontrados na matéria orgânica, como as minhocas, larvas, besouros, fungos, bactérias e actinomicetos, responsáveis por uma série de transformações e reações, inclusive na fixação biológica do nitrogênio pela planta (ZANDONADI et al., 2014).

Por ser pouco densa em relação aos minerais do solo e por favorecer a formação de grânulos mais estáveis, a matéria orgânica reduz a densidade aparente do solo notadamente em solos argilosos, que apresentam uma maior microporosidade influenciando negativamente na aeração, com menor entrada de oxigênio da atmosfera livre para o interior do solo. Esse fator tem relevância para a respiração das raízes e absorção de elementos nutritivos na fase ativa, onde a energia é retirada da oxigenação. Também nesse tipo de solo, a drenagem fica prejudicada, favorecendo o encharcamento e uma maior enxurrada superficial, levando à probabilidade de aumento da erosão hídrica laminar. Nessa condição de solo, a saída de dióxido de carbono e metano, resultante da respiração das raízes e organismos do solo ficam comprometidas (PENTEADO, 2016).

Nos solos arenosos, denominados impropriamente como amorfos, há uma predominância da macroporosidade, com boa aeração, mas uma drenagem muito

intensa, ou seja, baixa capacidade de armazenamento de água, o que pode ser prejudicial para a planta em períodos de estiagem, também denominados veranico. O emprego da matéria orgânica humificada minimiza esse problema, pois atua como se fosse uma esponja aumentando a capacidade de retenção de água no solo (BASTOS et al., 2005).

O pH representa a acidez ativa do solo, que é a concentração de íons hidrogênio na sua solução de onde são absorvidos os elementos nutritivos pela planta. Quando o pH é muito baixo, menor que 5, tem-se mais hidrogênio na solução e menos nutrientes para a planta, trazendo prejuízos para a nutrição da mesma. Embora a matéria orgânica não corrija o pH do solo, pode torná-lo mais estabilizado e menos susceptível a mudanças bruscas pelo uso de substâncias ácidas ou básicas, ou seja, aumenta o poder tampão do solo, fator positivo em solos arenosos com pequena concentração de coloides inorgânicos e baixo poder tampão (MORSELLI, 2016).

Outro aspecto importante é o alumínio trocável, principal representante da acidez trocável do solo. Sua presença é muito prejudicial para a produção vegetal, pois além do efeito fitotóxico, é o maior retrogradante do íon fosfato e responsável pela dessorção de elementos básicos (cálcio, magnésio, potássio, sódio e outros íons positivos) do complexo de troca para a solução do solo em grandes quantidades, levando-os a perdas por lixiviações. A matéria orgânica humificada pode atenuar essas perdas, pseudo fixando o alumínio e também o ferro e manganês, que podem complexar o ânion fosfato e conseqüentemente diminuir a lixiviação de bases supracitadas. Os efeitos nocivos do alumínio trocável são atenuados após a humificação da matéria orgânica em virtude da maior presença dos ácidos húmicos, himatomelânicos, fúlvicos e humina, que quelatizam esse íon, tornando-o sem atividade por determinado tempo (TAKAHASHI; DAHLGREN, 2016).

A matéria orgânica no último estágio de decomposição é de relevância fundamental nos solos tropicais intensamente intemperizados, com argila de baixa atividade química, do grupo das caulinitas (1:1), incidindo em pequenas somas de bases (S) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC), repercutindo em menor retenção de nutrientes e tendo uma porcentagem de saturação de bases (%V) baixa. A matéria orgânica aumenta sobremodo a superfície específica do solo, importante para a maior CTC, capacidade de adsorção de nutrientes e o

fornecimento destes para a planta. A porcentagem de saturação de bases (%V) é o parâmetro físico-químico mais importante, pois ele determina a capacidade produtiva do solo, sendo classificado em: distrófico (%V < 50), onde a produção vegetal fica comprometida não atendendo à necessidade de nenhuma família de plantas; eutrófico fraco (%V em torno de 60%), abrigando principalmente plantas da família das gramíneas. A matéria orgânica pode aumentar esse valor em torno de 70 a 80%, onde podem ser exploradas outras culturas, como as leguminosas, plantas de paisagismo, horticultura e fruticultura (SILVA et al., 2012).

A matéria orgânica humificada apresenta diversidade de nutrientes, porém os teores são muito pequenos, principalmente comparando-se com os adubos minerais. Os nutrientes mais representativos da matéria orgânica são nitrogênio, enxofre e boro, e embora a concentração do fósforo seja menor nos adubos orgânicos, comparando-se com os conteúdos de nitrogênio e potássio, a matéria orgânica do solo é uma relevante fonte desse nutriente para as plantas, contendo geralmente de 15 a 80% do fósforo total encontrado no solo (KIEHL, 1985). Embora o nitrogênio e o enxofre estão bem representados na matéria orgânica, seus armazenamentos no solo só podem ocorrer se estiverem na forma orgânica, pois a forma mineral de nitrogênio amoniacal e nítrico e do enxofre na forma de sulfato são predispostas à volatilização e/ou lixiviação (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Com o processo de humificação da matéria orgânica, a relação C/N é estreitada e o nitrogênio mineralizado fica mais disponível para a planta, com liberação mais lenta do que nos adubos minerais fontes do nutriente. Dessa forma, constitui-se em uma reserva para a planta, por possibilitar apresentar um efeito residual do elemento, o que não ocorre com o nitrogênio proveniente de adubos nitrogenados industrializados, que ficam mais predispostos à lixiviação.

As bases cálcio e magnésio estão em concentrações insuficientes na matéria orgânica para uma elevação da soma de bases, porém com efeito indireto determinado pelo aumento do processo adsortivo, devido à dissociação de radicais alcoólicos, fenólicos e carboxílicos existentes na matéria orgânica (KIEHL, 2001; 2004).

Os micronutrientes, como o molibdênio e principalmente ferro, cobre, zinco e manganês apresentam concentrações pequenas, não atendendo às necessidades nutricionais da planta (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

De acordo com Ramos et al. (2010), a matéria orgânica humificada tem importante papel no aproveitamento de fósforo para as plantas, sendo que nos solos tropicais é o elemento mais limitante da produtividade da biomassa, principalmente em virtude do processo da retrogradação sofrida pelos íons ferro, alumínio e manganês. Principalmente o ácido húmico quelatiza esses íons aumentando o coeficiente de disponibilidade do fósforo para a planta. Biologicamente, a matéria orgânica tem grande importância, pois devido a sua presença o solo é considerado um sistema vivo, em contínuas alterações. A maioria das reações que ocorrem no solo é de caráter bioquímico, com a ação de microrganismos. A matéria orgânica é de suma importância para a reprodução e a ação desses organismos que tem um papel relevante no processo produtivo, como as reações de oxidação de elementos e fixação simbiótica e livre do nitrogênio. Tem grande influência para os organismos do solo pelo fornecimento de nutrientes e energia para as suas atividades, sendo a residência também para macrorganismos como as minhocas, que são verdadeiros arados biológicos, melhorando a aeração do solo (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004).

Conforme Kiehl (2004), a matéria orgânica tem importância direta na biologia do solo constituindo uma fonte de energia e de nutrientes para os organismos que participam de seu ciclo biológico, mantendo o solo em estado de constante dinamismo, exerce conseqüentemente importante papel na fertilidade e na produtividade das culturas.

Desta forma, o uso de matéria orgânica, especialmente pelo processo de compostagem, traz uma série de vantagens para a agricultura, entre elas a própria decomposição da matéria orgânica potencialmente putrescível para um estado estável, levando à reciclagem de nutrientes e à redução da emissão de gás metano resultante de processos anaeróbicos. A compostagem é o processo mais fácil e barato de decomposição da matéria orgânica na propriedade agrícola. Dentre as diversas possibilidades de fontes de matéria orgânica na agropecuária, encontram-se os esterco. Diversos dejetos animais são utilizados como adubo orgânico, de maneira especial, os esterco dos bovinos, ovinos e caprinos. No entanto, há um potencial de uso de esterco de equinos, que ainda é pouco conhecido e por isso mesmo tem pouca aceitação por diversos agricultores (VÁZQUEZ; LOLI, 2018).

Esterco de equinos

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) classificou a equinocultura brasileira como parte integrante da atividade pecuária em virtude de sua importância social e econômica (VIEIRA, 2011). O Brasil possui um rebanho com cerca de 5,6 milhões de cabeças ficando atrás da China (7,9 milhões de cabeças) e do México (6,3 milhões de cabeças) (GUERRA; MEDEIROS, 2012). Este efetivo de rebanho praticamente se estabilizou nos últimos anos no Brasil, sendo que a maior população nacional de equinos encontra-se na região Sudeste, mais especificadamente no estado de Minas Gerais (IBGE, 2017).

O cavalo é utilizado para múltiplas atividades de lazer, esportes e terapias, principalmente no tratamento de pacientes especiais, aumentando o número de baias em centros urbanos e até “hotéis para cavalo”, o que culminou com o aumento considerável de animais por criador (VIEIRA, 2011). De acordo com esse autor, o dejetos sólido dos equinos é pouco usado no país, especialmente na região Nordeste, onde normalmente se queima, pois pelo volume produzido nos estábulos ou baias, constituem-se um poluente para o meio ambiente.

Os animais ficam em regime de confinamento abrigados nestes estábulos não fazendo normalmente pastoreio direto. As baias têm dimensões variáveis com aproximadamente 16 m², com piso de chão batido (sem calçamento), tendo no centro uma espécie de bueiro preenchido com pó de carvão e maravalha, que tem como função captação do excremento líquido (urina). Todo o piso da baia é coberto com maravalha fina ou casca de arroz, que serve como cama do animal e também tem a função de captar os excrementos líquidos e sólidos. Periodicamente, com aproximadamente 30 dias de uso, troca-se a cama (COSTA et al., 2009).

O esterco sólido é retirado diariamente das baias, sendo amontoado em determinada área da granja ou sítio, onde normalmente ocorre o processo de fermentação ou são incinerados. Esse dejetos normalmente está associado com feno ou ao capim disponíveis para alimentação do animal e que podem se perder do cocho. A produção de resíduos oriundos da criação de equinos pode tornar-se um poluente do meio ambiente, principalmente quando os animais são criados no sistema intensivo (estábulo). O desenvolvimento tecnológico e o incentivo aos empreendimentos deste setor fizeram com que os métodos intensivos de

produção passassem a gerar toneladas de resíduos e dispersá-los no meio ambiente, geralmente sem nenhum tratamento prévio, podendo ser um poluente para o meio ambiente principalmente por conter na constituição do excremento sólido nutrientes, como: nitrogênio, fósforo, cobre e cobalto, que podem ser agentes poluidores (SARMAH, 2009).

Os produtores minimizam o problema humificando os resíduos dos equinos em local devido, ou seja, em composteira. O esterco dos equinos tem um grau de riqueza considerável, principalmente quando os mesmos são acondicionados para a sua fermentação sob o processo de compostagem de modo devido, diminuindo conseqüentemente as perdas por volatilização de nitrogênio e enxofre, macronutrientes mais representativos da matéria orgânica. O elevado conteúdo de nutrientes nesse adubo deve-se também a duas razões, alimentação com uso de rações balanceadas e por serem animais monogástricos extraindo menos nutrientes para seu organismo, diferentemente dos bovinos que são poligástricos. A pequena disseminação do uso do esterco de equinos deve-se a preconceitos e à falta de conhecimento sobre o valor em elementos nutritivos, se comparado ao de outras espécies animais (INÁCIO; MILLER, 2009).

Os resíduos orgânicos, como o esterco de equinos, podem ser transformados pelo processo de compostagem por macrorganismos. Dentre eles se encontram as minhocas (vermicompostagem) e as larvas de besouros coprófagos (larvacompostagem) (PEREIRA, 2017).

Vermicompostagem

Dentre as técnicas do tratamento biológico, a vermicompostagem apresenta baixos custos de implementação, uma vez que o adubo orgânico é obtido a partir de substratos de origem animal e/ou vegetal pré-compostados, fator importante porque não se tem o perigo de haver morte de minhocas pela possibilidade da presença maior de sais, o que aumentaria a pressão osmótica do meio. Posteriormente, no material pré-compostado são inoculadas as minhocas, sendo que a mais utilizada é a espécie *Eisenia foetida* (L.), também denominada “Vermelha da Califórnia”, dando um processamento final à matéria orgânica e resultando em um húmus mais rico em nutrientes que o composto orgânico, principalmente em relação ao elemento fósforo (YADAV; GARG,

2011). Nas diferentes regiões do Brasil estão bastante difundidas na humificação de diferentes adubos orgânicos, principalmente os esterco de animais.

A técnica de humificação de resíduos orgânicos por vermicompostagem tem por finalidade introduzir no composto orgânico ou estrumes de animais, as minhocas colocadas em local devido denominado de minhocário, com a finalidade de digerir a matéria orgânica, provocando a sua degradação, diminuindo conseqüentemente o tempo de humificação da matéria orgânica (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN, 2013).

Taxonomicamente, as minhocas pertencem ao Reino Animalia, Filo Annelida, Classe Oligochaeta, Ordem Opisthospora, destacando-se as Famílias: Glossocolecidae, Lunibricidae e Megascolecidae, bem como um grande número de gêneros e espécies. Entre as espécies de minhocas mais utilizadas no processo de vermicompostagem encontram-se a Vermelha da Califórnia, *Eisenia foetida* e *Eisenia andrei*, e a Noturna ou Gigante Africana, *Eudrilus eugeniae* (BORNHAUSEN, 2010).

As minhocas são vermes anelídeos, pois tem o corpo formado por anéis cobertos por um tegumento resistente, seu excremento é denominado de coprólito, sendo este produto da digestão diferenciado dos demais adubos, denominando-se húmus de minhoca (AMORIM, 2002).

De acordo com Dores-Silva et al. (2011), as minhocas utilizam uma espécie de cunha, o prostômio, para abrir caminhos e alcançar seu alimento. O processo digestivo ocorre em um tubo retilíneo, localizado na parte central do corpo, chamado de tubo digestivo, constituído de: boca, onde se localizam as glândulas calcíferas responsáveis pela neutralização da acidez dos materiais orgânicos; faringe, que funciona como uma bomba de sucção dos alimentos; esôfago, que permite a passagem do material ingerido; papo, responsável pelo armazenamento dos alimentos; moela, um moinho, que tritura os alimentos; intestino, responsável pela absorção dos alimentos e ânus, por onde são liberados os dejetos (coprólitos). No processo de vermicompostagem, a microflora que vive no tubo digestivo das minhocas tem papel relevante na transformação da matéria orgânica. De acordo com o hábito alimentar e formação de galerias, as minhocas estão classificadas em três categorias ecológicas: epigeicas, anécicas e endogéicas, e embora vivam em profundidades

diferentes do solo, se alimentam da matéria orgânica a ser decomposta (ANJOS et al., 2015).

A concentração em fósforo no vermicomposto supera os conteúdos deste elemento em resíduos que não foram submetidos a essa técnica. Esse aumento ocorre devido à conversão do fósforo orgânico na forma de fitina, ácidos nucleicos e núcleo-proteínas em forma inorgânica de ânion fosfato monovalente, através da ação de enzimas produzidas no tubo digestivo das minhocas e da atividade de microrganismos nelas existentes (CIOTTA et al., 2003).

A produção do húmus de minhoca ocorre em minhocários construídos com blocos de cerâmica, sendo que a cimentação interna deve ser lisa para evitar a fuga dos oligoquetos. As minhocas só são colocadas na massa a ser decomposta com aproximadamente 15 dias pós enchimento com o esterco, que se encontra imaturo, desenvolvendo temperatura que atinge a faixa termofílica, maiores que 50°C, podendo causar problemas às minhocas ou as matando. Outro perigo é a condutividade elétrica do adubo estar muito alta, com aumento da pressão osmótica do meio, por conter concentração salina levada pela urina do animal retida na cama (palhada). Para determinar o grau de maturação do adubo também é empregado o teste da graxa, preconizado para o composto orgânico e qualquer outra forma de decomposição da matéria orgânica, em seguida faz-se a separação dos organismos do material através da peneiração. Também se usa uma mesa especial para separação das minhocas, aplicando-se luz intensa, lâmpada de 100 a 200 watts sobre o material, onde estão inseridas as minhocas, que por não suportarem luminosidade se aprofundam no substrato, permitindo que se remova a camada superficial do adubo isenta desses anelídeos (KIEHL, 1985).

Comparando-se a compostagem com a vermicompostagem verifica-se que as mesmas diferem em alguns aspectos. Na compostagem, os restos orgânicos são basicamente transformados por microrganismos, e com temperatura na faixa termófila bastante elevada, sendo que a necessidade de água é menor. Na vermicompostagem, a degradação do material orgânico é realizada por microrganismos e minhocas, ocorrendo sob temperatura ambiente e a necessidade de alta umidade, principalmente pela morfologia apresentada pelo corpo da minhoca (DOMINGÉZ; EDWARDS, 2011).

Na Figura 1 são observados aspectos do processo de vermicompostagem.



Figura 1. Aspectos da vermicompostagem: Minhocário (A); Peneiração do vermicomposto (B); Minhocas (C; D) (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2019).

Besouros e a larvacompostagem

A fauna de artrópodes destaca-se por se constituir de espécies que participam de diferentes níveis tróficos (ZARDO et al., 2010), exercendo diversas funções dentro do ecossistema, promovendo a fragmentação e incorporação da matéria orgânica e a estruturação do solo (FERREIRA; MARQUES, 1998).

Neste cenário, os besouros estão presentes em diferentes gradientes e ambientes (ALMEIDA, 2006; MUDREK; MASSOLI, 2014; GARLET et al., 2015; GARCIA et al., 2016; ARAUJO et al., 2018; MELLO et al., 2018). São insetos da ordem Coleoptera que apresentam dominância quantitativa e qualitativa em relação a todos os demais grupos taxonômicos constituintes da fauna (PENNEY; ARJAS, 1982). Estima-se que representam 30% de todas as espécies animais e estão presentes na maioria dos ambientes terrestres, com exceção nos mares abertos (LAWRENCE; BRITTON, 1991). Cerca de 30.000 espécies são registradas no Brasil (LEWINSOHN; PRADO, 2005), distribuídas em 105 famílias (CASARI; IDE, 2012).

Os coleópteros são utilizados direta e indiretamente na conservação de habitats e no controle biológico de pragas devido à diversidade de hábitos alimentares (BATILANI-FILHO, 2015; GARCIA et al., 2016). Dentre eles, encontram-se os decompositores de matéria orgânica vegetal e animal (SPEIGHT et al., 1999), fitófagos (KEVAN; BAKER, 1983), predadores de sementes (SCHERER; ROMANOWSKI, 2005) e de outros invertebrados (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Com tamanha diversidade de espécie e de hábitos alimentares, vários estudos buscaram agrupar os coleópteros de acordo com seu comportamento trófico. Dentre esses estudos, Marinoni (2001) propôs a organização de grupos e subgrupos tróficos de Coleoptera, na qual o grupo trófico chamado de Detritívoro engloba os subgrupos: Necrófago, Fitosaprófago e Coprófago. Este último subgrupo é formado por espécies que têm como substrato alimentar os excrementos e pertencem à subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). Essa subfamília possui mais de 7.000 espécies (SCARABNET, 2018) de hábito principalmente copronecrófago.

O hábito de se alimentar de excrementos de outros animais é conhecido por coprofagia e evoluiu com os vertebrados (CHIN; GILL, 1996) que, após a

diversificação dos mamíferos, encontra-se fortemente associado a este grupo (BARLOW et al., 2010; CULOT et al., 2013). Algumas espécies de besouros coprófagos podem apresentar determinado grau de especificidade ou de preferência a um tipo de excremento (CAJAIBA et al., 2017; PEREIRA, 2017). No entanto, a maioria prefere excrementos de mamíferos onívoros (FILGUEIRAS et al. 2009; WHIPPLE; HOBACK, 2012, PUKER et al., 2013; BOGONI; HERNÁNDEZ, 2014).

Os besouros coprófagos constituem o meio mais prático e viável para a desestruturação das fezes de bovinos em pastagens, além de auxiliar na redução populacional de organismos indesejáveis (FONSECA; KERR, 2005). Adicionalmente, esses insetos conseguem enterrar porções de fezes em profundidades variáveis no solo, escavando galerias que alteram as características físico-químicas do solo (KALISZ; STONE, 1984), promovendo a reciclagem do nitrogênio e de outros nutrientes (HAYNES; WILLIAMS, 1993).

Dessa forma, as larvas desses besouros podem ser eficientes na humificação de esterco, tornando-se aliados no processo de compostagem (PEREIRA, 2017) (larvacompostagem). No entanto, há uma diversidade de espécies com diferentes hábitos, que podem contribuir de diferentes formas nesse processo, mesmo aquelas que são consideradas pragas ou inimigos naturais de pragas agrícolas e da pecuária. Neste contexto, destacam-se diferentes grupos da superfamília Scarabaeoidea.

Superfamília Scarabaeoidea

A superfamília Scarabaeoidea Latreille, 1802 é a mais diversificada e cosmopolita da ordem Coleoptera. Conhecidos por escaraboídeos são espécies adaptadas para a maioria dos habitats e hábitos alimentares. Alguns adultos de determinadas espécies apresentam hábitos diurnos e podem ser encontradas sobre vegetais, enquanto outras são fototáticas negativas, inclusive espécies importantes para a agricultura (TASHIRO, 1990), reduzindo as suas atividades durante o dia.

A biologia das famílias é bastante variada, com representantes necrófagos, micetófagos, saprófagos, coprófagos e fitófagos. Algumas espécies vivem em formigueiros, outras em cupinzeiros. Há grupos subsociais e outros são foréticos,

vivendo entre os pêlos de mamíferos. Contudo, no geral, seus representantes são de hábitos solitários (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; LAWRENCE; BRITTON, 1994; MORÓN, 1997; RATCLIFFE, 2002; MARUYAMA, 2012; ALVES-OLIVEIRA et al., 2016). São caracterizados por possuírem protórax escavador com coxas robustas e tíbias geralmente com dentes externos e um esporão; asas posteriores com venação reduzida e um mecanismo forte de dobramento; antenas lameladas; ausência de placas metacoxais; 2º esternito abdominal apenas com porção lateral visível; tergito VIII formando um pigídio, não coberto pelo tergito VII; e quatro túbulos de Malpighi. As larvas são em forma de C (Figura 2), do tipo escarabeiforme, possuem antenas e pernas bem desenvolvidas, não possuem urogomphi (projeções presentes no último segmento abdominal em imaturos de várias famílias de Coleoptera) e seus espiráculos são geralmente cribiformes (SCHOLTZ, 1990; LAWRENCE; BRITTON, 1994).



Figura 2. Aspecto geral da larva escarabeiforme (Coleoptera) (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).

Os sistemas de classificação da superfamília incluem entre 12 a 16 famílias (CROWSON, 1981; BOUCHARD et al., 2011; CHERMAN; MORÓN, 2014) (Quadro 1).

Quadro 1. Famílias de Scarabaeoidea (Coleoptera)

Belohinidae Paulian, 1959
Bolboceratidae Castelnau, 1840
Ceratocanthidae White, 1842
Cetoniidae Leach, 1815
Diphyllostomatidae Holloway, 1972
Geotrupidae Latreille, 1802
Glaphyridae MacLeay, 1819
Glaresidae Shanski & Medvedev, 1932
Hybosoridae Erichson, 1802
Lucanidae Latreille, 1804
Melolonthidae Leach, 1819
Ochodaeidae Mulsant & Rey, 1871
Passalidae Leach, 1815
Pleocomidae Le Conte, 1861
Scarabaeidae Latreille, 1802
Trogidae MacLeay, 1819

Dentre essas famílias, Scarabaeidae é a mais diversificada e amplamente distribuída no mundo, com cerca de 90% das espécies de besouros escaravelhos da superfamília Scarabaeoidea (RATCLIFFE, 2002). Cherman e Morón (2014) dividiram essa família em mais duas, o que elevou o número de famílias de Scarabaeoidea para 16. Além de manter Scarabaeidae, foi acrescentada nesta lista Melolonthidae e Cetoniidae.

Melolonthidae Leach, 1819 é composta por algumas das espécies mais conhecidas de Scarabaeoidea, cujos hábitos podem ser fitófagos ou fitosaprófagos, alimentando-se desde tecidos vegetais vivos, seiva, madeira decomposta, restos vegetais da serapilheira a até húmus (AMAT-GARCIA, GASCA; AMAT-GARCIA, 2005; CHERMAN; MORÓN, 2014). Com ampla distribuição em todas as regiões biogeográficas, acredita-se que existam cerca de

3500 espécies descritas, distribuídas em aproximadamente 300 gêneros apenas na região Neotropical (MORÓN, 1997).

Alguns pesquisadores consideram os Melolonthidae como várias subfamílias de Scarabaeidae, dividida em dois grupos: Pleurosticti e Laparosticti. O primeiro engloba as espécies das subfamílias fitófagas, nas quais a maioria dos espiráculos abdominais dos adultos é localizada na porção superior dos esternitos; enquanto que o segundo agrupa as subfamílias de hábitos coprófagos, saprófagos e necrófagos, nas quais os espiráculos abdominais dos adultos estão localizados principalmente na membrana pleural, entre os tergitos e esternitos (LAWRENCE; NEWTON, 1994). Dessa forma, Melolonthidae é composta por seis subfamílias: Melolonthinae Leach, 1819; Sericinae Kirby, 1837; Hopliinae Latreille, 1829; Euchirinae Hope, 1840; Rutelinae MacLeay, 1819 e Dynastinae MacLeay, 1819. As principais subfamílias que englobam os grupos fitófagos e fitosaprófagos são Dynastinae, Melolonthinae e Rutelinae.

A subfamília Dynastinae está presente em quase todas as regiões biogeográficas, com a maior riqueza na região Neotropical (ALVES, 2017). Estima-se que existam no mundo aproximadamente 2000 espécies, dentre as quais cerca de 700 estão no neotrópico, sendo assim a subfamília mais rica (ENDRÖDI, 1985; RATCLIFFE, 2003; GASCA-ÁLVAREZ; AMAT-GARCÍA, 2010). É formada por oito tribos, sendo elas: Phileurini, Pentodontini, Oryctoderini, Oryctini, Hexodontini, Dynastini, Cyclocephalini e Agaocephalini (ENDRÖDI, 1985). A maioria das espécies de Dynastinae (adultos) pode ser identificada através das chaves presentes em Endrödi (1985), existindo ainda uma chave para identificação das larvas dos grandes grupos proposta por Ritcher (1966).

As espécies de Dynastinae formam um grupo importante na ciclagem de nutrientes do solo, porque durante a alimentação fragmentam os restos vegetais ou animais, produzindo detritos e excrementos (MARQUES; GIL-SANTANA, 2009), e como polinizadores de algumas famílias de plantas. Os adultos podem se alimentar de seiva, caules, folhagem, flores e pólen, enquanto que as larvas, também conhecidas como “corós”, são fitosaprófagas, alimentando-se da matéria orgânica vegetal no solo, raízes e troncos. Em algumas espécies, os adultos são atróficos e não se alimentam (RITCHER, 1958, 1966; SCHOLTZ, 1990; RATCLIFFE, 1991) e em outras as larvas são consideradas pragas agrícolas (MORÓN, 1985; PAMPLONA et al., 1994; RATCLIFFE, 2003).

Os adultos de Melolonthinae alimentam-se de tecidos, secreções ou restos vegetais e podem, em alguns casos, auxiliar na polinização; as larvas são fitófagas e alimentam-se de raízes ou de madeira em decomposição (ENDRÖDI 1966, MORÓN, 1997). Apesar da importância econômica de muitas das suas espécies, todas desempenham importante papel ecológico, seja na edafogênese, ou na ciclagem de nutrientes através da abertura de galerias no solo (MORÓN, 2004). Embora o grupo seja tão diverso, estudos de revisão e filogenia são praticamente inexistentes. A classificação mundial de Dynastinae encontra-se melhor estabelecida graças ao trabalho de Endrödi (1985), entretanto, a taxonomia de Melolonthinae e Rutelinae é tão pouco conhecida na região Neotropical que a identificação de alguns gêneros é impossibilitada para a primeira e das espécies para a segunda subfamília (RATCLIFFE, 2002).

Rutelinae é a segunda maior subfamília de Melolonthidae em termos de número de espécies no mundo (JAMESON; RATCLIFFE, 2011; MORÓN; RAMÍREZ-PONCE, 2012). No Brasil, tem sido objeto de diversos estudos, especialmente em levantamentos de espécies (VIANA et al., 2001; FERREIRA et al., 2017; 2018) e aspectos biológicos (RODRIGUES et al., 2010; 2011).

Para alguns gêneros desses grupos taxonômicos existem problemas com a validação taxonômica, como é o caso de *Tomarus* e *Ligyris*. Ambos os gêneros foram descritos no mesmo ano, o que tem levado alguns autores tradicionalmente a considerar *Tomarus* como sinônimo júnior de *Ligyris* (ENDRÖDI 1985, ESCALONA; JOLY, 2006) e outros têm usado o argumento do Princípio da Prioridade das regras de nomenclatura zoológica (RATCLIFFE, 2003; GARCÍA, 2014).

Considerando os aspectos acima abordados, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sobre a importância da compostagem na agricultura; registrar a ocorrência de larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) em composteira de equinos; e analisar o esterco proveniente de baias de equinos após a sua exposição em diferentes períodos de tempo aos macroorganismos: larvas de besouros (Coleoptera: Scarabaeidae) e de minhocas (Vermelha da Califórnia).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. da S. P. de. Diversidade de Scarabaeidae s. str. detritívoros (Coleoptera) em diferentes fitofisionomias da Chapada das Perdizes, Carrancas-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 48f., 2006.
- ALVES, R.S. Revisão de *Aegopsis* Burmeister, 1847 (Coleoptera, Melolonthidae, Dynastinae). Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonia, Manaus, 164f., 2017.
- ALVES-OLIVEIRA, J. R.; MENDES, D. M. M.; CAMPOS, D.; SILVA-NETO, A. M.; DE MORAIS, J. W.; GROSSI, P. C. First report of two species of scarab beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) inside nests of *Azteca* cf. *chartifex* Forel (Hymenoptera, Formicidae) in Brazilian Amazonian Rainforest. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.60, p. 359-361, 2016.
- AMAT-GARCIA, G.; GASCA, H.; AMAT-GARCIA, E. **Guia para la cria de Escarabajos**. Fundación Natura, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colômbia. Bancoideas Impresores. 2005. 80p.
- AMORIM, A.C. Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes. 2002, 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2002.
- ANJOS, J. L.; AQUINO, A. M.; SCHIEDECK, G. Minhocultura e vermicompostagem: Interface com sistema de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Cap.5.
- ARAUJO, P.H.H.; MANHAES, C.M.C.; AZEVEDO, G. de S.; MILHOMEN, A.E.N.; ALVES, T.S. Diversidade da macrofauna edáfica em diferentes cultivos agrícolas na região sudeste do Tocantins. **Nucleus**, v.15, n.1, p.399-406, 2018.
- BARLOW, J.; LOUZADA, J.; PARRY, L.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; HAWES, J.; PERES, C.A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; GARDNER, T. A. Improving the design and

management of forest strips in human-dominated tropical landscapes: a field test on Amazonian dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, v.47, p.779-788, 2010.

BASTOS, R.S.; SÁ MENDONÇA, E.; ALVAREZ V., V.H.; CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.11-20, 2005.

BATILANI-FILHO, M. Funções ecossistêmicas realizadas por besouros Scarabaeinae na decomposição da matéria orgânica: aspectos quantitativos em áreas de Mata Atlântica. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

BOGONI, J. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Attractiveness of native mammal's feces of different trophic guilds to dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae). **Journal of Insect Science**, v.14, n.299, 2014.

BORNHAUSEN, E.B.C. Uso de Oligochaetas como indicador de alteração química em solos submetidos à adição de resíduos de suinocultura e mineração de carvão. 2010. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2010.

BOUCHARD P.; BOUSQUET, Y.; DAVIES, A. E.; ALONSO-ZARAZAGA, M. A.; LAWRENCE, J. F.; LYAL, C. H. C.; NEWTON, A. F.; REID, C. A. M.; SCHMITT, M.; SLIPINSKI, S. A.; SMITH, A. B. T. Family-group names in Coleoptera (Insecta). **Zookeys**. v.88, p.1-972, 2011.

CAJAIBA, R.L.; PÉRICO, E.; SILVA, W.B. da; SANTOS, M. Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. **Revista de Biología Tropical**, v.65, n.3, p.917-924, 2017.

CASARI, A. S.; IDE, S. Coleoptera. In. RAFAEL, J. A; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J.B; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p.470-552.

- CHERMAN, M. A.; MORÓN, M. A. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). **Acta Zoologica Mexicana**, v.30, n.1, p.201-220, 2014.
- CHIN, K.; GILL, B. D. Dinosaurs, dung beetles, and conifers: participants in a Cretaceous food web. **Palaios**, v.11, p.280-285, 1996.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTUORA, S.M.V.; ERNANE, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sobre plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.1161-1164, 2003.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.
- COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L.A. de M. ; DECARLI, L.D.; PELÁ, A; SILVA, C.J. da; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.100-107, 2009.
- CROWSON, R. A. **The biology of Coleoptera**. London, London Academic Press Inc., Ltd., 802p. 1981.
- CULOT, L.; BOVY, E.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; GUEVARA, R.; GALETTI, M. Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. **Biological Conservation**, v.163, p.79-89, 2013.
- DOMINGÉZ, J.; EDWARDS, C. A. Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products. In: Clive A. Edwards, Norman Q. Aracon, Rhonda L. Sherman (Eds) **Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management**. CRC Press. Boca Raton, Florida. p. 11-25, 2011.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. The influence of earthworms on nutrient dynamics during the processo of vermicomposting. **Waste Management & Research**, v. 31, p. 859-868, 2013.

DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M.D; REZENDE, M.O.O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v.34, n.6, p.956-961, 2011.

ENDRODI, S. Monographie der Dynastinae (Coleoptera, Lamellicornia). **Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde**, v.33, p.1-460, 1966.

ENDRÖDI, S. **The Dynastinae of the World**. Dr. W. Junk. Dordrecht, Netherlands. 1985. 800p.

ESCALONA, H.E.; JOLY, L.J. El género *Ligyris* Burmeister, 1847 en Venezuela (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Pentodontini). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, v.39, p.111-137, 2006.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v.27, n.3, p. 395-403, 1998.

FERREIRA, A.S.; ALMEIDA, L.M.; BRAVO, F. 2017. Three new species of Pelidnota MacLeay (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae) and new distributional records from northeast Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.61, p.208-223, 2017.

FERREIRA, A. S.; ALMEIDA, L. M.; BRAVO, F.; GROSSI, P. C. A checklist of Rutelinae MacLeay, 1819 (Coleoptera, Melolonthidae) of Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v.18, n.2, e20170476, 2018.

FILGUEIRAS, B. K. C.; LIBERAL, C.N.; AGUIAR, C. D. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; IANNUZZI, L. Attractivity of omnivore, carnivore and herbivore mammalian dung to Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) in a tropical Atlantic rainforest remnant. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, p.422-427, 2009.

FONSECA, V.M.O.; KERR, W.E. Avaliação de índice reprodutivo em besouros africanos. **Bioscience Journal**, v.21, n.3, p. 61-68, 2005.

GARCIA, L.C.; MORAES, R.M.; VIANNA, E.E.S. Besouros de solo (Insecta: Coleoptera) em fragmento de mata de restinga no extremo sul do Brasil. **Biotemas**, v.29, n.4, p.59-67, 2016.

GARCÍA, M.M.L. Diversidad Taxonómica y Distribución de la Tribu Pentodontini (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) de Colombia. Dissertação de Mestrado, Universidad Nacional de Colombia, 2014, 153p.

GARLET, J.; COSTA, E.C; BOSCARDIN, J.; MACHADO, D.N.; PEDRON, L. Fauna de Coleoptera Edáfica em eucalipto sob diferentes sistemas de controle químico da matocompetição. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.239-248, 2015.

GASCA-ÁLVAREZ, H.J.; AMAT-GARCÍA, G. Synopsis and key to the genera of Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Scarabaeidae) of Colombia. **ZooKeys**, v.34, p.153-192, 2010.

GUERRA, P.; MEDEIROS, S.A.F. Cavalo: velocidade de R\$ 7,3 bi por ano. **Agroanalysis - Revista de Agronegócios da FGV**. Dezembro, 2012. Disponível em: http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=114. Acesso em 02 de Nov de 2018.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae. **Folia Entomologica Mexicana**, v.14, p. 1-312, 1966.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 3939: Variável - Efetivo de rebanho (cabeças), Ano 2017, Tipo de rebanho - Equino. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>. Acesso em 09 de Jul de 2019.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. Compostagem: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

JAMESON, M.L.; RATCLIFFE, B.C. The Neotropical Scarab Beetle Tribe Anatistini (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae). **Bulletin of the University of Nebraska State Museum**, v.26, p.1-100, 2011.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in North Central Florida. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.169-172, 1984.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as lower visitors and pollinators. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1, p. 407-453, 1983.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL, J. de C. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, v.22, p. 40-42, 47-52, 2001.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. Piracicaba: 2004. 173 p.

KOULL, N.; HALITAT, M. N. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). **Étude et Gestion des Sols**, v. 23, p.9-19, 2016.

LAWRENCE J.F.; BRITTON, E.B. Coleoptera (beetles). In: Naumann, I. (Ed.). **The Insects of Australia: a textbook for students and research workers** (CSIRO). New York, Cornell University Press, v.2, p.543-683, 1991.

LAWRENCE, J. F.; BRITTON, E. B. **Australian Beetles**. Melbourne University Press. p.98-104, 1994.

LAWRENCE, J. F.; NEWTON, A. F. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes and references, and data on family-group names). In: PAKALUK, J. & SLIPINSKI, S. A. (Eds.). **Biology, phylogeny, and classification of Coleoptera: papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson**. Warsaw: Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 277, p.779-1006, 1994.

- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, v.19, n.3, p. 619-624, 2005.
- MARINONI, R.C. Os grupos tróficos em Coleoptera. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.18, n. 1, p. 205-224, 2001.
- MARQUES, O.M.; GIL-SANTANA, H.R. Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeidae) em um agroecossistema da Região Sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zociências**, v.11, n.2, p.145-151, 2009.
- MARUYAMA, M. *Termitotrox cupido* sp. n. (Coleoptera, Scarabaeidae), a new termitophilous scarab species from the Indo-Chinese subregion, associated with *Hypotermes* termites. **Zookeys**, v.254, p.89-97, 2012.
- MELLO, M.R.; MASSONI JÚNIOR, E.V.; ALVES, M.S. Artropodofauna de solo associada à serapilheira ao longo de um gradiente topográfico na Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Holos**, v.2, p.438-448, 2018.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1103-1110, 2004.
- MORÓN, M.A. Los insectos degradadores, um factor poco estudiado em los bosques de México. **Folia Entomológica Mexicana**, v.65, p.131-137, 1985.
- MORÓN, M. A. Inventarios faunísticos de los Coleoptera Melolonthidae Neotropicales com potencial como bioindicadores. **Giornale Italiano di Entomologia**, v.8, p. 265-274, 1997.
- MORÓN, M.A. **Escarabajos, 200 millones de años de evolución**. Instituto de Ecología A.C. y Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España, 2004. 204 p.
- MORÓN, M.A.; RAMÍREZ-PONCE, A. Mesoamerican genera of Anomalini (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae): A brief review. **Trends in Entomology**, v.8, p.97-114, 2012.

MORSELLI, T. B. G. A. **Resíduos orgânicos em sistemas agrícolas**. Pelotas: Ed. Universitária, UFPel, 2016. 228p.

MUDREK, R. J; MASSOLI, J. V.E. Estrutura da comunidade de artrópodes de solo em diferentes fitofisionomias da reserva particular do patrimônio natural – SESC Pantanal, Brasil. **Holos**, v. 1, p. 60-67, 2014.

PAMPLONA, A. M. S. R.; GARCIA, M. V. B.; FONSECA, C. R. V. DA; TELES, B. R.; ANDREAZZE, R. Nova praga da bananeira no Amazonas: *Ligyris semilis* Endrodi. Embrapa-CPAA. Manaus, Amazonas, Brasil. 1994. 4p.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.

PENTEADO, S. R. **Adubação orgânica - Compostos orgânicos e biofertilizantes**. Campinas: Ed. Via Orgânica, 2016. 162p.

PEREIRA, C.M. da. Efeito das larvas de besouro no processo de decomposição de esterco de coelho e produção de substratos orgânicos para mudas de hortaliças. 2017. 65f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

PUKER, A.; CORREA, C.M.A.; KORASAKI, V.; FERREIRA, K.R.; OLIVEIRA, N. G. Dungbeetles (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to dung of the largest herbivorous rodent on Earth: a comparison with human feces. **Environmental Entomology**, v.42, p.1218-1225, 2013.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v.69, p.149-155, 2010.

RATCLIFFE, B.C. The scarab beetles of Nebraska. **Bulletin of the University of Nebraska State Museum**, v.12, p. 1-333, 1991.

- RATCLIFFE, B.C. Review of the genus *Palaeophileurus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Phileurini) with description of two new species from Peru. **Annals of the Entomological Society of America**, v.95, n.3, p.335-339, 2002.
- RATCLIFFE, B. C. The Dynastinae scarab beetles of Costa Rica and Panamá. **Bulletin of the University of Nebraska State Museum**, v.16, p. 1-506, 2003.
- RITCHER, P.O. Biology of Scarabaeidae. **Annual Review of Entomology**, v.3, p. 311-334, 1958.
- RITCHER, P.O. **White grubs and their allies: a study of North American Scarabaeoid larvae**. Corvallis, Oregon State University Press, 219p. 1966.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JUNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. **Talanta**, v.53, p.551-559. 2000.
- RODRIGUES, S.R.; FALCO, J.S. Aspectos biológicos de *Pelidnota fulva* Blanchard, 1850 (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.157-160, 2011.
- RODRIGUES, S.R.; PUKER, A.; TIAGO, E.F. Aspectos biológicos de *Leucothyreus dorsalis* Blanchard (Coleoptera, Scarabaeidae, Rutelinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.54, n.3, p.431-435, 2010.
- ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.622-630, 2011
- SARMAH, A. K. Potential risk and environmental benefits of waste derived from animal agriculture. In: (org.) Ashworth, G. S.; Azevedo, P. **Agricultural wastes - Agriculture Issues and Policies Series**. Nova Science Publishers, p.1-17, 2009.

SCARABNET. Global Taxon Database. URL:

<http://www.scarabnet.org/ScarabNet/Home/Home.html>. Acesso em 12 de Dez de 2018.

SCHERER, K. Z.; ROMANOWSKI, H. P. Predação de *Megacerus baeri* (Pic, 1934) (Coleoptera: Bruchidae) sobre sementes de *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae), na praia da Joaquina, Florianópolis, sul do Brasil. **Biotemas**, v.18, n.1, p. 39-55, 2005.

SCHOLTZ, C. H. Phylogenetic trends in the Scarabaeoidea. **Journal of Natural History**, v.24, p.1027-1066, 1990.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: Meurer, E. J. (Ed) **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2012.

SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of insects: concepts and applications**. Oxford: Blackwell Science, 1999. 350p.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

TAKAHASHI, T.; DAHLGREN, R. A. Nature, properties as function of aluminumhumus complexes in volcanic soils. **Geoderma**, v. 263, p. 110-121. 2016.

TASHIRO, H. Insecta: Coleoptera Scarabaeidae larvae. p. 1191-1209. In: DINDAL, D.L. (Ed.) **Soil biology guide**. New York, John Wiley & Sons, 1349p. 1990.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 810p.

VÁZQUEZ, J.; LOLI, O. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. **Scientia Agropecuaria**, v.9, n.1, p. 43-52, 2018.

VIANA, C.H.P.; MARQUES, O.M.; CARVALHO, C.A.L. de. Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em armadilha luminosa em Cruz das Almas, Bahia.

Magistra, v. 13, n.1, p. 9-13, 2001.

VIEIRA, E.R. Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio do cavalo no estado de Minas Gerais. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

WHIPPLE, S.D.; HOBACK, W.W. A comparison of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) attraction to native and exotic mammal dung. **Environmental Entomology**, v.41, p.238-244, 2012.

YADAV, A.Y.; GARG, V.K. Industrial wastes and sludges management by vermicomposting. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.10, p.243–276, 2011.

ZANDONADI D.B.; SANTOS M.P.; MEDICI L.O.; SILVA J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p.14-20, 2014.

ZARDO, C. D.; CARNEIRO, P. A.; LIMA, G. L.; SANTOS FILHO, M. dos
Comunidade de artrópodes associada a serrapilheira de cerrado e mata de galeria, na Estação Ecológica Serra das Araras-Mato Grosso, Brasil. **Revista Uniara**, v.13, p. 105-113, 2010.

ARTIGO 1

COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO SOBRE OS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE INTERESSE AGRONÔMICO

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Bragantia*, em versão na língua inglesa.

COMPOSTAGEM: UMA BREVE REVISÃO SOBRE OS ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE INTERESSE AGRONÔMICO

Resumo: A compostagem é uma prática sustentável e de importância para minimizar o volume de resíduos produzidos pela agropecuária, especialmente por meio da reciclagem das moléculas orgânicas. Além disso, a compostagem possibilita reduzir a concentração de patógenos no composto orgânico final. Normalmente é a associação de diferentes materiais da agropecuária, além de material inoculante como esterco fresco ou em fermentação e material neutralizante como cinzas ou calcário. Neste estudo foi realizada uma revisão bibliográfica de forma a evidenciar a importância agrônômica da compostagem. Embora conhecida e eficiente, ainda são necessárias ações para incrementar o uso dessa prática para o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilização de nutrientes de forma viável e sustentável. O seu produto possibilita uma série de benefícios ao solo agrícola, como aumento da capacidade de troca de cátions, redução da relação carbono e nitrogênio e aumento de nutrientes minerais.

Palavras chave: Resíduos da Agropecuária; Mineralização; Capacidade de Troca Catiônica; Ácidos Húmicos.

COMPOSTING: A BRIEF REVIEW ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS OF AGRONOMIC INTEREST

Abstract: Composting is a sustainable and important practice to minimize the volume of waste produced by agriculture, especially through the recycling of organic molecules. In addition, composting allows reducing the concentration of pathogens in the final organic compound. Composting is an association of different agricultural materials, as well as inoculant material, such as fresh or fermentative esters, and neutralizing material such as ash or limestone. In this study, a bibliographical review was carried out to show the agronomic importance of composting. Although known and efficient, actions are still needed to increase the use of the practice for the enrichment of organic matter, making it available in a sustainable way. Composting allows a number of benefits for the soil, such as increased cation exchange capacity, reducing carbon and nitrogen contents while increasing mineral levels.

Keywords: Agricultural Residues; Mineralization; Cation Exchange Capacity; Humic Acids.

O aumento da produção mundial de alimentos devido ao crescimento populacional e a globalização dos mercados demandaram a intensificação dos diversos sistemas de produção agropecuários, de forma a atender a demanda de consumo por parte da população (SEIFFERT, 2000). Esse cenário foi particularmente intensificado nos países em desenvolvimento (KUNZ et al., 2008) e tem gerado uma expressiva quantidade de resíduos agropecuários, especialmente de origem orgânica (MIRAGLIOTTA et al., 2002), com impacto direto no ambiente (FIORI et al., 2008).

A situação não é mais complicada por conta de leis ambientais mais severas, que valorizam o gerenciamento ambiental, e também pela conscientização da população e empresários dos efeitos nocivos provocados pelo despejo contínuo de resíduos sólidos e líquidos no meio ambiente (VALENTE et al., 2009). Esses autores consideram que há um esforço para incentivar a reciclagem dos resíduos da agroindústria, de forma a maximizar o desempenho dos processos produtivos gerando menor quantidade de resíduos.

Os resíduos podem contribuir para minimizar os danos causados pela sua geração e deposição no meio ambiente (LIMA, 2002) e tem sido objeto de estudo em todo o mundo, por meio do uso de diferentes métodos de tratamento, entre os quais se destaca a compostagem (VERGNOX et al., 2009).

A compostagem é uma prática promissora para um país essencialmente agrícola, como é o caso do Brasil, destacando-se por permitir a reciclagem das moléculas orgânicas, transformando-as em uma massa pardacenta escura denominada de húmus, que melhorará as características físicas, químicas e biológicas do solo, além da sua função de diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos (GUIDONI, 2013).

Além disso, outra função da compostagem consiste em diminuir a concentração de patógenos no produto final (composto orgânico) a níveis seguros, devido à competição entre as espécies microbianas, a fatores antibióticos e, sobretudo, por apresentar durante o processo altas temperaturas por determinado tempo (McCARTHY et al., 2011).

Conceitualmente, a compostagem é a associação de diferentes materiais, como: restos de culturas, capim de corte, cascas de frutas e hortaliças, parte aérea de ervas daninhas sem sementes, resíduos de alimento provenientes das lavagens de prato sem sabão e outros resíduos; mais material inoculante

(esterco fresco ou em fermentação); tendo como material neutralizante cinzas ou calcário, que são acondicionados em pilha, também conhecida por meda, neutralizando em parte a acidez gerada no processo de decomposição e aumentando os teores de cálcio e magnésio no adubo (SANTOS et al., 2014).

Os principais materiais de origem orgânica utilizados como matéria-prima na compostagem são de natureza ácida, como sucos vegetais, sangue, urina, fezes, dentre outros. Dessa forma, em geral, uma leira de matéria orgânica tem inicialmente reação ácida. Logo no início da decomposição ocorre a formação de ácidos orgânicos e a incorporação de carbono orgânico ao protoplasma celular microbiano, o que torna o meio mais ácido em relação ao inicial (KIEHL, 2004). Esta fase caracteriza-se pela presença de intensa atividade de microrganismos mesófilos, que elevam a temperatura da massa em compostagem a aproximadamente 40 - 45 °C e, em decorrência de sua atividade, liberam também C orgânico na forma de CO₂ para a atmosfera (TUOMELA et al., 2000).

Os ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina. Ocorre também a formação de ácidos húmicos, que também reagem com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos. Desta forma, o pH do composto aumenta a medida que o processo se desenvolve, atingindo muitas vezes, níveis superiores a 8,0 (KIEHL, 2004). A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES et al., 2006).

No processo de compostagem deve-se ter cuidado com os seguintes procedimentos: irrigações periódicas; cortes ou reviramento da massa visando uma melhoria da aeração e controle da temperatura até a etapa de bioestabilização, produzindo um húmus de boa qualidade. Na implantação do composto orgânico, as pilhas podem ser colocadas sob cobertura (copas de árvores) ou a “céu aberto”, principalmente quando se tem um grande número de pilhas. O local deve ser plano e antes da feitura das pilhas deve-se molhar o local para melhor desenvolvimento dos microrganismos (GOMES et al., 2008).

A dimensão das pilhas deve ser de 1,0 a 1,5 m de altura com 2,0 m de largura, tendo um comprimento variável. Após a montagem da pilha procede-se quinzenalmente o corte ou reviramento do material até humificação, visando

aumentar a aeração, o que acelera a ação dos microrganismos decompositores (fungos, bactéria e actinomicetos), ocorrendo também a presença de algas, protozoários, nematoides, vermes e insetos (MASSUKADO, 2008).

Os diferentes restos vegetais componentes do composto orgânico devem estar com pequenas granulometrias para que haja uma maior ação dos microrganismos sobre os mesmos, pois é aumentada a superfície de contacto entre a massa a ser decomposta e os microrganismos. Na escolha dos restos deve-se ter atenção para que aproximadamente 60% se apresentem mais carbonáceos e 40% mais nitrogenados. Isso se justifica, pois a relação carbono/nitrogênio (C/N) inicial deve ser mais elevada para se ter uma quantidade de húmus maior no final do processo (SBIZZARO et al., 2017). A relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1, uma vez que durante a decomposição os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30/1, sendo que das 30 partes de C assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular (KIEHL, 2004). De acordo com Bezerra (2005), a relação C/N no final do processo deve ser menor que 17/1, pois é necessário que nesta fase a mineralização do nitrogênio suplante a imobilização para que haja disponibilidade do elemento para a planta, quando da aplicação do produto no campo.

De acordo com Costa et al. (2015), o carbono e o nitrogênio têm importância fundamental na decomposição microbiológica, na medida em que o carbono é a fonte de energia para os microrganismos e o nitrogênio é o componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas importantes ao crescimento e funcionamento celular.

A irrigação da pilha, que é efetuada desde a sua formação até a bioestabilização, também é muito importante para o controle da temperatura, favorecendo a tenacidade do material a ser decomposto e importante para os organismos envolvidos no processo (BARREIRA, 2005). Contudo, o excesso de umidade leva à anaerobiose, facilmente percebida pela exalação de odores devido à formação do gás sulfídrico (H₂S) e à formação do chorume. A maior necessidade de oxigenação e irrigações se dá nos primeiros estágios da decomposição, diminuindo à medida que o material vai ficando bioestabilizado (VALENTE et al., 2016; SBIZZARO et al., 2017).

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica, sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (KIEHL, 2004). De acordo com a disponibilidade de oxigênio, a compostagem pode ser classificada como aeróbia ou anaeróbia. A compostagem aeróbia corresponde à decomposição dos substratos orgânicos na presença de oxigênio, sendo que os principais produtos do metabolismo biológico são CO_2 , H_2O e energia. De outra forma, na compostagem anaeróbia, a decomposição dos substratos orgânicos ocorre na ausência de oxigênio, produzindo CH_4 e CO_2 , além de produtos intermediários, como ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Entretanto, quando se busca a compostagem como tratamento de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os microrganismos se desenvolvam, diminuindo assim a emissão de odores e de gases causadores do efeito estufa como o metano e o óxido nitroso. Além disso, diferentemente do que ocorre na compostagem anaeróbia, a presença de oxigênio na massa faz com que ocorra uma decomposição mais rápida da matéria orgânica (COSTA et al., 2009).

Durante o processo de compostagem, ocorrem diferentes faixas de temperatura, sendo a criófila ou criofílica, temperatura em torno de 25°C (temperatura ambiental), com ocorrência quando da montagem da pilha e ao final do processo da decomposição da matéria orgânica. A mesófila ou mesofílica, temperatura entre 25°C a 40°C é a mais duradoura no processo. A termófila ou termofílica, também denominada temperatura de fermentação, pode alcançar valores muito altos, entretanto o ideal é que esteja em torno de 60°C (TRAUTMANN; OLYNCIW, 2005).

Em temperaturas acima de 70°C , há uma redução da atividade dos microrganismos, sendo que, quando igual ou maior que 80°C , ocorre paralisação do processo e a queima do produto, perceptível pela presença de fumaça e esbranquecimento no interior da pilha do adubo que está sendo compostado. Para o controle desta faixa de temperatura se procedem adequadamente as irrigações e os reviramentos da pilha (MASSUKADO, 2008).

Quando o material orgânico apresentar uma coloração pardacenta escura faz-se um teste prático de “cura”, denominado teste da graxa, que consiste em se colocar uma amostra composta devidamente umedecida na palma da mão, friccionando-a. Caso as mãos fiquem inteiramente engraxadas com pequeno esboroamento da massa para o solo e apresentando pegajosidade, estando em estrado moldável, como a argila, fica evidenciada que há uma maior concentração de ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e humina, denotando que o material encontra-se humificado e pronto para ser empregado no campo (INÁCIO; MILLER, 2009). Algumas etapas que devem ser observadas na pilha de compostagem são apresentadas na Figura 1.



Figura 1. Etapas que devem ser observadas na pilha de compostagem: (A) Tomada de temperatura na pilha; (B) Corte do composto orgânico; (C) Amostragem para o teste da graxa; (D) Friccionando o composto para o teste da graxa; (E) Moldagem do composto pós-humificação.

As substâncias húmicas são misturas heterogêneas de polieletrólitos originadas pela degradação biológica de resíduos animais e vegetais e da atividade de microrganismos (STEVENSON, 1994; ROCHA et al., 2000; ROSA et al., 2001). Os ácidos húmicos são responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica (CTC) de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos das culturas (BENITES et al., 2003). As substâncias húmicas são fracionadas em função de sua solubilidade a diferentes valores de pH em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina (ROSSI et al., 2011).

O pH da matéria orgânica pode aumentar à medida que o material é humificado, podendo ultrapassar até a faixa da neutralidade, devido a formação de humatos de sódio e cálcio (INÁCIO; MILLER, 2009).

Nesse contexto, a compostagem é uma alternativa que merece destaque, pois permite o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilização de nutrientes de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável. Além disso, possibilita um aumento na CTC, decréscimo da relação C/N e um aumento de nutrientes minerais (N, P e K), que normalmente está relacionada com a mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos e pelos macroorganismos (COTTA et al., 2015). Dessa forma, os benefícios econômicos, ambientais e sociais do processo de compostagem contribuem para o desenvolvimento sustentável (COSTA et al., 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A.C. Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes. 2002, 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2002.

BARREIRA, L. P. Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção. 2005. 204f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T.C.F; XIMENES, A.F; BELTRAME, L.T.C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 116-130, 2015.

COSTA, M. S .S. M.; COSTA, L.A. de M. ; DECARLI, L.D.; PELÁ, A; SILVA, C.J. da; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.100-107, 2009.

COTTA, J.A. de O; CARVALHO, N.L.C; BRUM, T. da S; REZENDE, M.O. de O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.1, p.65-78, 2015.

FIORI, M.G.S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v.5, n. 3, p.178-191, 2008.

GOMES, J. J. A.; TEIXEIRA, A. P. R.; DIAS, V. S.; COSTA, C. V. A. Comparação química do composto orgânico de esterco de bovino e leguminosas: leucena

(*Leucaena leucocephala* (Lan) de Wit) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Haward)
Revista Brasileira de Agroecologia, v.3, n.1, p.71-77, 2008.

GUIDONI, L. L. C.; BITTENCOURT, G.; MARQUES, R.V; CORRÊA, L.B.;
CORRÊA, É.K. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo.
TECNO-LÓGICA, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. Compostagem: Ciência e prática para gestão de
resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**.
4. ed. Piracicaba: 2004. 173 p.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R.L.R. Advanced swine manure treatment
and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v.100, n.22, p.5485-5489,
2009.

LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais:
caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência &
Tecnologia**, v.19, p.451-472, 2002.

MASSUKADO, L.M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade
descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos
resíduos sólidos domiciliares. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da
Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

McCARTHY, G. M., LAWLOR, P. G.; COFFEY, L.; NOLAN, T.; GUTIERREZ, M.;
GARDINER, G. E. An assessment of pathogen removal during composting of the
separated solid fraction of pig manure. **Bioresource Technology**, v.102, p. 9059-
9067, 2011.

MIRAGLIOTA, M.Y.; NÄÄS, I.A.; BARACHO, M.S.; ARADAS, M.E.C. Qualidade
do ar de dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e
densidade diferenciadas - estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.1-
10, 2002.

ROCHA, J.C.; SARGENTINI JUNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. **Talanta**, v.53, p.551-559. 2000.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C. da; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF: Botucatu, 2006. p. 63-94.

ROSA, A.H.; ROCHA, J.C.; SARGENTINI JUNIOR, É. A flow procedure for extraction and fractionation of the humic substances from soils. In: Swift, R.S.; Spark, K.M., (Ed.). **Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters**. New York: International Humic Substances Society, 2001. p.41-46.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.622-630, 2011.

SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N.S; SHHLINDWEIN, J.A.; FERREIRA, E; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014.

SBIZZARO, M.; BOSCO, T.C.D.; PRATES, K.V.M.C.; PRESUMIDO, P.H.; PEREIRA,D.C.; SAMPAIO, S.C. Vermicompostagem de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar a partir de diferentes relações iniciais de C:N. **Gaia Scientia**, v.11, n.1, p. 17- 30, 2017.

SEIFFERT, N.F. 2000. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Anais ... Concórdia. p. 1-20.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. 496p.

TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms – The Phases of Composting. In: Cornell Composting, Science & Engineering. 2005. Disponível em: < <http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>. Acesso em 02 de Nov de 2018.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. **Bioresource Technology**, v.72, 169-183, 2000.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; LOPES, M.; PEREIRA, H. da A.S.; ROLL, V.F.B. Compostagem e vermicompostagem de dejetos líquidos de bovinos leiteiros e cama aviária. **Archivos de Zootecnia**, v.65, n.249, p.79-88, 2016.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LE DRÉAN, Y. ; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of na industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v.407, n.7, p.2390-2403, 2009.

ARTIGO 2

OCORRÊNCIA DE LARVAS DE BESOUROS (SCARABAEOIDEA) EM COMPOSTEIRAS COM RESÍDUOS DE BAIAS DE EQUINOS¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *The Coleopterists Bulletin*, em versão na língua inglesa.

OCORRÊNCIA DE LARVAS DE BESOUROS (SCARABAEOIDEA) EM COMPOSTEIRAS COM RESÍDUOS DE BAIAS DE EQUINOS

Resumo: Este estudo teve como objetivo registrar a ocorrência de larvas de besouros (Scarabaeoidea) presentes em composteiras com resíduos de baias de equinos. Ao longo de dez anos foi observada a presença de larvas de besouros em composteiras de esterco de equinos por produtores de adubos orgânicos. Em 2018 foram realizadas a coleta de amostras do material orgânico provenientes das composteiras para estimar essa abundância em composteiras localizadas no município de Feira de Santana-BA, Brasil, sendo observada uma proporção média de duas larvas por litro de esterco. As larvas foram encontradas em campo principalmente nos meses chuvosos, entre junho a agosto. Ao longo desse estudo, apenas foram obtidos adultos de *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Pentodontini). Esta espécie é considerada fitófaga, alimentando-se de raízes e partes das plantas, e a sua ocorrência nas composteiras dos resíduos das baias de equinos possivelmente está relacionada com o material vegetal proveniente das capineiras que são disponibilizadas para a alimentação dos animais. Como todo o material das baias é enviado para as composteiras, ocorre uma mistura de dejetos e da própria alimentação dos equinos. Este estudo é o primeiro registro de *Ligyris cuniculus* em composteiras formadas por resíduos provenientes de baias de equinos.

Palavras-chave: Entomologia Agrícola; Dynastinae; Agricultura; Larvacompostagem; *Ligyris cuniculus*.

OCCURRENCE OF BEETROOT LARVAE (SCARABAEOIDEA) IN WASTE COMPOSTS FROM HORSE STALLS

Abstract: This study aimed to record the occurrence of larvae of beetles (Scarabaeoidea) in horse manure compost. The presence of beetle larvae in horse manure composting by organic fertilizer producers was observed during ten years. In 2018, an effort was made to estimate this abundance in composts located in the municipality of Feira de Santana, Bahia State, Brazil, with an average rate of two larvae per liter of manure. The larvae were found in the field mainly in the rainy months, from June to August. Only adults of *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Pentodontini) were obtained throughout the study. This species is considered phytophoretic, feeding on roots and parts of plants, and its occurrence in the compost of wastes of horse stalls is possibly related to the plant material coming animal feed. As all the material of the stalls is sent to composting, there is a mixture of waste and feed of the horses. This study is the first record of *L. cuniculus* in horse manure.

Keywords: Agricultural Entomology; Dynastinae; Agriculture; Larvae composting; *Ligyris cuniculus*.

A fauna de artrópodes destaca-se por se constituir de espécies que participam de diferentes níveis tróficos (ZARDO et al., 2010), exercendo diversas funções dentro do ecossistema, promovendo a fragmentação e incorporação da matéria orgânica e a estruturação do solo (FERREIRA et al., 1998).

Os coleópteros são utilizados direta e indiretamente na conservação de habitats e no controle biológico de pragas devido à diversidade de hábitos alimentares (BATILANI-FILHO, 2015; GARCIA et al., 2016), dentre eles a coprofagia (CHIN; GILL, 1996; BARLOW et al. 2010; CULOT et al. 2013). Espécies de besouros coprófagos compõem parte da superfamília Scarabaeoidea e podem apresentar determinado grau de especificidade ou de preferência a um tipo de excremento (CAJAIBA et al., 2017; PEREIRA, 2017).

Em muitos casos, essas espécies se constituem no meio mais prático e viável para a desestruturação das fezes de bovinos em pastagens, além de auxiliar na redução populacional de organismos indesejáveis (FONSECA; KERR, 2005). Ao incorporar a matéria orgânica no solo, esses insetos alteram as características físico-químicas do solo (KALISZ; STONE, 1984) e promovem a reciclagem do nitrogênio e de outros nutrientes (HAYNES; WILLIAMS, 1993).

As larvas desses besouros podem ser eficientes na humificação do material proveniente de esterco de coelhos, tornando-se aliados no processo de compostagem (PEREIRA, 2017). No entanto, há uma diversidade de espécies com diferentes hábitos, que podem contribuir de diferentes formas nesse processo, mesmo aquelas que são consideradas pragas ou inimigos naturais de pragas agrícolas e da pecuária.

Algumas espécies formam um grupo importante na ciclagem de nutrientes do solo, porque durante a alimentação fragmentam os restos vegetais ou animais, produzindo detritos e excrementos (MARQUES; GIL-SANTANA, 2009).

A ocorrência de larvas de besouros (Scarabaeoidea) em composteiras de bovinos é relativamente conhecida, contudo não há relatos sobre esses insetos em material proveniente de composteira formadas com resíduos de baias de equinos. Nos últimos 10 anos, relatos de produtores de adubo orgânico sobre a presença de larvas de besouros em pilhas de resíduos provenientes de baias de equinos se intensificaram, o que levaram à realização deste estudo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi registrar a ocorrência de larvas de Scarabaeoidea em composteiras de resíduos de baias de equinos.

Material e Métodos

Após coletado nas baias, todo material foi armazenado em área aberta para iniciar o processo de eliminação do chorume, etapa necessária para que possa ser posteriormente encaminhado para a vermicompostagem com minhocas.

As coletas e observações das larvas de Scarabaeoidea ocorreram em composteiras que receberam material orgânico de diversas baias de equinos, no município de Feira de Santana-BA, Brasil, durante o ano de 2018 (Figura 1). O material transportado das baias foi constituído por excrementos sólidos e líquidos de equinos, maravalha e os restos de ração e vegetais, utilizados na alimentação dos animais (Figura 2).

As pilhas desse material orgânico foram inspecionadas para localizar a presença de larvas de Scarabaeidae do tipo escarabeiforme, também conhecidas como “pão de galinha”, ao longo de 2018. Amostras desse material, constituídas por 50 litros de composto orgânico, foram encaminhadas para Laboratório, acondicionadas em bandejas plásticas atóxicas (15 x 20 cm) cobertas com tecido voal e contendo material orgânico das composteiras, de forma a estimar o número de larvas por litro de material orgânico e a finalização do ciclo biológico para a obtenção da forma adulta.

As larvas coletadas foram depositadas em bandejas com os resíduos das baias de equinos, cobertas com tecido do tipo voil e distribuídas em prateleiras na sombra, sob condições ambientes, de forma a completar o ciclo de vida e possibilitar a obtenção de adultos (Figura 3). Exemplos dos adultos emergidos foram encaminhados para o Dr. Paschoal Coelho Grossi, docente-pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco e especialista na taxonomia de Scarabaeidae.



Figura 1. Vista geral das baias de equino em Feira de Santana-BA (A); Feno fornecido na dieta dos animais (B); aspecto do animal se alimentado de feno e aspecto geral dos resíduos utilizado na compostagem localizado no piso da baia (B) (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).



Figura 2. Resíduos orgânicos provenientes de baias de equinos utilizado em composteiras para a produção de adubo orgânico, com detalhe para o material vegetal utilizado na ração dos animais (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).



Figura 3. Larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) coletadas em amostras de composteira de resíduos provenientes de baias de equino, Feira de Santana-BA, Brasil (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).

Resultados e Discussão

A estimativa do número de larvas por litro de resíduo orgânico proveniente das baias de equino foi de duas larvas, o que revela uma relativa atratividade desse material sobre os adultos de Scarabaeoidea (Figura 4). Verificou-se que a maior abundância das larvas ocorreu nos meses mais chuvosos, especialmente entre junho e agosto, mas são necessários estudos ecológicos para melhor entender essa sazonalidade.

Houve elevada mortalidade das larvas colocadas nos recipientes para a finalização do ciclo biológico, possivelmente devido ao maior ou menor teor de umidade, embora não foi possível se determinar a causa da morte. Apenas adultos de *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Pentodontini) emergiram (Figura 5).



Figura 4. Larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) coletadas em composteiras de resíduos de baias de equino, Feira de Santana-BA, Brasil (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).



Figura 5. Adulto de *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae: Dynastinae: Pentodontini) emergido de amostras de esterqueira de equino, Feira de Santana-BA, Brasil (Foto: Acervo Insecta/UFRB, 2018).

Apesar da importância das espécies de Dynastinae como polinizadores, pragas agrícolas e na manutenção de ecossistemas edáficos saudáveis (ESCALONA; JOLY, 2006; ALBUQUERQUE, GROSSI; INNUZZI, 2016), ainda são pouco conhecidas às relações dessas espécies com o processo de produção de matéria orgânica de interesse agrícola.

As larvas de Melolonthidae são fitófagas e alimentam-se de raízes ou de madeira em decomposição (ENDRÖDI, 1966; MORÓN, 1997), sendo que todas desempenham importante papel ecológico, seja na edafogênese ou na ciclagem de nutrientes por meio da abertura de galerias no solo (MORÓN, 2004).

O gênero *Ligyris* tem ampla distribuição nas Américas e suas espécies normalmente são relatadas como pragas potenciais de várias culturas (ESCALONA; JOLY, 2006). *Ligyris cuniculus* tem distribuição registrada em Cuba, Porto Rico, Jamaica, Trinidad, Guyana e no Brasil. No estado da Bahia, há registro em Carmo do Rio (Cachoeira do Redondo), Lençóis, Itaberaba, São Félix do Coribe (Coribe), Salvador, Santa Terezinha (Serra da Jiboia), Ipiaú, Cachoeira do Paraguaçu, Iaçú, Alagoinhas, Brejões, Feira de Santana e Eunápolis (FERREIRA; GROSSI, 2017).

Como os resíduos das baias dos equinos formam volumes considerados e são ricos em restos de vegetal utilizado na alimentação dos equinos, é provável que as fêmeas de *L. cuniculus* tenham sido atraídas para oviposição.

A postura dos ovos pelas fêmeas de besouros nas composteiras possivelmente ocorreu antes do período das chuvas. Segundo Albuquerque, Grossi e Iannuzzi (2016), a precipitação pluviométrica reduz a atividade de vôo de besouros da subfamília Dynastinae.

Conclusão

Larvas de espécies de Sacarabaeoidea são encontradas em resíduos de baias de equinos utilizados em composteiras, incluindo a espécie fitófaga *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801). Este estudo é o primeiro registro dessa espécie de Melolonthidae em composteiras formadas com resíduos de baias de equinos.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, L.S.C. de; GROSSI, P.C; IANNUZZI, L. Flight patterns and sex ratio of beetles of the subfamily Dynastinae (Coleoptera, Melolonthidae) **Revista Brasileira de Entomologia**, v.60, p. 248-254, 2016.

AMAT-GARCIA, G.; GASCA, H.; AMAT-GARCIA, E. **Guia para la cria de Escarabajos**. Fundación Natura, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colômbia. Bancoideas Impresores. 2005. 80p.

BARLOW, J.; LOUZADA, J.; PARRY, L.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; HAWES, J.; PERES, C.A.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; GARDNER, T. A. Improving the design and management of forest strips in human-dominated tropical landscapes: a field test on Amazonian dung beetles. **Journal of Applied Ecology**, v.47, p.779-788, 2010.

BATILANI-FILHO, M. Funções ecossistêmicas realizadas por besouros Scarabaeinae na decomposição da matéria orgânica: aspectos quantitativos em áreas de Mata Atlântica. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

CAJAIBA, R.L.; PÉRICO, E.; SILVA, W.B. da; SANTOS, M. Attraction of Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) to different baits in the Brazilian Amazon region. **Revista de Biología Tropical**, v.65, n.3, p.917-924, 2017.

CHIN, K.; GILL, B. D. Dinosaurs, dung beetles, and conifers: participants in a Cretaceous food web. **Palaios**, v.11, p.280-285, 1996.

CULOT, L.; BOVY, E.; VAZ-DE-MELLO, F.Z.; GUEVARA, R.; GALETTI, M. Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. **Biological Conservation**, v.163, p.79-89, 2013.

ESCALONA, H.E.; JOLY, L.J. El género *Ligyris* Burmeister, 1847 en Venezuela (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Pentodontini). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, v.39, p.111-137, 2006.

ENDRODI, S. Monographie der Dynastinae (Coleoptera, Lamellicornia). **Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde**, v.33, p.1-460, 1966.

FERREIRA, A. da S; GROSSI, P.C. Dynastinae e Melolonthinae (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) depositados na Coleção Entomológica Prof. Johann Becker do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Feira de Santana. In. Freddy, B. (org.) **Artrópodes do Semiárido II: biodiversidade e conservação**. 1.ed., São Paulo: Métis Produção Editorial, 2017. 139 p.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v.27, n.3, p. 395-403, 1998.

FONSECA, V.M.O.; KERR, W.E. Avaliação de índice reprodutivo em besouros africanos. **Bioscience Journal**, v.21, n.3, p. 61-68, 2005.

GARCIA, L.C.; MORAES, R.M.; VIANNA, E.E.S. Besouros de solo (Insecta: Coleoptera) em fragmento de mata de restinga no extremo sul do Brasil. **Biotemas**, v.29, n.4, p.59-67, 2016.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in North Central Florida. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.169-172, 1984.

MARQUES, O.M.; GIL-SANTANA, H.R. Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeidae) em um agroecossistema da Região Sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zociências**, v.11, n.2, p.145-151, 2009.

MORÓN, M.A. **Escarabajos, 200 millones de años de evolución**. Instituto de Ecología A.C. y Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España, 2004. 204 p.

MORÓN, M. A. Inventarios faunísticos de los Coleoptera Melolonthidae Neotropicales com potencial como bioindicadores. **Giornale Italiano di Entomologia**, v.8, p. 265-274, 1997.

PEREIRA, C.M. da. **Efeito das larvas de besouro no processo de decomposição de esterco de coelho e produção de substratos orgânicos para mudas de hortaliças.** 2017. 65f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

ZARDO, C. D.; CARNEIRO, P. A.; LIMA, G. L.; FILHO, S. M. Comunidade de artrópodes associada a serrapilheira de cerrado e mata de galeria, na Estação Ecológica Serra das Araras-Mato Grosso, Brasil. **Revista Uniara**, v.13, p. 105-113, 2010.

ARTIGO 3

AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DE BAIAS DE EQUINOS SUBMETIDOS ÀS LARVAS DE BESOUROS (SCABAOIDEAE) E MINHOCAS (*Eisenia foetida*)

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Ciência Rural, em versão na língua inglesa.

AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DE BAIAS DE EQUÍNOS SUBMETIDOS ÀS LARVAS DE BESOUROS (SCARABAEOIDEA) E MINHOCAS (*Eisenia foetida*)

Resumo: O uso da matéria orgânica humificada na agricultura é um aliado para a melhoria dos solos e o aumento da produção. Para isso, é necessário o uso de algumas técnicas como a compostagem, o que permite a própria decomposição dos resíduos agropecuários, com vantagens como a reciclagem de nutrientes e a redução da emissão de gases tóxicos. Os resíduos provenientes de baias de equinos tem potencial para uso na agricultura, mas para isso é necessário promover a sua humificação. Este trabalho teve por objetivo comparar os parâmetros físicos-químicos dos resíduos orgânicos de baias de equinos submetidos às larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) e às minhocas. Os parâmetros físico-químicos dos resíduos foram avaliados aos 120 dias da exposição aos macroorganismos, enquanto que os ácidos orgânicos foram determinados aos 30 e 60 dias. Quando se comparou os resíduos das baias de equinos submetidos às larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) com os submetidos às minhocas após um determinado período de tempo, se verificou resultados próximos, o que confirmam o potencial das larvas como decompositora desses resíduos.

Palavras chave: Compostagem; vermicompostagem; larvacompostagem; matéria orgânica.

EVALUATION OF ORGANIC WASTE FROM HORSE STALLS SUBMITTED TO BEETLE LARVAE (SCABAOIDEAE) AND EARTHWORMS (*Eisenia foetida*)

Abstract: The use of humified organic matter in agriculture is an ally to improve soil conditions and increase crop production. This requires the use of techniques, such as composting, which allows decomposition of agricultural residues, with advantages, such as nutrient recycling and reduction of toxic gas emissions. Residues from horse stalls have potential for use in agriculture; however, this requires their humification. The aim of this work was to compare the physical and chemical parameters of the residue of horse stalls submitted to Scarabaeoidea (Coleoptera) larvae and earthworms after a certain time. The physical-chemical parameters of the wastes were evaluated at 120 days of exposure to macroorganisms, while the organic acids were determined at 30 and 60 days. When comparing the wastes from horse stalls submitted to Scarabaeoidea larvae (Coleoptera) to those submitted to earthworms after a certain time, similar results were verified, confirming the potential of the larvae as decomposer of these wastes.

Keywords: Composting; vermicomposting; larve composting; organic matter.

Introdução

A matéria orgânica decomposta interfere no potencial produtivo dos solos brasileiros, melhorando as suas características físico-químicas e biológicas. (KOULL; HALITAT, 2016). No processo de humificação da matéria orgânica, a relação C/N é estreitada e o nitrogênio mineralizado fica mais disponível para a planta, com liberação mais lenta que nos adubos minerais fontes do nutriente (KIEHL, 2004).

Desta forma, o uso de matéria orgânica, especialmente pelo processo de compostagem, traz uma série de vantagens para a agricultura, entre elas a própria decomposição da matéria orgânica, o que leva à reciclagem de nutrientes e à redução da emissão de gás metano resultante de processos anaeróbicos (VÁZQUEZ; LOLI, 2018). Esses autores consideram que diversos dejetos animais são utilizados como adubo orgânico, de maneira especial, os estercos dos bovinos, ovinos e caprinos.

No entanto, há um potencial de uso dos resíduos orgânicos provenientes de baias de equinos, que ainda é pouco conhecido e por isso mesmo tem pouca aceitação por diversos agricultores. Os resíduos provenientes da criação de equinos podem ser utilizados na compostagem visando à obtenção de um produto humificado e importante para a agricultura.

A técnica de humificação de resíduos orgânicos por macroorganismos tem por finalidade digerir a matéria orgânica, provocando a sua degradação, diminuindo conseqüentemente o tempo de humificação (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN, 2013).

Dentre as técnicas do tratamento biológico, a vermicompostagem apresenta baixos custos de implementação e utiliza as minhocas, mais comumente a espécie *Eisenia foetida* (L.), também denominada “Vermelha da Califórnia” (YADAV; GARG, 2011). É amplamente difundida e de certa forma encontra-se bem estabelecida (ANJOS et al., 2015), sendo uma das vantagens da ação desse macroorganismo, o aumento da concentração de fósforo no vermicomposto (CIOTTA et al., 2003).

Outros macroorganismos também podem contribuir nesse processo, como as larvas de besouros (Coleoptera) (ZANDONADI et al., 2014; BATILANI-FILHO, 2015; GARCIA et al., 2016), especialmente àquelas que se alimentam de material

orgânico vegetal e animal (BAKER, 1983; SPEIGHT et al., 1999; KEVAN; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011). Os besouros coprófagos constituem o meio mais prático e viável para a desestruturação das fezes de bovinos em pastagens, melhorando as características físico-químicas do solo, como a reciclagem do nitrogênio e de outros nutrientes (HAYNES; WILLIAMS, 1993; KALISZ; STONE, 1984; FONSECA; KERR, 2005). Dessa forma, as larvas desses besouros podem ser eficientes na humificação de esterco, tornando-se aliados no processo de compostagem (PEREIRA, 2017).

O objetivo deste estudo foi comparar os parâmetros físico-químicos dos resíduos orgânicos de baias de equinos submetidos a larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) e a minhocas.

Matrial e Métodos

Os macroorganismos utilizados foram larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) coletadas em composteiras de resíduos de baias de equinos, com tamanho padronizado (Figura 1) (15 larvas por repetição) e minhocas Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*) (cinco indivíduos por repetição). A diferença no número entre as espécies de organismo foi para minimizar o possível efeito de reprodução das minhocas.



Figura 1. Padronização de macroorganismos (larvas de Coleoptera e minhocas Vermelha da Califórnia) utilizados no experimento. Foto: Acervo INSECTA, 2018.

O experimento inteiramente casualizado com três tratamentos e sete repetições foi conduzido entre maio e julho de 2018. O Tratamento 1 foi constituído por resíduo das baias de equinos e larvas de Coleoptera (Scarabaoidea), enquanto que o Tratamento 2 foi formado pelo resíduo das baias de equinos e minhocas. O Tratamento 3 foi a testemunha, constituída apenas do resíduo provenientes das baias de equinos. Cada repetição foi constituída por um vaso com capacidade para cinco litros do resíduo provenientes das baias de equinos do município de Feira de Santana-BA. Todas as parcelas foram forradas com "voil", de forma a evitar a entrada de organismos não desejáveis e uma eventual fuga das larvas e das minhocas (Figura 2).

O resíduo das baias de equino foi deixado em pousio por 20 dias para a eliminação do chorume inicial, antes da liberação dos macroorganismos (larvas e minhocas) nas parcelas.

Após 120 dias de colonização pelas larvas e minhocas foram retiradas amostras de cada repetição por tratamento para serem secas em estufa a 75 °C e posterior análise. Os teores totais dos elementos (N, P, K e C) foram determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico). Para a determinação do nitrogênio foi utilizado o método do Kjeldahl e para o carbono orgânico (CO) o método Walkley-Black. A determinação dos ácidos fúlvico, húmicos e do extrato húmico se deu no tempo zero, 30 e 60 dias após a liberação das larvas e minhocas. Os procedimentos e metodologia foram de acordo com descrito por Embrapa (1997), Mapa (2007) e Silva et al. (2009).



Figura 2. Implantação do experimento: Distribuição dos vasos com resíduos orgânicos das baias de equinos (A); distribuição dos macroorganismos (B); larvas de Coleoptera (C); minhocas (D); e tratamentos cobertos com voil (E). Foto: Acervo Insecta, 2018.

Resultados e Discussão

Após 120 dias de exposição do resíduo das baias de equinos aos macroorganismos foram encontrados os resultados apresentados na Tabela 1. Os valores de nitrogênio, fósforo e potássio podem ser considerados médios para compostos orgânicos e provavelmente podem estar relacionados ao tempo considerado neste estudo para o processo de humificação. Especificamente para o nitrogênio, observa-se que o tratamento: vermicomposto (T2) difere estatisticamente de T1 e T3. Esse aumento de nitrogênio com o uso de minhocas no processo de decomposição foi também relatado por Kiehl (1985). Verificou-se ainda que o larvacomposto (T1) diferiu estatisticamente do tratamento T3 que não houve o emprego de macro-organismos. O fósforo e o potássio nos diferentes tratamentos não diferiram estatisticamente entre si.

Em relação ao pH, os mesmos alcançaram valores maiores que a neutralidade justificada pela formação de humatos de sódio e cálcio, nesse estágio de decomposição. O processo de compostagem é relativamente pouco sensível aos valores de pH, embora valores próximos à neutralidade são considerados ideais, uma vez que são preferidos pelos microrganismos (CERRI, 2008). Segundo esse autor, ao longo do processo de estabilização do composto o pH atinge valores entre 7 e 8. De acordo com Rodrigues et al. (2006) a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento de microrganismos, especialmente actinomicetos, situa-se entre 5,5 e 8,5, ocorrendo também maior atividade enzimática.

Para os resultados da relação C/N, observou-se que, em todos os tratamentos, foi menor que 17:1, evidenciando que o adubo foi humificado e que há disponibilidade de nitrogênio para a planta, quando da sua aplicação no campo. Isso sugere que o processo de mineralização suplantou o de imobilização do nitrogênio por microrganismos, conforme também foi observado por Bezerra (2005).

Tabela 1. Avaliação do composto proveniente de resíduos das baias de equinos, após 120 dias da colonização por macroorganismos (larvas de Coleoptera-Scarabaeoidea e minhocas-*Eisenia foetida*).

Tratamentos	n	pH	N	P	K	CO(%)	Relação C/N
T1: Esterco + larva	7	8,19 ± 0,11a	0,73 ± 0,12b	0,35 ± 0,01	0,81 ± 0,02	8,04 ± 0,57b	11,42 ± 2,60
T2: Esterco + minhoca	7	8,05 ± 0,04ab	1,30 ± 0,12a	0,36 ± 0,01	0,78 ± 0,04	13,75 ± 0,63a	10,64 ± 0,64
T3: Esterco	7	7,89 ± 0,20b	0,50 ± 0,17c	0,38 ± 0,09	0,78 ± 0,18	6,19 ± 1,07c	12,89 ± 2,60

n = número de amostras; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; CO = Carbono Orgânico; C/N = carbono/nitrogênio. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre linhas não diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os tratamentos com larvas de besouros, minhocas e sem esses macroorganismos no processo de compostagem do esterco de coelhos foram similares entre si. Contudo aos 90 dias, o esterco que foi submetido às larvas e às minhocas apresentou menor perda de NH_3 (PEREIRA, 2017). A compostagem foi um sistema eficiente no tratamento de resíduos sólidos de frigorífico e de pequenos abatedouros, estabilizando o material aos 90 dias, permitindo a reciclagem de nutrientes (COSTA et al., 2009).

Com relação aos ácidos fúlvico, húmicos e extrato húmico presentes no material proveniente dos resíduos provenientes de baias de equinos, após liberação de macroorganismos, não há evidências de diferenças aos 30 dias para os três tratamentos. Aos 60 dias houve uma queda para ácidos húmicos no tratamento com larvas de Coleoptera, o que pode estar relacionado com a mortalidade observada por esses organismos. Possivelmente é necessário um tempo maior de exposição a esses macroorganismos para uma análise superior a 60 dias (Tabela 2).

A predominância de ácidos húmicos sobre os fúlvicos no final da compostagem é um indicativo de humificação adequada dos resíduos avaliados (SILVA et al., 2009). De acordo com esses autores, a composição das matérias primas tem influência na velocidade e intensidade das transformações das frações da matéria orgânica.

Análise da incubação do esterco de coelhos com larvas de *Gymnetis chalcipes* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) e por minhocas por um período de 90 dias não diferiu entre si e com a testemunha (apenas esterco) com relação aos ácidos húmico e fúlvico e o extrato húmico (PEREIRA, 2017). Esse autor concluiu que os compostos orgânicos produzidos a partir do esterco de coelhos utilizando larvas dessa espécie de besouro (larvacompostagem) e minhocas (vermicompostagem) demonstrou ser uma boa alternativa para a produção de mudas de alface.

Apesar das diferenças encontradas neste estudo entre os resíduos das baias de equinos submetidos às larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) e às minhocas após um determinado período de tempo, os resultados confirmam o potencial das larvas como decompositora desses resíduos, contribuindo no processo de humificação do material orgânico.

Tabela 2. Variação dos ácidos fúlvico, húmicos e extrato húmico em composto proveniente de resíduos das baias de equinos, após 30 e 60 dias da liberação de macroorganismos.

Parâmetros *	Unidade	Tempo	30 dias				60 dias		
		Zero	C	L	M	C	L	M	
Ácido Fúlvico	%m/m	29,80	33,94	31,80	32,82	37,48	27,58	36,22	
Ácido Húmico	%m/m	28,00	31,40	31,80	31,40	31,60	32,00	33,20	
Extrato Húmico Total	%m/m	56,40	65,40	63,60	64,20	69,00	59,60	64,40	

*95% de confiança; k=2; C = Composto orgânico; L = esterco com larvas de Scabaeiodes; M = esterco com minhoca.

Referências Bibliográficas

ANJOS, J. L.; AQUINO, A. M.; SCHIEDECK, G. Minhocultura e vermicompostagem: Interface com sistema de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Cap.5.

BATILANI-FILHO, M. Funções ecossistêmicas realizadas por besouros Scarabaeinae na decomposição da matéria orgânica: aspectos quantitativos em áreas de Mata Atlântica. 2015. 91f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

CERRI, C.E.P. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 2008.19 p.

CIOTTA, M.N.; BAYER,C.; FONTUORA, S.M.V.; ERNANE, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sobre plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.1161-1164, 2003.

COSTA, M. S .S. M.; COSTA, L.A. de M. ; DECARLI, L.D.; PELÁ, A; SILVA, C.J. da; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.1, p.100-107, 2009.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. The influence of earthworms on nutrient dynamics during the processo of vermicomposting. **Waste Management & Research**, v. 31, p. 859-868, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FONSECA, V.M.O.; KERR, W.E. Avaliação de índice reprodutivo em besouros africanos. **Bioscience Journal**, v.21, n.3, p. 61-68, 2005.

GARCIA, L.C.; MORAES, R.M.; VIANNA, E.E.S. Besouros de solo (Insecta: Coleoptera) em fragmento de mata de restinga no extremo sul do Brasil. **Biotemas**, v.29, n.4, p.59-67, 2016.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

KALISZ, P. J.; STONE, E. L. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in North Central Florida. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.169-172, 1984.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as lower visitors and pollinators. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1, p. 407-453, 1983.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. Piracicaba: 2004. 173 p.

KOULL, N.; HALITAT, M. N. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). **Étude et Gestion des Sols**, v. 23, p.9-19, 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n, 17, de 21 de maio de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília.

PEREIRA, C.M. da. **Efeito das larvas de besouro no processo de decomposição de esterco de coelho e produção de substratos orgânicos para mudas de hortaliças.** 2017. 65f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, F.A.M.; LOPEZ, F.G.; BOAS, R.L.V.; DA SILVA, R.B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.1, p. 59-66, 2009.

SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. **Ecology of insects: concepts and applications.** Oxford: Blackwell Science, 1999. 350p.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos.** São Paulo: Cengage Learning, 2011. 810p.

VÁZQUEZ, J.; LOLI, O. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. **Scientia Agropecuaria**, v.9, n.1, p. 43-52, 2018.

YADAV, A.Y.; GARG, V.K. Industrial wastes and sludges management by vermicomposting. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.10, p.243–276, 2011.

ZANDONADI D.B.; SANTOS M.P.; MEDICI L.O.; SILVA J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p.14-20, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compostagem é uma prática sustentável e importante para minimizar o volume de resíduos orgânicos produzidos pela agropecuária, especialmente por meio da reciclagem das moléculas orgânicas.

Além disso, a compostagem possibilita reduzir a concentração de patógenos no composto orgânico final. Normalmente é associação de diferentes materiais da agropecuária, além de material inoculante como esterco fresco ou em fermentação e material neutralizante como cinzas ou calcário.

Neste estudo foi realizada uma revisão bibliográfica de forma a evidenciar a importância agrônoma da compostagem. Embora conhecida e eficiente, ainda são necessárias ações para incrementar o uso dessa prática para o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilização de nutrientes de forma viável e sustentável. O seu produto possibilita uma série de benefícios ao solo agrícola, como aumento da capacidade de troca de cátions, redução da relação carbono e nitrogênio e aumento de nutrientes minerais.

Foi constatada a presença de larvas de Coleoptera (Scarabaeoidea) nos resíduos das baias de equinos. As larvas foram encontradas principalmente nos meses chuvosos, entre junho a agosto. Ao longo desse estudo apenas foram obtidos adultos de *Ligyris cuniculus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Pentodontini), sendo este estudo o primeiro registro de *Ligyris cuniculus* em esterco de equinos no Brasil.

Esta espécie é considerada fitófaga, alimentando-se de raízes e partes das plantas, e a sua ocorrência nas composteiras dos resíduos das baias de equinos possivelmente está relacionada com o material vegetal proveniente das capineiras que são disponibilizados para a alimentação dos animais. Como todo o material das baias é enviado para as composteiras, ocorre uma mistura de dejetos e da própria alimentação dos equinos.

A presença dessas larvas motivou a avaliação como organismo decompositor. Quando se comparou o resíduo das baias de equinos submetido às larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) e às minhocas após um determinado período de tempo, os resultados apontaram para uma maior eficiência para as minhocas. Para os ácidos orgânicos, o tempo após a infestação deve ser maior,

uma vez que esses ácidos tem uma dinâmica para a sua formação que possivelmente não foi possível estabelecer aos 30 e 60 dias.

As larvas de Scarabaeoidea (Coleoptera) apresentaram potencial como decompositora dos resíduos provenientes das baias de equinos, contribuindo no processo de humificação do material orgânico.

É necessário avaliar outros parâmetros físico-químicos no resíduo submetido às larvas e também é preciso considerar o ciclo de vida desses organismos. O papel desses insetos ao nível de campo e em grandes áreas da agropecuária é inquestionável, especialmente na incorporação de material orgânico no solo, promovendo uma série de benefícios, desde a areação à reciclagem de nutrientes.

APÊNDICE

ARTIGO PARA DIVULGAÇÃO TÉCNICA

MATÉRIA ORGÂNICA E SUAS PRINCIPAIS FONTES

Material técnico-científico a ser ajustado e divulgado no formato de e-book.

MATÉRIA ORGÂNICA E SUAS PRINCIPAIS FONTES

A matéria orgânica exerce múltiplos efeitos no solo, de ordem física, química, físico-química e biológica, sendo que a maioria das reações que ocorre no solo é de caráter bioquímico, entretanto em condições tropicais e subtropicais há uma oxidação e/ou extinção da matéria orgânica constantemente, devido às altas temperaturas e umidade, necessitando que se faça a sua reposição. Para isso, têm-se diferentes fontes e as principais são os dejetos de espécies animais como os bovinos, caprinos, ovinos, aves e equinos, e outros. Esses excrementos são denominados de esterco ou estrume, sendo que seus efeitos serão pronunciados, após o processo de decomposição, usando-se diferentes meios, tais como: composteiras, minhocários e as esterqueiras.

O pequeno uso das esterqueiras atualmente ocorre em virtude de maiores gastos que o agricultor teria para as suas edificações. Hoje preferencialmente utiliza-se o processo de compostagem, onde o adubo é humificado em pilhas, também denominadas de medas, minimizando os custos de produção com insumo adubo.

Decorridos 75 a 90 dias do início do processo de decomposição, observa-se o declínio da temperatura, evidenciando uma coloração pardacenta escura, o que caracteriza uma possível bioestabilização e/ou humificação, sendo efetuado o teste da graxa que sob a condição de campo é o mais utilizado para se constatar a “maturação” do adubo. Processa-se o peneiramento para posterior uso de um composto, vermicomposto (húmus de minhoca) ou mesmo estrume de qualquer espécie animal.

Figura 1: Pilha do composto orgânico sob cobertura.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Efeitos físicos

Aeração do solo

A matéria orgânica age beneficemente na produção agrícola, a sua ação sobre a estrutura do solo é muito importante, pois direta ou indiretamente a estrutura influencia na absorção de elementos nutritivos pela planta, o adubo orgânico quando humificado tem uma concentração maior de ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e humina, que propicia uma maior agregação das partículas do solo, formando agregados mais estáveis. Esse processo é denominado floculação do solo. Para maior compreensão se deve comparar um solo argiloso (solo pesado) e um solo arenoso (solo leve). No solo argiloso, as trocas gasosas são pequenas e se diz que esse solo é pouco “aeróbico”, devido imperar a microporosidade, logo a entrada de oxigênio atmosférico para formar a atmosfera do solo e a saída de dióxido de carbono e metano, resultante da respiração das raízes, macro e microrganismos se dá lentamente, havendo a necessidade de uma melhor estruturação. A aeração é muito importante no processo de absorção de elementos nutritivos pela planta, principalmente na fase

ativa, onde requer energia e essa é retirada da oxigenação. Os ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e humina, esses fazem o soldamento de uma partícula com a outra, tornando o solo grumoso, o que diminui a densidade do solo e aumenta a área explorada pelas raízes. Em solos arenosos, por conter a maior concentração de macroporos, não apresenta problemas com a aeração, possibilitando melhor entrada do oxigênio, saindo dióxido de carbono e metano.

Água no solo

Em relação ao conteúdo de água, sabe-se que os solos argilosos após grandes precipitações pluviométricas tornam-se encharcados, pois a drenagem é deficitária, devido a maior concentração de microporos, as baixadas ficam geralmente inundadas e conseqüentemente não se pode efetuar as práticas agrícolas normalmente. Em solos onde a topografia é irregular, se tem um problema muito grande de escorrência superficial, levando a uma maior erosão hídrica laminar, devido à enxurrada que ocorre nessas condições de topografia. Com a adição de matéria orgânica vai se melhorar a floculação do solo e a drenagem se dá mais facilmente, tanto nas baixadas como nas áreas com maior declividade, isso é muito importante, pois a matéria orgânica neste caso vai servir também como uma prática conservacionista. Em relação aos solos arenosos, por conter uma maior concentração de macroporos, o problema é de retenção de água. Nesses solos quando ocorrem estiagens prolongadas, denominadas de veranicos, trazem problemas para as plantas, pois o conteúdo armazenado de água é muito pequeno, prejudicando a turgescência da planta e levando a mesma a apresentar murcha fisiológica e prejudicando sobretudo a absorção de elementos nutritivos pelas plantas. A matéria orgânica nesse caso vai agir como se fosse uma esponja, melhorando a retenção de água e minimizando os problemas do veranico.

Efeitos químicos

Nutrição da planta

Em relação aos efeitos químicos, a matéria orgânica pode contribuir indireta ou diretamente na nutrição da planta. Indiretamente, melhorando o complexo coloidal, ou complexo de troca, com a abertura de novas cargas

eletronegativas, havendo conseqüentemente uma maior adsorção de cátions. Diretamente age disponibilizando elementos nutritivos para as plantas, principalmente nitrogênio e enxofre como macronutrientes e boro como micronutrientes. A matéria orgânica normalmente não tem um grau de riqueza muito grande em fósforo, sendo que o maior conteúdo desse elemento se dá quando ocorre o processo de vermicomposto pela maior descomplexação do fósforo das formas orgânicas de fitina, ácidos nucléicos e nucleoproteínas, ao passar pelo tubo digestivo das minhocas passando para uma forma descomplexada passível de ser absorvida pelas plantas.

Em relação ao teor de potássio nos adubos orgânicos, verifica-se que esse elemento encontra-se em maiores quantidades no composto orgânico por haver a presença de restos vegetais nesse adubo, onde se dá a maior localização desse elemento na parte aérea da planta, normalmente não sendo suficiente para satisfazer as necessidades nutricionais das culturas. As bases cálcio e magnésio, apresentam um conteúdo pequeno, assim como os micronutrientes metálicos (ferro, cobre, zinco e manganês). Dentre os micronutrientes o mais representativo na matéria orgânica é o boro seguido do molibdênio.

Efeito quelatizante

Outro efeito químico importante que a matéria orgânica humificada apresenta é o poder de quelatizar os elementos metálicos, como ferro, cobre, zinco e manganês, esses elementos são pseudo complexados no núcleo dos ácidos húmicos, fúlvicos himatomelânicos e humina, fator importante, pois diminui as perdas por fixações e lixiviações desses elementos, o que levou a indústria de fertilizantes a idealizar e fabricar os quelatos metálicos, muito importante, pois as perdas que ocorrem com o uso fonte desses micronutrientes, nas formas de sulfatos, são diminuídas consideravelmente.

O alumínio trocável sendo um metal, também pode ser quelatizado pelos ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e humina, logo um bom teor de matéria orgânica no solo faz com que o alumínio fique pseudo complexado, diminuindo os seus teores em alguns momentos. Embora não seja um fator de insolubilização é importante ressaltar que a matéria orgânica pode pseudo complexar o alumínio, deixando-o inativado, o que é importante para a nutrição da planta, pois esse

elemento é retrogradante do fósforo e em concentrações maiores pode ser nociva a planta em termos de fitotóxicos.

Efeitos físico-químicos

Poder tampão do solo

A matéria orgânica apresenta um efeito tampão muito importante no solo, tendo uma relevância direta sobre a absorção de nutrientes pela planta, pois a depender do pH do solo, a disponibilidade desse ou daquele elemento é alterada. Nos solos arenosos por haver uma menor concentração de coloides, o pH apresenta uma grande instabilidade, havendo mudanças bruscas com o emprego de maiores quantidades de materiais ácidos ou alcalinos. Por aumentar a concentração de coloides, a matéria orgânica confere uma maior resistência a mudanças bruscas de pH, tornando-o mais estável. Em solos argilosos por conterem maiores concentrações de coloides inorgânicos, não se tem mudanças tão significativas do pH do solo.

Efeitos nas características químicas

A matéria orgânica também contribui para o aumento da soma de bases, capacidade de troca de cátions e a porcentagem de saturação de bases. A soma de bases é o somatório de cálcio, magnésio, potássio e eventualmente sódio, em regiões áridas e semiáridas, onde existe ascensão capilar de sais de sódio. A soma de bases abaixo de $2,5 \text{ Cmolc/dm}^3$ pode levar a planta a emitir sintomas de carência de bases importantes como cálcio, magnésio e potássio.

A capacidade de troca de cátions no solo é outro fator muito importante, pois é a capacidade que o solo tem de absorver cátions na forma trocável e efetuar dessorção dos mesmos para solução do solo, fazendo com que haja uma maior absorção de elementos nutritivos básicos pela planta. Um valor de CTC inferior a $5,0 \text{ Cmolc/dm}^3$, indica que esse solo tem baixa capacidade de retenção de íons e menor provimento de nutrientes básicos para a planta.

A porcentagem de saturação de bases é a variável mais importante na análise química do solo, pois ela vai referendar se o solo é mais ou menos produtivo, se o solo apresenta a porcentagem de saturação de base menor que 50%, se diz que o solo é distrófico e não se adequa para a implantação de

qualquer cultura, antes da sua correção. Quando o solo tem uma porcentagem de saturação de bases maior que 50%, mas em concentrações menores apenas serve para a implantação de plantas gramíneas e algumas poucas culturas não representativas economicamente. A porcentagem de saturação de bases ideal é que esteja entre 70% a 80%, servindo para o cultivo de culturas, como leguminosas, fruteiras, plantas de paisagismo. É muito importante que a porcentagem de saturação de bases seja alta, pois isso quer dizer que o solo tem potencial produtivo bastante elevado. A matéria orgânica por conter uma concentração coloidal alta, indiretamente aumenta a relação entre as somas de bases e a capacidade de troca de cátions que constitui a porcentagem de saturação de bases.

Efeitos biológicos

A matéria orgânica é de suma importância para a biologia do solo, pois a maioria das reações que ocorrem no solo são de caráter bioquímico logo dependem de microrganismos. Sabe-se que as reações, como a mineralização efetuada por fungos e bactérias e a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, efetuada por bactérias, simbioticamente e assimbioticamente, dependem de um bom teor de matéria orgânica no solo. Esse material é a “casa” dos macro e microrganismos, havendo um menor teor, a população destes diminui abruptamente.

Preparo e uso do composto orgânico

A forma mais fácil e barata de multiplicar a matéria orgânica numa propriedade agrícola é através da compostagem, onde se aproveita tudo o que se considera restos que não sejam empregados no arração animal, aumentando consideravelmente a quantidade de massa a ser compostada.

Formação da pilha

Local, formato e dimensões da pilha

Na implantação da pilha ou meda do composto orgânico, o primeiro cuidado que devemos ter é o local de instalação, que deve ser plano. É importante ressaltar que a produção de composto pode ocorrer sob cobertura (embaixo de árvores), ou a céu aberto, quando se tem uma maior quantidade de matéria orgânica para ser compostada. A decomposição sob cobertura apresenta algumas vantagens, como: menor incidência direta de raios solares, diminuindo as reações de redução do nitrogênio e de enxofre. Também a cobertura diminui a probabilidade de evaporação de água da pilha, ou o encharcamento com a ocorrência de precipitações pluviométricas, que pode tornar o processo anaeróbico. O formato da pilha pode ser piramidal se o agricultor tem uma quantidade menor de restos a ser compostado ou retangular se essa quantidade for maior. A pilha piramidal ou retangular deve apresentar uma altura em torno de 1m, largura de aproximadamente 2m e o comprimento retangular é variável, a depender da quantidade de material.

Relação C/N dos restos

Na formação do composto os restos devem apresentar inicialmente uma relação C/N alta, logo é importante que na escolha dos restos se tenha entre 60 a 70% de material mais carbonáceo e o restante mais nitrogenado. Essa proporção é importante, pois após o período de decomposição a quantidade de material humificado deve ser representativo para o seu emprego no campo. Pilhas com materiais apresentando uma relação C/N muito estreita, ou seja, com muito material nitrogenado leva a grandes perdas de nitrogênio na forma de amônia e a quantidade final de material humificado é pequena, não satisfazendo ao produtor. Os materiais para a formação da pilha são: restos de culturas, ervas daninhas sem sementes, capim de corte implantado para efetuação da prática da compostagem, lavagens de pratos sem sabão e restos diversos da fazenda. Devemos ressaltar que as palhadas diversas devem ser desintegradas para maior contacto entre o microrganismo e o material, facilitando o processo de decomposição.

Inoculação e irrigações

Para a decomposição dos materiais, utiliza-se esterco fresco ou em fermentação das diferentes espécies animais e caso haja disponibilidade terra urinosa (terra de curral), como inóculos que vão levar fungos, bactérias e actinomicetos, atacando os restos e fazendo o processo de digestão dos mesmos. Ressaltamos que a água é de suma importância em todas as etapas de decomposição. Utiliza-se também na pilha cinza de casa de farinha ou calcário para aumentar o pH do meio, importante para melhores condições para a flora actinomiceta e produzir o húmus final com um pH adequado. Desde a edificação da pilha até a bioestabilização e/ou humificação, a água é importante para controlar a temperatura, maior terracidade para os restos, a vida e trabalho dos microrganismos. Durante o processo de decomposição antes de se proceder as irrigações que normalmente são efetuadas por inteiro quando do corte ou reviramento, deve-se efetuar o teste de hidratação, que consiste em retirar cinco subamostras formando uma amostra composta que colocada na palma das mãos e pressionando se verifica o conteúdo de água do meio, caso verta água entre os dedos o composto apenas será revirado sem ser irrigado.

Temperatura da pilha - teste de temperatura

Durante o processo de “cura” ocorrem diferentes graus de temperatura, quando da formação da pilha e na etapa de bioestabilização e/ou humificação não se sente temperatura ao tato da massa e este estágio de temperatura é denominado de criófilo ou criofílico. Após sete dias de decomposição a temperatura deve estar na faixa intermediária, que também é a mais constante no composto e a denominados de mesófila ou mesofílica, sendo uma temperatura intermediária. A temperatura de fermentação propriamente dita é a termófila ou termofílica e pode ser bastante elevada, chegando a pilha a pegar fogo espontaneamente, caso não se faça o corte ou irrigação. Com a temperatura tão elevada, há uma redução do nitrogênio da forma de amônio para amônia ou gás amoníaco e o enxofre da forma de sulfato para gás sulfídrico, havendo maiores volatilizações de nitrogênio e enxofre. A faixa de temperatura termofílica mais adequada é em torno de 60°C que pode ser constatada através de um termômetro de esterqueira ou sentida por meio de uma barra de ferro, por ser boa condutora de calor, ficando há mesma cinco minutos no meio da pilha do

composto, para melhor avaliação. O adubo só pode ser empregado se estiver devidamente humificado, para que ocorram os efeitos físicos, químicos e físico-químicos, proporcionados pelo mesmo, constatados pelos testes de humificação e a temperatura deve ser criofílica.

Corte ou reviramento da pilha - aeração do composto

É um procedimento muito importante, pois a compostagem é efetuada normalmente de forma eminentemente aeróbica. Faz-se necessário, a efetuação de cortes ou reviramentos da massa, que numa pilha tipo pirâmide pode ser efetuado manualmente (enxada e pá), ou através de trator de lâmina, quando se tratar de umas pilhas maiores como as retangulares. A finalidade do corte, como foi dito, é aerar o interior da pilha e homogeneizar a massa que está sendo compostada, são efetuados quinzenalmente após a formação da pilha, até que o composto esteja inteiramente humificado.

Decomposição anaeróbica

A prática da compostagem também pode ser efetuada de forma anaeróbica na maioria das etapas da decomposição, principalmente quando a temperatura do material estiver ainda mais elevada, faixa termofílica.

A fermentação com menos oxigênio deve ser procedida quando se tem materiais que exalam odores insuportáveis em relação a outros restos decomponíveis, pelo desprendimento de gás sulfídrico (H₂S) e amônia (NH₃), incomodando outros agricultores circunvizinhos. Como exemplo, citamos a decomposição da “cama de frango”, que emite fortes odores. Logo, para humificação deve-se utilizar trincheiras, onde é colocado o material e recoberto por uma camada de solo. Após 45 a 60 dias, faz-se um procedimento similar ao corte ou reviramento, usado na humificação aeróbica, denominado de chanfragem utilizando o “garfo de fazenda” para o revolvimento da massa que está sendo decomposta. Nesse momento, a temperatura do meio deve ter declinado da faixa termofílica para a mesofílica.

A complementação do processo de decomposição ocorre aerobicamente, mas o material continuará na trincheira até a bioestabilização, quando a temperatura estiver na faixa criofílica, sem percepção de temperatura ao tato, estando pronto para ser utilizado no campo. Chamamos a atenção que o grau de

riqueza em nitrogênio e enxofre, elementos que podem ser volatilizados, é menor quando a fermentação é anaeróbica em relação às pilhas ou medas que são humificadas de modo aeróbico.

A fermentação sob entrincheiramento é similar a decomposição do esterco de bovinos descomposto em esterqueira, onde existe uma fase anaeróbica seguida de outra aeróbica.

Teste de “Cura”

Decorridos 75 a 90 dias, o composto deve apresentar uma coloração pardacenta escura, não se sentindo temperatura ao tato, faixa criofílica, o que denota que o mesmo está pronto para ser utilizado no campo, procedendo-se o teste mais prático, que é o da graxa. Esse consiste em se retirar 8 a 10 subamostras em diferentes locais e profundidades da pilha do composto, procedendo-se da mesma forma no minhocário ou na esterqueira, fazendo-se uma amostra composta, retira-se um pouco do material, procede-se o umedecimento do mesmo e com um esfregão entre as mãos, havendo o esborramento grande para o solo, é sinal que o adubo não está curtido, necessitando de maior tempo para a sua humificação, entretanto se as mãos ficarem engraxadas, como graxa de sapato preto, o adubo está pronto para ser utilizado no campo. Com a humificação o adubo fica moldável como se fosse argila, podendo modelar diversas figuras geométricas.

Figura 2: Teste da graxa



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Vermicomposto

A prática da vermicompostagem ou produção de húmus de minhoca é bastante antiga, entretanto a sua maior difusão no Nordeste ocorreu no século passado. Essa prática qualifica o adubo orgânico melhorando a sua granulometria e os seus conteúdos nutrientes, especialmente em nitrogênio e fósforo.

Local de produção do vermicomposto

Este processo é efetuado em local devido, denominado de minhocário, sendo edificado de diferentes materiais, entretanto os mais utilizados são os construídos com blocos e cimento, possuindo normalmente as seguintes dimensões: largura de aproximadamente 1 m a 1,5 m e altura de 60 a 75 cm, devendo ser revertidos de cimento interna e externamente. Devem apresentar uma declividade de 2 a 3% da cabeceira ao fundo, para o escoamento de um líquido de coloração sanguinolenta devido as irrigações, denominados de chorume ou purina. Esse líquido é captado através de um dreno, que fica no fundo do minhocário. Posteriormente são colocados em garrafas “pets” e para seu uso, faz-se diferentes diluições em água, para pulverizações foliares em culturas de ciclo curto, como as plantar hortícolas e na produção de mudas em viveiros. O material apresenta uma maior concentração de nitrogênio, potássio e pobreza extrema em fósforo.

Figura 3: Minhocário: vermicomposto



Enchimento do minhocário, inoculação e condução

Para a formação do vermicomposto, inicialmente se coloca o esterco no minhocário, este pode ser de diferentes espécies de animais, como os bovinos, ovinos, caprinos, equinos e outros. A inoculação das minhocas, deve ser efetuada vinte dias pós-enchimento, quando é menor a salinidade, temperatura e acidez da massa. Existem várias espécies de minhocas, entretanto as mais comuns e vendidas no comércio são as do gênero *Eisenia*, com as espécies *E. foetida* e *E. andrei*, sendo que a primeira espécie é mais difundida no mercado. Esses organismos tem um papel fundamental para a melhoria do teor de nutrientes e granulometria do adubo, sendo o seu excremento em forma de “bolinhas”, denominados de copólito. As minhocas apresentam um corpo segmentado e de consistência gelatinosa, requerendo irrigações mais frequentes que o composto orgânico, mas não se deve fazer irrigações excessivas, pois isso pode levar a morte das mesmas por afogamento, necessitando-se antes das irrigações proceder ao teste da hidratação, referido anteriormente. Ambiente muito

ressecado levará a desidratação desses organismos e conseqüentemente a sua morte.

Os vermes se locomovem com facilidade, através de movimentos contorcionistas e com auxílio de cerdas. Não suportam uma maior incidência de luz (lucífogas), embora sejam cegas, sentem essa sensibilidade no corpo. São hermafroditas e vivem por um grande período de tempo, se regenerando com facilidade. São importantes para que o adubo orgânico tenha um maior valor econômico, sendo mais caro do que qualquer adubo orgânico, isso é muito importante para que o produtor tenha a possibilidade de aumentar seus ganhos na propriedade agrícola.

Figura 4: Minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisênia foetida* L.)



Peneiração do vermicomposto

A peneiração do húmus de minhoca pode ocorrer em uma peneira mecânica ou manual, tendo-se o cuidado de não mutilar as minhocas durante o processo de peneiração. Pode-se também fazer um artifício, colocando um adubo orgânico mais novo no minhocário, para que as minhocas migrem para o mesmo, diminuindo o contingente de minhocas no adubo que está sendo peneirado. Uma outra forma de separação das minhocas do adubo humificado é através da mesa separadora, onde se incide um feixe de luz, por meio de uma lâmpada de alta

potência, fazendo com que esses organismos penetrem mais profundamente no adubo, ficando a superfície menos povoada. Após a retirada das minhocas, essas devem ser inoculadas em outro minhocário em que o adubo tenha passado pelo pousio recomendado, ou seja, vinte dias após enchimento.

Uso do adubo orgânico no campo

Estando o adubo orgânico pronto de maneira devida para ser utilizado no campo, não importando que seja um esterco de qualquer espécie animal, composto orgânico ou vermicomposto são efetuadas as peneirações, ensacamento e armazenamento devidos, é chegado o momento de seu uso no campo. São aplicados normalmente em adubação de manutenção e/ou restituição e correção.

Adubações de manutenção

As adubações de manutenção são as adubações feitas de modo localizado, de diferentes formas como: sulcos, covas, círculo, meio círculos, linhas ou faixas, melhorando apenas uma área restrita do solo e que atenderia principalmente a liberação de nutrientes para planta e não a melhoria geral do solo. Essas adubações tem por objetivo manter a fertilidade do solo e/ou restituir elementos que foram retirados pelas culturas, ou perdidos por algumas causas. Nas adubações de manutenção, as quantidades de adubos utilizados variam entre 15 a 20 toneladas/hectare, essa diferenciação entre uma dosagem e outra diz respeito à qualidade do adubo orgânico, normalmente o húmus de minhoca é utilizado em menores quantidades por conter um maior conteúdo de nutrientes na sua constituição.

As adubações de manutenção ficam restringidas na produção de mudas de algumas olerícolas, mudas de culturas perenes, como as frutíferas e plantas para reflorestamento. Não se utiliza adubo orgânico para culturas de ciclo curto, que irão abranger grandes áreas, como o milho, feijão, arroz, trigo, centeio, soja, entre outros, preconizando-se apenas uma mistura NPK, associado ou não a uma fonte de micronutriente a depender da necessidade nutricional da planta e se esta possui rentabilidade econômica. O adubo orgânico é importante na adubação de plantio das culturas perenes, sejam frutíferas ou plantas para reflorestamento, já

que para todas as culturas perenes na fase de implantação é necessário que se coloque uma fonte orgânica. Normalmente não se utiliza húmus de minhoca, nas adubações de fundação na cova de plantio em plantas perenes, por ser mais caro que os demais adubos orgânicos, restringindo seu emprego na produção de mudas de plantas de ciclo curto ou perene, paisagismo ou na produção hortícola. Não se emprega adubos orgânicos em culturas perenes pós plantio nas adubações denominadas de ano a ano, pois ficará antieconômico usando-se apenas misturas de adubos minerais.

Seja qual for a fonte orgânica deve-se ter bastante cuidado, com o grau de “maturação” do mesmo e o seu modo de aplicação nas adubações de manutenção, seja em culturas de ciclo curto ou perene. Nas culturas de ciclo curto, como as plantas olerícolas, a aplicação no campo é efetuada em leiras, cobrindo toda a superfície e através de ancinho, procedendo-se a incorporação do mesmo, isso é importante, pois diminui o perigo de ocorrer que possíveis partes imaturas do adubo venham inviabilizar a germinação das sementes, sejam em leiras de sementeiras ou para plantas que não se procede o transplantio. Quando da implantação da muda hortícola em campo deve-se ter o cuidado que o adubo orgânico que foi aplicado na cova não fique em contacto direto com as raízes, pois caso haja partes não humificadas do adubo, ocorreram o aumento de temperatura e o não pegamento da muda. Em aplicações de círculo, meio círculo e linhas, deve-se localizar o adubo não muito próximo à planta e sim na sua projeção, para se evitar injúrias causadas por um aumento de temperatura e/ou concentração salina, se a bioestabilização do adubo não for completa.

Figura 5: Aplicação e incorporação do composto em leira



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Figura 6: Aplicação do composto em cova



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Adubações de correção

Este tipo de adubação visa melhorar de modo mais extensivo o solo, ou modificar condições anômalas para otimizar a produção agrícola, sendo assim uma modificação na estrutura do solo, quelatização de elementos metálicos, como: ferro, cobre, zinco e manganês, aumento do poder tampão do solo, melhorias da soma de bases, capacidade de troca de cátions, porcentagem de saturação de bases e na diminuição de sais no solo, somente uma aplicação extensiva, ou seja, a lança cobrindo todo o solo com incorporação ou não da matéria orgânica trará resultados positivos, pois aplicações localizadas não atenderia essas modificações. Nas adubações de correção, necessita-se de uma maior quantidade de matéria orgânica, que deve estar em torno de 60 a 80 toneladas/hectare, logo dificilmente são praticadas, pois o uso do adubo orgânico em larga escala pode se tornar antieconômico para o produtor, preconizando-se normalmente as adubações de manutenção.

Bibliográficas

ANJOS, J. L.; AQUINO, A. M.; SCHIEDECK, G. Minhocultura e vermicompostagem: Interface com sistema de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Cap.5.

BASTOS, R.S.; SÁ MENDONÇA, E.; ALVAREZ V., V.H.; CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.11-20, 2005.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTUORA, S.M.V.; ERNANE, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sobre plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.1161-1164, 2003.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. Compostagem: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. Piracicaba: 2004. 173 p.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C. da; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF: Botucatu, 2006. p. 63-94.