



Universidade de Brasília
Instituto de Química



Igor Henrique Afonso Pereira

**CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO DE
COMPOSTO ORGÂNICO PRODUZIDO ATRAVÉS DA
VERMICOMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso

Brasília – DF

2019

Igor Henrique Afonso Pereira

**CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO DE
COMPOSTO ORGÂNICO PRODUZIDO ATRAVÉS DA
VERMICOMPOSTAGEM**

Trabalho de conclusão de curso em Química Tecnológica apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dra. Fernanda Ribeiro do Carmo Damasceno

**Brasília – DF
2019**

*"Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
ombros de gigantes".*

(Isaac Newton)

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por todas as vitórias que Ele me concedeu. Obrigado por me dar capacidade intelectual, não só na escrita desse trabalho, mas ao longo de todo esse curso.

Agradeço pelo gigantesco apoio e amor incondicional que tive de toda minha família! Meu pai, Aguinaldo, pelas conversas e por se tornar minha inesgotável fonte de inspiração, acreditando na minha capacidade e me motivando a correr atrás dos meus sonhos. Minha mãe, Marcilene, que, mesmo de longe, sempre acreditou no meu potencial. Meu avô, Sergio, que nunca mediu esforços para me ajudar (muitos quilômetros percorridos para me levar todo dia ao colégio). Minha avó, Penha, pelos inúmeros ensinamentos (quantas vezes liguei para me ensinar a fazer alguma comida), imenso carinho e compreensão pelo caminho que tomei. Meus tios, Alexis, Juliana, Junior e Agda, pelo incentivo e credibilidade. Meus primos e irmãos, Vitor Hugo, Antônio Sergio, Thiago, Cairo, Agnes e Gabriella, por serem o futuro promissor e me tornarem seus espelhos. Minha namorada, Heloá, que acompanhou de perto a saga dessa escrita, obrigado pelo constante apoio, carinho e companheirismo.

À professora Fernanda Damasceno pela excelente orientação! Obrigado pela paciência, dedicação, carinho e ensinamentos. Sem ela, nada disso seria possível!

Ao professor Floriano e Dr. João, que me acolheram no Laboratório de Tecnologia Química (LATEC) e me sanaram todas as dúvidas que surgiam.

Ao pessoal (pós-graduandos, técnicos e professores) dos laboratórios do IQ por me ajudarem com algumas dúvidas que surgiam ao longo da pesquisa. Principalmente ao pessoal da Central Analítica do Instituto de Química da UnB pelo auxílio nas análises deste trabalho e na interpretação dos dados.

Aos amigos de curso, por tornarem a caminhada mais divertida. Gostaria de citar nomes, porém não quero cometer nenhuma injustiça (principalmente com os dramáticos). Assim, fica apenas o sentimento de gratidão a cada um de vocês pelas risadas, troca de conhecimento (aquelas aulas antes da prova que salvam vidas), pelo deespero conjunto com as matérias e, principalmente, pela amizade

que espero levar para a vida.

Aos amigos de fora que deram todo o apoio moral e emocional (o sentimento é recíproco).

Ao Instituto de Química por fornecer toda a infraestrutura necessária para a conclusão deste trabalho.

Extremamente difícil um menino vindo do interior do Mato Grosso conseguir chegar aonde eu cheguei sem uma base sólida e um caminho repleto de pessoas especiais, vocês são meus ombros gigantes que deixo o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

Os resíduos sólidos tornaram-se, nas últimas décadas, um dos problemas principais do planejamento urbano e gestão pública em praticamente todas as grandes cidades do mundo. Sabendo que pequena parte desses resíduos são encaminhados para a reciclagem, pode-se empregar a compostagem como método para recuperação dos nutrientes de resíduos orgânicos. Ao se incorporar anelídeos ao processo de compostagem, têm-se a vermicompostagem, onde há um processo de transformação biológica de resíduos orgânicos, no qual as minhocas californianas (*Eisenia fetida*) atuam acelerando o processo de decomposição. Neste trabalho, teve-se como objetivo realizar um estudo de caracterização e comparativo do composto orgânico obtido através da vermicompostagem. Um vermicomposto produzido em bancada foi testado e comparado com um produto já comercializado como condicionador de solo. Analisou-se as frações de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) e notou-se que tais quantidades são maiores no composto produzido do que no composto comercial, colocando o primeiro em vantagem. A capacidade de troca catiônica (CTC) e capacidade de retenção de água (CRA) dos compostos foram avaliadas. A CTC e CRA dos materiais destinados à agricultura são parâmetros que precisam atingir valores mínimos segundo a legislação vigente para que sejam comercializados como condicionadores de solo. Nenhuma das amostras analisadas apresentaram CRA mínimo exigido. Já a CTC foi alcançada nos dois compostos analisados 362 mmol.kg⁻¹ para o produzido em bancada e 347 mmol.kg⁻¹ para o comercial. Como o vermicomposto produzido foi analisado um pouco antes da estabilização completa, há a possibilidade da utilização desse material como condicionador de solo.

Palavras-chave: vermicompostagem; resíduos orgânicos; condicionador de solo; capacidade de troca catiônica, capacidade de retenção de água.

ABSTRACT

Solid waste has, in recent decades, become one of the major problems of urban planning and public management in most of city in the world. A small part of this waste is sent for recycling and can be used for composting as a method for recovery of nutrients from organic waste. By incorporating annelids into the composting process, there is vermicomposting, that is a process of biological transformation of organic waste, which californian worms (*Eisenia fetida*) act to accelerate the decomposition process. In this research, the objectives were carry out a characterization and comparison study of the organic compound obtained by vermicomposting. A bench-produced vermicompost has been tested and compared with a product already marketed as a soil conditioner. The nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) fractions were analyzed and it was noted that such amounts are higher in the produced compound than the commercial compound, putting the first one at an advantage. The cation exchange capacity (CEC) and water holding capacity (WHC) of compounds were analyzed. CEC and WHC of materials intended for agriculture must have minimum values according to current legislation in order to be marketed as soil conditioners. None of analyzed samples presented minimum WHC required. Already CEC was achieved in two compounds analyzed 362 mmol.kg⁻¹ for bench-top and 347 mmol.kg⁻¹ for commercial. Since the vermicompost produced was analyzed shortly before complete stabilization, it is possible to use this material as a soil conditioner.

Keywords: vermicomposting; organic waste; soil conditioner; cation exchange capacity, water holding capacity.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivos gerais	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Referencial Teórico	4
3.1. Desenvolvimento sustentável.....	4
3.2. Lixo e resíduo.....	4
3.3. Destinação final	5
3.4. Compostagem.....	6
3.5. Vermicompostagem	9
3.6. Condicionadores de solo e fertilizantes.....	11
3.7. Química do solo: macro e micronutrientes.....	12
4. Materiais e métodos	15
4.1. Montagem da composteira e preparo do substrato	15
4.2. Umidade total	17
4.3. Granulometria	17
4.4. Carbono Orgânico Total	17
4.5. Análise elementar de Carbono, Hidrogênio e Oxigênio.....	18
4.6. Espectrômetria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva	18
4.7. Capacidade de troca de cátions (CTC) e Capacidade de retenção de água (CRA).....	18
4.8. Demanda Química do Oxigênio (DQO).....	18
5. Resultados e discussão	19
5.1. Umidade total.....	19
5.2. Granulometria	19
5.3. COT.....	20
5.4. CHN.....	21
5.5. EDX-XRF	22
5.6. CTC e CRA	23
5.7. DQO	24
6. Conclusões e perspectivas	25
7. Referências	26

1. INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos representa um dos mais sérios problemas enfrentados nas cidades. No decorrer de 2015, registrou-se um aumento no volume de resíduos enviados para destinação inadequada, com quase 30 milhões de toneladas de resíduos dispostas em lixões ou aterros controlados, sendo que esses não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. A prática da disposição final inadequada de resíduos sólidos urbanos – RSU – ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios ainda fazem uso desses locais impróprios (ABRELPE, 2015).

Assim, a gestão de RSU assume uma enorme importância, sendo necessária a compreensão e adequação com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos, cujo intuito, é de estabelecer estratégias simples da reciclagem de resíduos orgânicos sólidos através de um tipo específico de compostagem (MMA, 2012).

Os resíduos sólidos tornaram-se um dos problemas centrais em termos de planejamento urbano e gestão pública em praticamente todas as grandes cidades do mundo. De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2017), há uma geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em torno de 160 mil toneladas diárias, sendo que 30 % a 40 % desse montante são considerados passíveis de reaproveitamento e reciclagem. Com um setor ainda pouco explorado no país, somente 13 % desses resíduos são encaminhados para a reciclagem.

A compostagem é um método de recuperação dos nutrientes de resíduos orgânicos, levando-os de volta ao ciclo natural, enriquecendo o solo para a agricultura ou jardinagem. Além disso, é uma forma de reduzir o volume de lixo produzido pela sociedade, destinando corretamente um resíduo que se acumularia nos lixões e aterros gerando mau cheiro e a liberação de gás metano, gás de efeito estufa e chorume, líquido que contamina o solo e as águas (MMA, 2012).

Ao se incorporar anelídeos ao processo de compostagem, tem-se a vermicompostagem. Tal termo é utilizado para o processo de transformação biológica de resíduos orgânicos, no qual as minhocas californianas (*Eisenia fetida*) atuam acelerando o processo de decomposição. No Brasil, a compostagem é considerada

ainda uma atividade incipiente e desconhecida do grande público (EMBRAPA, 1996).

De acordo com a Organização da Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 25 % dos solos do planeta estão degradados seja física, química ou biologicamente. Tem-se que essa degradação afeta diretamente a capacidade produtiva desses solos, influenciando, assim, a produção de alimentos (FAO, 2011).

O produto obtido pela vermicompostagem, denominado vermicomposto ou húmus da minhoca, é uma fração sólida orgânica, podendo ser utilizado como condicionador de solo – produto que melhora as propriedades químicas, físico-químicas e biológica do solo (EMBRAPA, 2017) – para horticultura, floricultura, projetos de recuperação de áreas degradadas, dentre outras formas. Há, também, outro produto denominado biochorume, que é a fração líquida proveniente do processo de compostagem, podendo ser utilizado como biofertilizante, quando diluído (EMBRAPA, 1996).

Sabe-se que o setor agrícola é o maior consumidor de água (EMBRAPA, 2017). Dessa forma, a utilização de condicionadores de solo pode trazer melhorias na fertilidade e na capacidade de retenção de água pelo solo (VILELA, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Realizar um estudo de caracterização e comparativo do composto orgânico obtido através da vermicompostagem.

2.2. Objetivos específicos

- Montagem uma composteira de bancada para realização do processo com auxílio de anelídeos;
- Realizar análises físicas, como: granulometria, umidade total e capacidade de retenção de água;
- Caracterizar o vermicomposto utilizando os métodos Carbono Orgânico Total (COT), Análise elementar de carbono, hidrogênio e nitrogênio (CHN) e Espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX-XRF);
- Comparar com um produto semelhante já existente no mercado.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1. Desenvolvimento sustentável

O pensamento sustentável para com o meio ambiente tornou-se progressivo, atingindo vários setores do mercado mundial. Tal pensamento trouxe a possibilidade da criação de políticas de desenvolvimento industrial, leis de preservação ambiental e normas de gestão agroindustrial, que, além de tentar diminuir a geração de resíduos de atividades industriais por meio de tecnologias limpas, priorizam a relação do gerenciamento destes resíduos, sejam eles agrícolas ou industriais (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Segundo a definição da ONU, do Relatório Brundtland (1987):

“[...] o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas”

Atualmente, diversas indústrias buscam integrar em seus projetos de gestão a sustentabilidade, com intuito de diminuir e/ou aproveitar resíduos e, assim, minimizar os impactos gerados por elas em seus ambientes e, conseqüentemente, seguir a definição acima.

3.2. Lixo e resíduo

A distinção dos conceitos de lixo e resíduo, que por diversas vezes é confundida, faz-se necessária para entendermos, principalmente, como destinar de forma correta.

O lixo é o que se deve ser descartado devido à sua completa falta de valor, necessitando de tratamento e disposição adequados. Já os resíduos – sólidos, efluentes líquidos ou emissões gasosas –, são aqueles que podem ser reaproveitados no processo produtivo como os próprios produtos ou como matéria prima para

processos secundários, gerando assim alto valor agregado por conta de tal reaproveitamento (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Na natureza, temos que o solo recicla e reaproveita os restos orgânicos dos seres vivos, por meio de ciclos biogeoquímicos. No entanto, o mesmo não acontece nas cidades.

Com base em dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE):

“[...] o destino do lixo no país é ficar a céu aberto em 75% dos casos. Amontoados sobre o solo, o lixo aí se infiltra poluindo os lençóis freáticos ou poluindo a atmosfera quando queimado. Apenas em 25% das cidades recebem tratamento mais adequado, sendo 12% em aterro controlado e o restante em compostagem, incineração e reciclagem.”

Assim, faz-se necessário melhor estudo e desenvolvimento de formas eficazes que não prejudiquem o meio ambiente para melhorar a destinação dos resíduos.

3.3. Destinação final

Rico em matéria orgânica e produtos recicláveis, o lixo urbano possui quatro alternativas de destino: disposição em aterro sanitário, incineração, reciclagem e, compostagem (D´ALMEIDA, 2002).

A destinação final do lixo em aterros sanitários faz com que esse seja acondicionado no solo em camadas de espessuras pré-determinadas que serão cobertas por solo argiloso e, assim, compactado. A fase líquida produzida, chamada de chorume, pode ser drenada e tratada, já os gases, como metano, são reaproveitados. Mesmo com tais cuidados, pode ocorrer perdas de gases e líquidos que, devido ao mau cheiro, torna-se um processo problemático (D´ALMEIDA, 2002).

Na incineração o lixo é queimado em temperaturas elevadas (800 a 3000°C), gerando enorme quantidade de poluição atmosférica, especialmente dióxido de carbono, identificado como agente causador do efeito estufa. Tem-se que acima de 600°C os materiais biológicos são destruídos e reduzidos a óxidos e carbono elementar. (CONSONI, 2002).

A reciclagem também surge como uma das alternativas ao excesso do lixo jogado no ambiente. Sendo essa a separação de materiais domiciliares, como: plástico, papel, vidro e metal, cujo intuito é retorná-los à indústria e, posteriormente,

beneficiados para que, assim, sejam transformados em produtos comerciais. (IBAM, 2001).

3.4. Compostagem

Primeiramente, faz-se necessário entender melhor a respeito dos resíduos orgânicos, sendo estes compostos, principalmente, por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas.

São materiais que podem ter origens diversificadas, como: doméstica (restos de alimento), urbana (poda de árvores), industrial (resíduos do ramo alimentício, madeiras, frigoríficos, etc.), saneamento básico (lodos das estações de tratamento de esgoto), dentre outras. (MMA, 2017).

No meio ambiente, tais resíduos se degradam espontaneamente, reciclando, assim, os nutrientes do solo. No entanto, quando descartados em grandes volumes e em locais inadequados podem ocasionar problemas ambientais. Tal disposição inadequada pode gerar chorume, metano e favorecer proliferação de doenças. Por isso é importante métodos para gerir e, principalmente, tratar tais resíduos orgânicos (MMA, 2017).

Quando os resíduos orgânicos não são misturados com outros tipos de resíduos pode-se haver, em várias escalas, a reciclagem e transformação desses resíduos em adubo ou fertilizante orgânico. Pequenas quantidades de resíduos orgânicos podem ser tratadas de forma doméstica ou comunitária, enquanto grandes quantidades podem ser tratadas em plantas industriais. Um dos processos mais comuns de reciclagem de resíduos orgânicos é a compostagem. (MMA, 2017).



Figura 1: Compostagem comunitária em bairro de Florianópolis-SC (MMA)

Figura 2: Compostagem doméstica, Visconde de Mauá-RJ (MMA)

Define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos pela ação de microrganismos, sem adição de componentes físicos ou químicos ao montante do material. Tal processo pode ser aeróbio ou anaeróbio, sendo que na segunda a decomposição é realizada exclusivamente por microrganismos que vivem sem a presença de oxigênio, possíveis desvantagens desse processo é o fato de ocorrer em baixas temperaturas, liberar fortes odores e levar muito tempo para estabilização da matéria orgânica. (IBAM, 2001).

Já na compostagem aeróbia, tem-se um processo mais apropriado ao tratamento do lixo domiciliar, a decomposição é realizada por microrganismos que só vivem na presença de oxigênio. Ao contrário da anterior, essa compostagem chega a temperaturas de até 70°C, os odores produzidos não são agressivos e a decomposição é mais rápida.

Esse processo aeróbico tem como produto final o composto orgânico, um material rico em húmus e nutrientes minerais que pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solos, com algum potencial fertilizante (KIEHL, 1985).

3.4.1. Fatores que influenciam na compostagem

A modificação da matéria orgânica crua para o estado de matéria orgânica humificada, deve-se pela ação de micro-organismos que participam do processo, deste modo é influenciada por todos os fatores que afetam a atividade dos mesmos (BIDONE, 1999).

3.4.1.1. Aeração

O ambiente aeróbio é o mais indicado para a compostagem, pois gera um processo mais rápido e sem a produção de mau cheiro. Na superfície possui cerca de 20% de oxigênio e vai diminuindo até o centro da pilha, assim, faz-se necessário a aeração de forma homogênea para o ambiente ficar igualmente aeróbio. (BIDONE, 1999).

As pilhas de compostagem podem ser arejadas por meio de revolvimentos manuais, fazendo com que as camadas externas passem a ocupar as partes internas.

A boa aeração é importante para a oxidação biológica do carbono dos resíduos, acelerando o processo aeróbio (KIEHL, 1985).

3.4.1.2. Umidade

É necessário atingir o equilíbrio de água/ar, conservando o material em processamento com um teor de umidade na faixa de 50-60%. Visto que umidades superiores a 60% levam a anaerobiose e inferiores a 40% reduzem significativamente a atividade microbiana (BIDONE, 1999).

Por ser um processo biológico de decomposição de matéria orgânica, a água é fundamental para as necessidades fisiológicas dos microrganismos, ao proceder revolvimentos deve-se misturar camadas externas mais secas, com as camadas internas mais úmidas (KIEHL, 1985).

3.4.1.3. Temperatura

O metabolismo dos microrganismos é exotérmico, logo enquanto os microrganismos degradam a matéria, o aquecimento dos canteiros ocorre naturalmente (BIDONE, 1999).

Segundo Kiehl (1985), o controle da temperatura é importante, pois certos grupos de organismos têm uma temperatura ótima de desenvolvimento. A formação de metano ocorre em uma faixa extensa de temperatura, entre 0 e 97°C. Estudos realizados com reatores de mistura completa, cuja temperatura variando de 30 °C a 60°C, mostraram duas temperaturas ótimas de digestão, 42 °C para o estágio mesofílico e 60 °C para o estágio termofílico, apresentado maior rendimento (BIDONE, 1999).

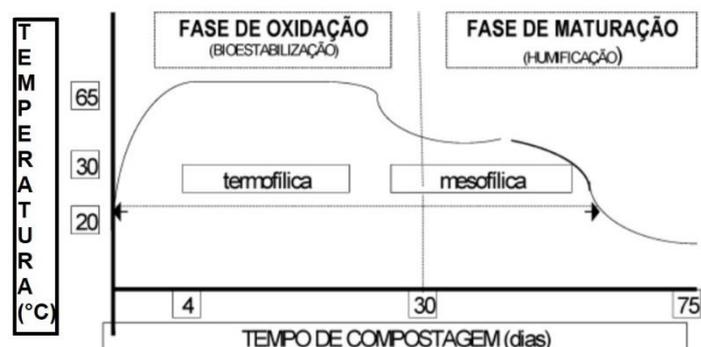


Figura 3 - Fases da compostagem Fonte: Portal resíduos sólidos (KIEHL, 1985, adaptado)

De acordo com Bidone (1999), podemos classificar as faixas de temperaturas em criofílica, próxima ou inferior a temperatura ambiente, mesofílica de 30 °C a 50 °C e termofílica de 50 °C a 70 °C. A Figura 3 mostra as fases de decomposição de acordo com a temperatura.

3.4.1.4. Relação Carbono/Nitrogênio

Os microrganismos absorvem os elementos carbono e nitrogênio na proporção de 30:1. O primeiro é utilizado como fonte de energia, já o nitrogênio é assimilado na estrutura. Se a proporção for mais elevada que 60:1 os microrganismos utilizam o nitrogênio mineral do solo ou dos organismos que morrem – NO_3 e NH_3 – transformando-o em nitrogênio orgânico (BIDONE, 1999).

Os microrganismos reciclam o nitrogênio dos outros microrganismos que morrem, retiram nitrogênio do solo de forma nítrica ou amoniacal, almejando reduzir mais rapidamente a elevada relação C/N. Os organismos “cedem” o nitrogênio do solo, pois quando o excesso de carbono for eliminado a matéria húmica está sendo mineralizada, em outras palavras, o nitrogênio orgânico estará se transformando em nitrogênio mineral solúvel, disponível para as raízes (KIEHL 1985).

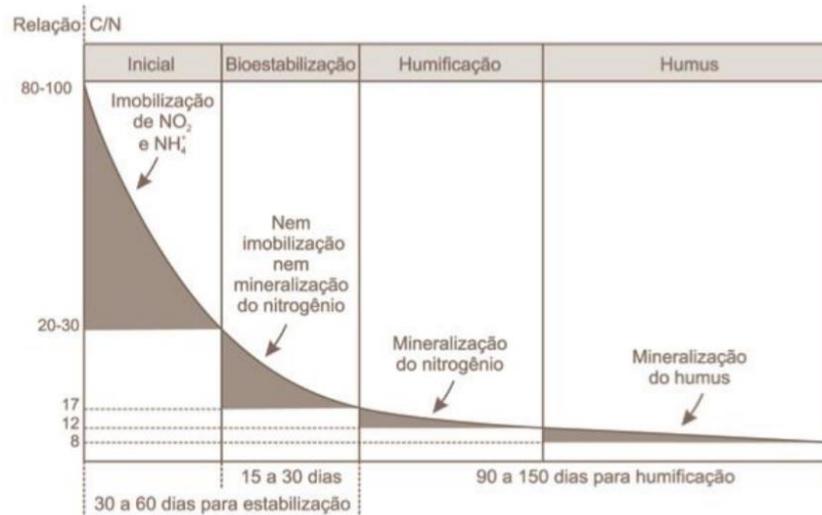


Figura 4 - Fases de decomposição da matéria orgânica conforme a relação C/N Fonte: Formação para o trabalho (KIEHL, 1985, adaptado).

A Figura 4 mostra a transformação do nitrogênio, e a estabilização do carbono ao longo da decomposição, atingindo ao final do processo a humificação com a relação carbono/nitrogênio estabilizada.

3.5. Vermicompostagem

A vermicompostagem é o processo de transformação biológica, realizada por uma simbiose entre minhocas e microrganismos que vivem em seu trato digestivo, de materiais orgânicos, tais como palha de arroz, café, papel etc., em fertilizantes orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações de natureza bioquímica, promovidas por milhões de microrganismos presentes no próprio material e no trato digestivo das minhocas, que utilizam a matéria orgânica in natura como fonte de energia, nutrientes minerais e carbono, promovendo a mineralização de parte do material e a humificação de outra parte. (BUDZIAK, 2004)



Figura 5: Húmus de minhoca produzido em uma vermicomposteira (EMBRAPA, 2015)

A modificação da matéria orgânica, resultante da ação combinada das minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo, trata-se de uma prática antiga que foi desenvolvida a partir de pesquisas básicas mais recentes realizadas por programas de manejo de minhocas em Rothamstead (Inglaterra), no período de 1940 a 1950. Após 1970, os cientistas se engajaram no estudo do potencial das minhocas para a conversão de resíduos orgânicos numa forma mais estabilizada de matéria orgânica. (EMBRAPA, 1992)



Figura 6: Esquema de vermicomposteira caseira utilizado (ecycle)

A literatura apresenta pouca informação sobre vermicompostagem, assim, os fatores que influenciam em tal processo tornar-se-á os mesmos descritos acima em compostagem.

A Figura 6 trata-se de um esquema de uma vermicomposteira bem similar a que foi montada e utilizada no presente trabalho. Assim, as caixas digestoras produziram o composto orgânico sólido e a caixa coletora o chamado “biochorume”.

Uma das diferenças, no processo de produção, entre compostagem convencional e vermicompostagem é a redução da espessura da pilha, a fim de evitar que sejam atingidas temperaturas acima de 35°C que inviabilizaria a sobrevivência das minhocas (Haimi & Huhta, 1986). Além disto, a vermicompostagem não precisa de aeração do material orgânico constante, pois tal processo é realizado pelas minhocas.

3.6. Condicionadores de solo e fertilizantes

Com base na Instrução Normativa 35 de 4 de julho de 2006, os condicionadores de solo são materiais que buscam melhorar as propriedades físicas, químicas ou atividade biológica do solo. Para se comercializar, tais condicionadores precisam atender garantias mínimas quando utilizados para melhoria de propriedades físicas e químicas do solo relacionadas à capacidade de retenção de água (CRA) e capacidade de troca catiônica (CTC). Segundo esta Instrução Normativa, a CRA precisa ser de no mínimo 60%, e a CTC precisa ser

de no mínimo 200 mmol.c.kg⁻¹ (MAPA, 2006).

Já os fertilizantes são compostos utilizados para conceder às plantas os elementos essenciais para o seu crescimento que estão em deficiência, aumentando sua produtividade (TAN, 1994). Nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) são os três principais elementos presentes em fertilizantes, por integrarem os macronutrientes mais importantes para a planta. Podem ser classificados de diferentes formas, dependendo da sua natureza (orgânico ou mineral), dos diferentes nutrientes fornecidos e pelo modo de aplicação (via solo, foliar, hidroponia ou semente, por exemplo).

De acordo com um relatório de pesquisa de mercado recém-publicado pela *IndustryARC*, o tamanho global do mercado de fertilizantes foi de US\$ 61.530 milhões em 2018 e estima-se que cresça de 3,67% durante o período de previsão 2019-2025 (ABISOLO, 2019).

Com base na matéria publicada pela Abisolo (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal), as culturas hortícolas utilizam mais fertilizantes para obter produtividades maiores dos pomares e para melhorar os padrões nutricionais do alimento e do consumidor, proporcionando um abastecimento adequado de frutas e legumes a preços acessíveis. Devido à sua maior importância em cultivos hortícolas comerciais, como batatas, bananas e uvas, a demanda por biofertilizantes e até mesmo condicionadores de solo deverá crescer nos próximos anos. (ABISOLO, 2019)

3.7. Química do solo: macro e micronutrientes

O solo apresenta uma mistura de solução (fase líquida), matéria orgânica em decomposição (fase sólida), substâncias minerais e ar (fase gasosa). Entre essas fases ocorrem diversas reações com o meio ambiente. Diversos aspectos destes processos que ocorrem, podem ser explicados a nível coloidal, visto que as parcelas mais ativas de sua composição apresentam tamanhos que variam entre 1 nanômetro e 1 micrômetro (BRADY, 1989).

Essas partículas coloidais podem ser divididas em dois diferentes tipos: orgânico e inorgânico. O tipo orgânico pode ser exemplificado pelo húmus

resultante da decomposição de seres vivos e matéria orgânica. Já o tipo inorgânico é representado pelos minerais argilosos (TROEH e THOMPSON, 2007).

A argila e húmus caracterizam a base da atividade do solo, cujas reações químicas e trocas de cátions e ânions importantes para a nutrição vegetal ocorrem na superfície desses componentes. Esses também dificultam a lixiviação de cátions e ânions, agindo como intermediários entre as partículas maiores que compõem o solo, dando maior estabilidade a estrutura granular (BRADY, 1989).

As frações de húmus possuem maior CRA e, conseqüentemente, maior capacidade de retenção de nutrientes que as de argila (MEURER, 2000), no entanto como essas últimas estão presentes em maiores quantidades no solo, sua contribuição global para as propriedades físicas e químicas do solo se igualam a do húmus. Assim, os melhores solos agrícolas são os que apresentam um equilíbrio entre esses dois componentes.

O desenvolvimento de plantas depende de cátions e ânions presentes no solo que são os responsáveis pela retenção dos nutrientes essenciais. O Quadro 1 apresenta dezessete elementos fundamentais para a nutrição da planta.

Quadro 1. Elementos de nutrientes essenciais e suas fontes (BRADY, 1989)

Macronutrientes		Micronutrientes	
Na sua maioria do ar e da água	Dos sólidos do solo	Dos sólidos do solo	
Carbono	Nitrogênio	Ferro	Cloro
Hidrogênio	Fósforo	Manganês	Cobalto
Oxigênio	Potássio	Boro	
	Cálcio	Molibdênio	
	Magnésio	Cobre	
	Enxofre	Zinco	

Caracteriza-se macronutrientes por elementos absorvidos pelo vegetal em maiores quantidades – geralmente precisam ser adicionados ao solo através do uso de fertilizantes. Nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) são os macronutrientes adicionados em maior quantidade. Já os micronutrientes são aqueles exigidos

em pequenas quantidades para o desenvolvimento da planta (BRADY, 1989).

Cátions adsorvidos na superfície do solo podem ser trocados por outros cátions, tais fenômenos (adsorção e troca) são fundamentais para a retenção de nutrientes, aplicação de fertilizantes e assimilação de nutrientes pelas plantas (TAN, 1993). Após serem trocados por H^+ os cátions tornam-se disponíveis para a planta.

Desta forma, define-se CTC como a capacidade que o solo tem de adsorver e trocar esses cátions. A capacidade de troca aniônica, por sua vez, é a capacidade que o solo tem de adsorver e trocar ânions. (HILLEL, 1998)

As chamadas “terras pretas de índio” presentes na região da Amazônia despertaram curiosidade em estudiosos da área por muitos anos por serem solos escuros e bastante férteis. Atualmente, sabe-se que a sua formação envolveu a queima de resto de comida, fezes, restos de vegetais e animais a temperaturas relativamente baixas, que levou à formação de uma camada composta por carvão, que aumenta a CRA, nutrientes, CTC e aumenta a resistência à degradação feita por microrganismos (LINS, 2015).

-

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Montagem da composteira e preparo do substrato

Montou-se a composteira utilizando 3 caixas do tipo organizadora com volume total de 30L e área de 0,116 m² cada, duas foram adaptadas com furos de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro para melhor movimentação das minhocas.

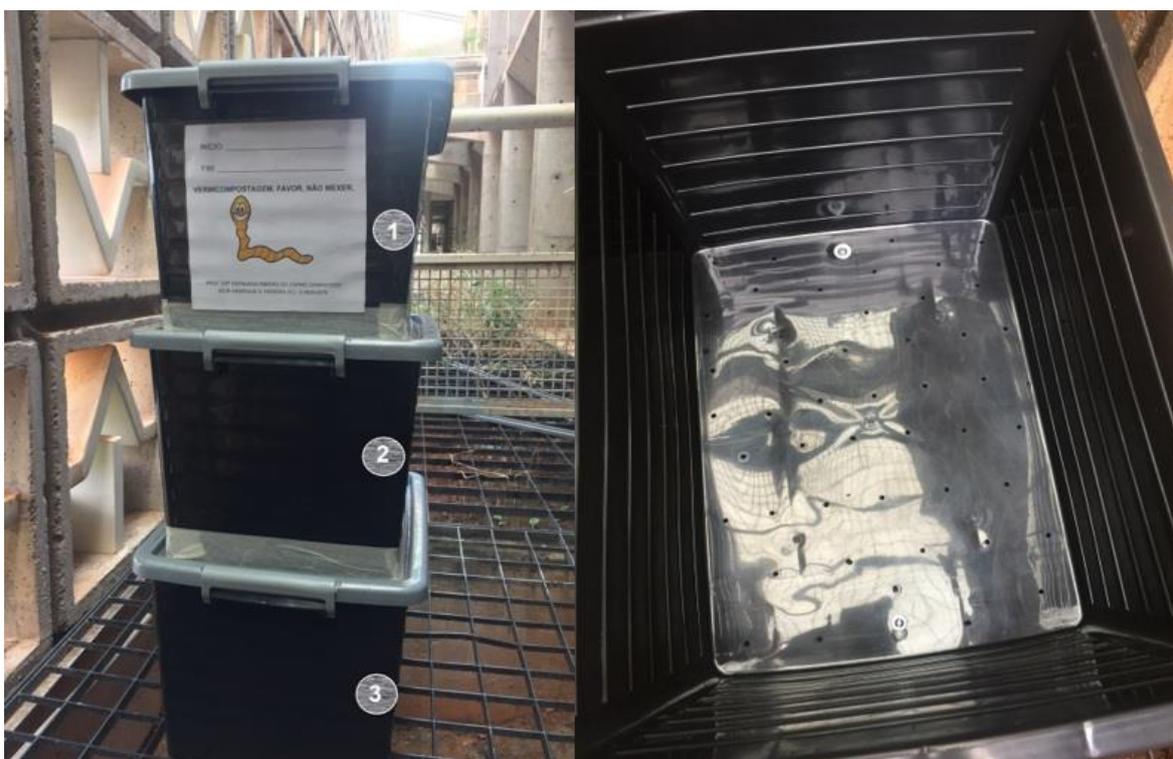


Figura 7: imagem à esquerda referente a montagem da composteira (1 e 2 representam a caixa digestora e 3 a coletora de biochorume); imagem à direita mostra os furos nas caixas digestora para movimentação das minhocas.

De acordo com o Manual de Vermicompostagem da EMBRAPA, recomenda-se 1,0 kg de minhocas por metro quadrado, equivalente a, aproximadamente, 1000 indivíduos. Assim, o início do processo, *start-up*, foi feito com 116 anelídeos da espécie *Eisenia fétida* – minhoca adaptada ao material orgânico em decomposição (EMBRAPA, 1996).

Visto que o volume útil das caixas é de aproximadamente 25L cada, a alimentação foi feita com sobras de hortaliças – principalmente alface, acelga e rúcula –, podas secas de árvores e, posteriormente, serragem.

Vários pesquisadores abordam que a atividade microbiana em processos aeróbios utiliza cerca de 15 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio,

conservando uma razão C/N entre 15/1 e 30/1 (VALENTE *et al.*, 2009).

Da mesma forma, a relação de proporcionalidade ideal para facilitar a decomposição do resíduo pelas minhocas e microrganismos é de 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio (30/1); se a proporção assumir valores menores do que o recomendado, ocorre a perda de nitrogênio pela volatilização da amônia, se houver excesso de carbono, haverá falta de nitrogênio, o que resulta na retirada do nitrogênio do solo, retardando o processo.

Com base nos estudos feitos por Aquino *et al.* (1994) e Elvira *et al.* (1996), tais valores devem ser controlados por meio da pré-compostagem ou pelas misturas de material a ser utilizado na vermicompostagem. No presente trabalho, adotou-se a mistura de serragem de madeira (fonte de carbono) e hortaliças (fonte de nitrogênio), de acordo com a Quadro abaixo.

Quadro 2: Composição de alguns restos vegetais (KIEHL, 1985).

Resíduo orgânico	%MO	%N	C/N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
Serragem de madeira	93,45	0,06	865/1	0,01	0,01
Ingá: folhas	90,69	2,11	24/1	0,19	0,33
Capim	90,51	0,79	64/1	0,27	---
Banana: folhas	88,99	2,58	19/1	0,19	---

As sobras de hortaliças folhosas que foram utilizadas, tratam-se de material orgânico nitrogenado, assim, foi possível balancear a relação C/N.

A alimentação foi feita com base no volume útil da composteira e relação C/N de 3/1, logo fora 0,8L por dia, com o intuito de completar os 25L em um mês. Nas segundas e quartas foram adicionados, na caixa digestora superior, 0,6L de fonte de nitrogênio (hortaliças folhosas) mais 1,0L de fonte de carbono (folhas secas, capim e serragem de madeira) e nas sextas 0,9L de restos de hortaliças mais 1,5L de serragem.

Para melhor controle, foi feito uma divisão imaginária de seis poços de alimentação, como mostrado no esquema abaixo.

Segunda	Quarta
Sexta	Segunda
Quarta	Sexta

Quadro 3: Esquema da separação semanal para alimentação

4.2. Umidade total

Para determinar a umidade presente no vermicomposto, determinou-se a umidade total de acordo com a metodologia de Uhlund (1951) para teor de umidade presente em amostras de solos (EMBRAPA, 1979).

Assim, as amostras foram coletadas após 120 dias do *start-up*, pesadas com auxílio de balança analítica e levadas em cadinhos para a estufa a 105°C. Tal condição foi mantida por 24h, após isso fez-se a medição da massa seca.

Tal procedimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia Química do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

4.3. Granulometria

Com o intuito de verificar como o composto era classificado em caso de comercialização, fez-se o peneiramento utilizando duas peneiras, uma de 2,5mm e outra de 4,8mm. As fações passantes e retidas foram anotadas.

4.4. Carbono Orgânico Total

O teor de carbono orgânico total (COT) foi obtido a partir da análise de 100 mg do vermicomposto seco por oxidação a 900 °C. As medidas foram realizadas no aparelho Total Organic Carbon Analyser, da marca Shimadzu, acoplado ao Solid Sample Module, modelo SSM – 5000 A, também da marca Shimadzu. Esta análise foi realizada no Laboratório de Inorgânica e Materiais da Universidade de Brasília.

4.5. Análise elementar de Carbono, Hidrogênio e Oxigênio

As análises elementares de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio (CHN) foram realizadas no equipamento da Perkin Elmer 2400 Series II CHN/S (o Oxigênio foi estimado por diferença). Esta análise foi realizada na Central Analítica do Instituto de Química da UnB.

4.6. Espectrômetria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva

As análises que mostraram a presença de alguns macros e micronutrientes no composto foi feita utilizando o Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (XRF/EDX). Foram realizadas na Central Analítica do Instituto de Química da UnB no equipamento EDX 720HS da marca Shimadzu.

4.7. Capacidade de troca de cátions (CTC) e Capacidade de retenção de água (CRA)

Análises de CTC e CRA foram realizadas conforme descrito no Manual de Métodos para Análises de Fertilizantes e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, publicado pela IN 03/2015. A análise de CTC foi realizada no Laboratório da empresa Soloquímica, enquanto a análise de CRA foi realizada no laboratório de Tecnologia Química do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

4.8. Demanda Química do Oxigênio (DQO)

As análises de DQO foram realizadas através da matéria orgânica conforme o Standard Methods (APHA, 1998) no Laboratório da empresa Soloquímica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Umidade total

A umidade total apresentou resultados dentro da faixa 50-60% em ambos compostos. Para o composto obtido da vermicomposteira a média foi de aproximadamente 54%. Já para o produto comercial obteve-se aproximadamente 52%

Assim, de acordo com BIDONE, 1999, não há risco de anaerobiose (faixas acima de 60%) e a atividade microbiana não fora reduzida (faixas abaixo de 40%)

Tabela 1: Dados referentes ao teste de umidade total feito em triplicata das frações orgânicas do composto produzido e composto comercial

	COP1	COP2	COP3	Média
Pu	3,5370	3,9699	3,5042	3,6704
Ps	1,9568	2,1573	1,8634	1,9925
Umidade %	55,324%	54,341%	53,176%	54,286%
	COC1	COC2	COC3	Média
Pu	1,8823	2,6194	3,5866	2,6961
Ps	0,9893	1,3496	1,8482	1,3957
Umidade %	52,558%	51,523%	51,531%	51,767%

Pu= peso umido; Ps= peso seco; COP= composto orgânico produzido; COC= composto orgânico comercial.

5.2. Granulometria

De acordo com a Instrução Normativa 35 de 4 de julho de 2006, os condicionadores de solo, para serem comercializados, precisam atender garantias mínimas. Assim, o quadro abaixo traz algumas especificações referentes a granulometria.

Tabela 2: Classificação quanto ao tamanho da partícula de condicionadores de solo (MAPA, 2006).

GRANULOMETRIA	VALOR	TOLERÂNCIA
FARELADO	100% peneira de 4,8mm 90% peneira de 2,8mm	Até 85% na peneira de 4,8mm
FARELADO GROSSO	100% peneira de 38mm 90% peneira de 25mm	Não admite

Tendo em vista tais garantias mínimas na Tabela 2, fez-se o peneiramento das frações (produzido e comercial) de compostos orgânicos secos.

Quadro 4: Resultados da granulometria das frações de composto orgânico produzido (COP) e composto orgânico comercial (COC)

COP			COC		
	2,8 mm	4,8 mm		2,8 mm	4,8 mm
Retido (g)	0,9025	0,0700	Retido (g)	0,1864	0,0320
Passante (g)	1,4327	2,2652	Passante (g)	4,0347	4,1891
Total (g)	2,3352		Total (g)	4,2211	
Passante (%)	61,35%	97,00%	Passante (%)	95,58%	99,24%

Com base nos resultados vistos no Quadro 2, infere-se que é necessária uma operação unitária de redução de tamanho (como a moagem) na fração produzida em laboratório, em caso de comercialização como condicionador de solo farelado.

5.3. COT

O Quadro 3 apresenta os resultados para a análise de teor de carbono orgânico.

Quadro 5: Dados obtidos de COT referente as duas frações testadas

	CT (%)	CI (%)	COT (%)
COP1	68,14	0,000	68,14
COP2	67,06	0,05867	67,00
COP3	64,23	0,000	64,23
Média	66,477	0,020	66,457
	CT (%)	CI (%)	COT (%)
COC1	34,07	0,000	34,07
COC2	32,56	0,000	32,56
COC3	29,48	0,294	29,18
Média	32,037	0,098	31,937

CT= Carbono Total; CI= Carbono Inorgânico; COT= Carbono Orgânico Total.

O carbono orgânico é fundamental para a estrutura do solo e processos que nele ocorrem. A matéria orgânica é fator da fertilidade do solo, participando dos processos de disponibilização dos nutrientes para a planta, melhorando mecanismos de agregação, retenção de água e capacidade de troca catiônica. A presença de matéria orgânica diminui a vulnerabilidade do solo à desertificação, compactação e erosão, pois aumenta a infiltração da água (BENACI, 2010).

Assim, a utilização do vermicomposto produzido neste trabalho, como condicionador de solo, fornece mais carbono orgânico para o solo em relação ao comercial, o que poderia contribuir para o aumento da porcentagem de matéria orgânica no solo, trazendo benefícios para propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

5.4. CHN

A partir das análises elementares de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio – CHN – (Quadro 6), pode-se observar que para os compostos orgânicos produzidos e comerciais (COP e COC) há uma diferença significativa do teor de carbono, de 34,45% para 19,71%.

Quadro 6: Composição elementar e relação C/N para as duas amostras testadas. Dados de oxigênio obtido pela diferença.

		COP	COC
Elementos (%)	C	34,45	19,71
	H	4,03	2,74
	N	2,88	2,27
	O	58,64	75,28
Relação C/N		11,96	8,68

Apesar da diferença da relação C/N entre os dois materiais, podemos inferir que houve a transformação do nitrogênio, e a estabilização do carbono ao longo da decomposição, atingindo, assim, o final do processo a humificação. Logo, ambas relações estão estabilizadas (KIEHL, 1998).

Uma baixa concentração de nitrogênio na composição de amostras faz com que haja valores baixos para a relação C/N. Segundo Kiehl (1998), se o material apresentar relação C/N acima de 30, o nitrogênio disponível no solo será imobilizado por microrganismos.

5.5. EDX-XRF

A partir de análises utilizando o Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (XRF/EDX) foi possível obter resultados de macro e micronutrientes presentes nos dois compostos. Tais resultados são expressos no Quadro 4, abaixo:

Quadro 7: Resultados de macro e micronutrientes obtidos por análise EDX-XRF

Amostra	Ca	Mg	S	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
	%					%			
COP	44,482	1,487	3,251	3,284	16,548	11,039	0,097	0,364	--
COC	20,220	1,095	1,430	3,094	4,661	18,392	0,107	0,596	0,282

Os macronutrientes são os elementos absorvidos pelo vegetal em maiores quantidades. Logo, Nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) são os macronutrientes adicionados no solo em maior quantidade. Assim, com base nos dados de nitrogênio obtido no CHN e EDX-XRF, temos que as frações de NPK no

composto produzido são maiores do que o composto comercial, colocando o primeiro em vantagem.

Já os micronutrientes são aqueles exigidos em pequenas quantidades para o desenvolvimento da planta. O micronutriente presente em maior quantidade foi o ferro. O ferro é importante para a planta pois tem papel fundamental na ativação ou composição de enzimas, na fixação de nitrogênio, biossíntese da clorofila e atuação no desenvolvimento de troncos e raízes (LABORSOLO, 2013).

A amostra comercial apresenta uma maior fração de ferro quando comparada a amostra produzida. No entanto, as duas poderiam ser aplicadas na suplementação de ferro para as plantas.

5.6. CTC e CRA

A determinação da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) em produtos orgânicos se baseia na ocupação dos sítios de troca do material com íons hidrogênio, provenientes de uma solução diluída de ácido clorídrico, eliminação do excesso de ácido, deslocamento dos íons hidrogênio adsorvidos com solução de acetato de cálcio e titulação do ácido acético formado. Aplicável aos fertilizantes/condicionadores de solo orgânicos sólidos (MAPA, 2017).

Segundo a Instrução Normativa 35 de 4 de julho de 2006, para que um material possa ser comercializado como condicionador de solo, ele precisa atender garantias mínimas de CTC e CRA. A CRA precisa ser de no mínimo 60%, e a CTC precisa ser de no mínimo 200 mmol.kg⁻¹.

Quadro 8: Resultados Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Capacidade de Retenção de Água (CRA) da amostra produzida e comercial.

Amostras	CTC (mmol.kg⁻¹)	CRA (%)
COP	362	49,65
COC	347	54,86

De acordo com os resultados expressos no Quadro 5, nenhuma das amostras analisadas apresentaram CRA mínimo para comercialização, o aumento da CRA é importante para o uso dos condicionadores de solo na época da seca, ajudando o solo a reter a água em épocas de estiagem.

Já a CTC foi alcançada nos dois compostos analisados, assim, como a CTC refere-se à quantidade de cargas negativas que o composto possui, macronutrientes ligados pelas partículas de solo – quando aplicado o condicionador no solo – podem ficar disponíveis para as plantas e também não são facilmente carregados pelas águas das chuvas.

5.7. DQO

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) trata-se da quantidade de oxigênio requerida para oxidar a fração orgânica de uma amostra susceptível à oxidação por um oxidante químico forte ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido (H_2SO_4).

Quadro 9: Resultados de DQO para as amostras produzida e comercial.

Amostras	DQO (mg/g)
COP	731,8
COC	368,7

De acordo com a Instrução Normativa nº 27, de 05/Junho/2006 - CONTAMINANTES, do Ministério da Agricultura – MAPA, compostos orgânicos bioestabilizados devem apresentar DQO de aproximadamente 700 mg/g, já os compostos compostados devem estar na faixa de 300 mg/g.

Assim, com base nos resultados vistos no Quadro 6, percebemos que o composto produzido ainda não estava totalmente compostado sendo sua DQO de 731,8 mg/g. Fato esse recorrente ao pouco tempo de compostagem.

Já o composto comercial está bem próximo da faixa de compostado, 368,7 mg/g, recorrente ao maior tempo de compostagem.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A partir deste trabalho demonstrou-se que a vermicompostagem se apresenta como tecnologia eficaz para degradação de restos orgânicos e aplicação no solo como condicionador.

Neste trabalho, dois materiais diferentes foram analisados, um produzido e outro comercial. Os dois vermicompostos apresentaram valores acima do mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária para a capacidade de troca catiônica como condicionadores de solo. Esse resultado de CTC é importante para os macronutrientes ligados pelas partículas de solo que podem ficar disponíveis para as plantas. Apesar desse bom resultado, nenhum dos materiais atingiu a CRA mínima exigida por lei. A alteração da alimentação pode causar uma mudança em tal capacidade.

Apesar de alguns resultados obtidos para a amostra produzida não atenderem às especificações para serem comercializadas como condicionador de solo, é importante ressaltar que ainda sim apresentam potencial para a utilização na agricultura.

É, também, interessante destacar que mesmo não apresentando alguns requisitos mínimos, o composto comercial que foi analisado no presente trabalho é vendido em diversas floriculturas.

Assim, é importante entender que um material mais estabilizado funciona bem como condicionador do solo e libera nutrientes de forma mais gradual.

Um estudo mais aprofundado da tecnologia de vermicompostagem precisa ser feito. O efeito de parâmetros como caracterização de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, comparação de rendimentos com a compostagem convencional, estudo comparativo com diferentes frações e composições de alimentação (fontes de C e N), caracterização da fração líquida (biochorume), aplicação do composto sólido e líquido em algumas culturas de plantio.

7. REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama of solid waste in Brazil 2015. Abrelpe, p. 92, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>.

ABISOLO. Mercado de fertilizantes terá um incremento de 3,67% até 2025. Notícias. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://abisolo.com.br/2019/08/09/mercado-de-fertilizantes-tera-um-incremento-de-3-67-ate-2025/>>

Acessado em 18/10/2019.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21sted. Washington, DC, New York: American Public Health Association; 2005.

BENACI, Vanessa Benaci, Avaliação de métodos de análise para carbono orgânico em amostras de interesse agrônômico. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Pós-Graduação – IAC.

Bidone, Francisco Ricardo Andrade. Conceitos básicos de resíduos sólidos. 1999. Pag 20, 29.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA, 2017.

BUDZIAK, C.R.; MAIA, C.M.B.F. & MANGRICH, A.S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. Química Nova, 27:399-403, 2004.

CONSONI, Ângelo Jose et al. Origem e composição do lixo. In. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. Brasília: CEMPRE, 2002.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero (org.) Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. Brasília: CEMPRE, 2002.

EMBRAPA. Manual de vermicompostagem. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia, p. 23, 1996.

EMBRAPA. Condicionadores de solo. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h0181hf_h02wx7ha07d3364aqh6z16.html> Acesso em 10/04/2019.

EMBRAPA. Água na agricultura. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura>> Acessado em 10/04/2019.

FAO. Escassez e degradação dos solos e da água ameaçam segurança alimentar. Notícias. Brasil, 2011. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>> Acessado em 10/04/2019

HAIMI, J.; HUTHA, Y. Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v.2, p.23-27, 1986.

HILLEL, D. *Environmental Soil Physics*. Orlando: Elsevier, 1998. 771 p.

LINS, J. Terra preta de índio: uma lição dos povos pré-colombianos da Amazônia. *Agriculturas*, v. 12, n. 1, p. 37-41, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2000. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Disposição de resíduos sólidos urbanos. Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10/04/2019

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Notícias. Brasil, 2017. Disponível em:<http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296> Acessado em 26/10/2019.

Kiehl, Edmar José. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

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

LABORSOLO. Micronutrientes: conhecendo o Ferro. Disponível em: <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/micronutrientes-conhecendo-oferro/>. Acesso em: 13/10/19.

Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MEURER, J.E. Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.

MMA. Produção de consumo sustentáveis: compostagem. Notícias. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/7594-compostagem>> Acessado em: 08/03/2019

MMA. Gestão de resíduos orgânicos. Notícias. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/item/10615.html>> Acessado em: 10/03/2019

ONU. A ONU e o Meio ambiente. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>> Acessado em 10/04/2019.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. de O. BIOTECNOLÓGICOS COMO PERSPECTIVA DE REDUÇÃO DO IMPACTO. Journal of Technology Management & Innovation, v. 2, n. 1, p. 118–127, 2007.

TAN, K. H. Environmental Soil Science. Nova Iorque: Marcel Dekker, 1994. 304 p.
BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

TROEH, R.F.; THOMPSON, L.M. Solos e fertilidade do solo, São Paulo:

Andrei,2007.p.63.

VILELA, F. J. Desenvolvimento de um Condicionador de Solos a partir da biomassa de *Magonia pubescens* e avaliação de eficiência em diferentes tipos de solo. Tese de doutorado. Instituto de Química, UnB. 2017