

Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico

Amanda Thirza Lima Santos⁽¹⁾; Nirvani Schroeder Henrique⁽²⁾; Jairo André Shhlindwein⁽³⁾; Elvino Ferreira⁽⁴⁾; Rosalvo Stachiw⁽⁵⁾

⁽¹⁾Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Unir, Câmpus de Rolim de Moura, Av. Norte Sul, 7.300, Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, amandathirza_jp@hotmail.com.br; ⁽²⁾Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Unir, Câmpus de Rolim de Moura, Av. Norte Sul, 7.300, Nova Morada, CEP 76940-000, Rolim de Moura - RO, nirvani.henrique@ifro.edu.br; ⁽³⁾Pesquisador (orientador), Unir, Departamento de Química, Câmpus José Ribeiro Filho – Porto Velho, jairojas@unir.br; ⁽⁴⁾Pesquisador, Unir, Departamento de Agronomia, Câmpus de Rolim de Moura, elvino@unir.br; ⁽⁵⁾Pesquisador, Unir, Departamento de Engenharia Florestal, Câmpus de Rolim de Moura, rosvalvo_stachiw@unir.br.

RESUMO – O crescimento demográfico acentuado seguido do avanço tecnológico e pelo estilo de vida consumista vem aumentando consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU), se tornando um dos grandes problemas ambientais da atualidade. A utilização de resíduos urbanos na agricultura em forma de compostagem atualmente é uma alternativa das mais promissoras para a disposição desses materiais e vem sendo cada vez mais adotado por comunidades do mundo todo. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo discutir alternativas para reduzir a massa de lixo através do aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de compostagem. De acordo com a pesquisa realizada, a utilização de resíduos urbanos em forma de compostagem nos solos agrícolas viabiliza o aproveitamento dos resíduos gerados, transformando lixo, um problema para as municipalidades em algo útil para o agricultor com a produção de adubo. Esse processo é considerado satisfatório para o tratamento dos resíduos do ponto de vista tecnológico, devido colaborar para a redução da geração de resíduos. Embora haja uma preocupação com a contaminação do composto produzido com resíduos urbanos devido à contaminação por microrganismos patogênicos e pela presença de metais pesados, a segregação dos materiais, por meio do processo de triagem, pode minimizar ou eliminar tais problemas e o composto orgânico produzido pode ser de uso irrestrito e com boas qualidades para melhorar as características químicas e físicas do solo.

Palavras-chave: Gestão de resíduos, adubo orgânico, manejo do solo.

Use of the organic fraction of municipal solid waste to produce compost

Abstract - The high population growth followed the technological advancement and the consumerist lifestyle has increased considerably the amount of solids (MSW) waste, becoming one of the major environmental problems of today. The use of urban waste in agriculture in the form of compost, is currently one of the most promising alternative for the disposal of these materials and is being increasingly adopted by communities around the world. Thus, this paper aims to discuss alternatives to reduce the waste stream by leveraging Organic fraction of municipal solid waste to produce compost. According to the survey, the use of municipal waste in the form of compost in agricultural soils enables the recovery of waste generated by transforming waste, a problem for municipalities into something useful for the farmer to produce fertilizer, and is considered a process satisfactory for the treatment of waste from a technological standpoint helps reduce waste generation. Although there is a concern with contamination of the compost produced from waste due to contamination by pathogenic microorganisms and the presence of heavy metals, the segregation of materials through the screening process can minimize or eliminate such problems and the organic compound produced can be unrestricted use and good qualities for improving the chemical and physical characteristics of the soil.

Keywords: Waste management, organic fertilizer, soil management.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico acentuado seguido da concentração dessa população nos centros urbanos, do avanço tecnológico e pelo estilo de vida consumista vem cooperando para o aumento considerável da quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU), se tornando um dos grandes problemas ambientais da atualidade, problemática que assume proporções ainda maiores, na medida em que se verifica a redução da disponibilidade de áreas para disposição dos rejeitos e seu alto potencial de contaminação do meio ambiente (KIEHL, 1985; ALVES, 1998; VERAS e POVINELLI, 2004; LOUREIRO et al., 2007).

Com a expansão e o adensamento das zonas urbanas, os problemas aumentaram, visto que a maioria das cidades brasileiras não acompanham o ritmo acelerado desse crescimento com infraestrutura sanitária adequada (REZENDE et al., 2013).

O tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos sempre foi uma preocupação das organizações governamentais e não governamentais ligadas à área de saneamento ambiental. Entretanto, na maioria dos municípios brasileiros a administração se limita ao recolhimento do lixo domiciliar, depositando-o em locais afastados da população, ou seja, os RSU são dispostos inadequadamente no ambiente (JUNKES, 2002).

Segundo o *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013*, 11ª edição do relatório anual da Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), lançado em 04 de agosto de 2014, o Brasil registra a presença de lixões em todos os estados e cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda encaminham seus resíduos para locais inadequados (ABRELPE, 2014).

A disposição inadequada dos RSU promove consequências graves, como exemplo o assoreamento de rios e canais devido o lançamento de detritos nesses locais, a contaminação de lençóis de água comprometendo o seu uso domiciliar, contaminação do solo por intermédio da infiltração dos líquidos percolados gerados a partir do processo de decomposição e degradação da fração orgânica, a proliferação de insetos, roedores, transmissores de doenças, e o problema da presença dos catadores nos locais onde os resíduos sólidos são depositados a céu aberto (JUNKES, 2002; ALCANTARA, 2010).

Pressões ambientais e sociais têm incentivado a busca imediata por soluções para os resíduos sólidos orgânicos, visto que a sua taxa de geração é bem superior a sua taxa de degradação no meio ambiente (FIORI et al., 2008).

A partir disso, muitos estudos estão sendo realizados visando à redução do volume de lixo que é lançado diariamente no meio ambiente. Contudo, desde o fim da década de 60,

muitos pesquisadores vêm propondo soluções para o aproveitamento de vários tipos de resíduos oriundos de diversas indústrias que chamam atenção por serem importantes no setor de produção de alimentos e ração para animais, como também na produção de embalagens e fertilizantes (ROMANELLI e SCHIMITD, 2003; BERMUDEZ et al. 1999).

Segundo Reis et al. (2000), um dos fatores fundamentais para o sucesso de tratamentos dos resíduos sólidos urbanos é a existência de programas de coleta diferenciada como a coleta segregada que consiste na separação por tipo de material no momento da geração do resíduo e a coleta seletiva, utilizada para denominar a coleta de materiais recicláveis.

A ideia principal é recolhimento junto aos geradores e posteriormente o encaminhamento para a reciclagem e compostagem a maior quantidade de materiais passíveis de reaproveitamento por meio de unidades de triagem que recebem os resíduos sólidos coletados, fazem a seleção, classificação, prensagem dos materiais para posterior venda, servindo de matérias-primas na fabricação de novos produtos reduzindo a quantidade de material a ser aterrado (JUNKES, 2002).

A fração orgânica do RSU não deve ser destinada ao aterro, mas valorizada por meio de tratamento biológico. Na tentativa de equacionar esse problema, a compostagem aparece como uma das alternativas mais promissoras para um país essencialmente agrícola, como é o caso do Brasil, se destacando por permitir a reciclagem das moléculas orgânicas que têm função nutricional e também por diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos (DOMÍNGUEZ e GÓMEZ, 2010; GUIDONI, 2013).

A compostagem é um processo de transformação biológica que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em fertilizantes utilizáveis na agricultura que, quando adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, físico-químicas e biológicas (LIMA, 2004). Conseqüentemente, o composto serve para enriquecer solos pobres, melhorando a sua estrutura e permitindo uma boa fertilidade, também aumentando a capacidade das plantas na absorção de nutrientes (macro e micro), fornecendo substâncias que estimulam seu crescimento (PARÁ, 2003).

Para que se obtenha um composto aplicável agronomicamente, é de suma importância a separação prévia do material não orgânico para que sejam reduzidas as chances de contaminação e, assim, o composto pode ser de melhor qualidade. Conhecendo os problemas ambientais gerados pela disposição inadequada dos RSU, o presente trabalho tem como objetivo discutir alternativas para reduzir a massa de lixo através do aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de compostagem.

2 DISCUSSÃO

2.1 Resíduos sólidos urbanos no Brasil

No Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem desde a coleta até a destinação final desses resíduos, e exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20,0% dos gastos do município (IBGE, 2010).

A última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada no ano de 2008 mostra que o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros, era em vazadouros a céu aberto (lixões) (BRASIL, 2010). Embora este percentual possa ter mudado nos últimos anos devido à Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n. 12.305, promulgada em 2010, que estabelece um prazo para acabar com os lixões até 2014 e a implantação da coleta seletiva, a PNSB mostra ainda que os municípios com serviços de manejo dos resíduos sólidos situados nas Regiões Nordeste e Norte registraram as maiores proporções de destinação desses resíduos aos lixões, 89,3% e 85,5%, respectivamente (IBGE, 2010; FERRI et al., 2013).

Os resíduos sólidos domiciliares no Brasil apresentam alto percentual de resíduos orgânicos formados por restos de comida e cascas de frutas e legumes e até mesmo resíduos de jardinagem. Entretanto, a compostagem dos resíduos orgânicos presentes no lixo urbano é relativamente pouco praticada e quando praticada vem sendo tratada apenas sob a perspectiva de eliminar o lixo doméstico e não como um processo industrial que gera produto e que necessita de cuidados ambientais, ocupacionais, qualidade do produto, entre outros (ALCANTARA, 2010; MMA, 2010).

Segundo o IBGE (2010), existem atualmente no Brasil 211 usinas de compostagem operando. Estas recebem resíduos orgânicos de origem urbano, industrial e agroflorestal. Cada uma destas usinas tem uma capacidade de reciclar em média 10.000 toneladas por ano, entretanto, este valor é muito baixo para atender a total necessidade de tratamento dos resíduos gerados no Brasil.

Atualmente, existem várias iniciativas para implantar novas usinas de compostagem no Brasil, estimulas pela PNRS, onde se menciona a compostagem como uma das alternativas de valorização de resíduos. Também foram publicadas diferentes leis e notas técnicas por órgãos competentes, onde é estimulada a adoção da compostagem como uma metodologia

ambientalmente correta, tecnicamente apropriada e economicamente viável a ser implantada no ambiente das prefeituras, para tratamento dos resíduos orgânicos gerados em nossas cidades (ABICOM, 2014).

2.2 Disposições inadequada dos RSUs e seus efeitos

A disposição dos resíduos sólidos no solo sem critérios técnicos que preservem o ambiente e evitem problemas sanitários é uma prática comum no Brasil e em vários outros países do mundo, sendo esses locais denominados de “lixão” (ALCANTARA, 2010).

Com o crescimento populacional não planejado, uma solução imediatista para a falta de infraestrutura de serviços urbanos foi o descarte dos resíduos sólidos urbanos nestes “lixões”. No entanto, esses locais não possuem tratamento do chorume, líquidos percolados ou lixiviados, ou controle dos gases de efeito estufa produzidos em sua decomposição, gerando um sério impacto ambiental (FERRI et al., 2013).

Na maioria dos municípios brasileiros, de pequeno porte principalmente, os resíduos são simplesmente depositados em locais distantes da visão dos moradores, sem que haja uma real preocupação com os cuidados sanitários para a disposição adequada desses resíduos (FAGUNDES, 2009). A disposição dos resíduos em lixões, além de causar danos ambientais, permite que pessoas (catadores de lixo) sobrevivam em ambiente insalubre e em condições subumanas, pois além de fazerem a coleta de materiais recicláveis para a venda, muitas vezes, se alimentam de restos de alimentos encontrados na massa de lixo (MASSUKADO, 2004).

A gestão desses resíduos tem sido foco da preocupação de pesquisadores das mais diversas áreas de estudo, além de se tornar um dos grandes desafios para as cidades ao longo das próximas décadas (SANTIAGO e DIAS, 2012).

A disposição inadequada dos RSU pode causar sérios problemas como a contaminação do solo e da água superficial e subterrânea, geração de odores e proliferação de patógenos e vetores, além do aumento das doenças associadas à poluição ambiental. Esse quadro pode se agravar caso houver uma tendência de crescimento da geração de resíduos. Com isso, surge a necessidade de buscar alternativas eficazes para solucionar tal problema (OLIVEIRA e JUCÁ, 2004; FAGUNDES, 2009).

A contaminação do solo e da água pode ocorrer por meio da infiltração dos líquidos gerados pela passagem da água através dos resíduos sólidos em processo de decomposição e até mesmo pela simples degradação ou decomposição dos resíduos. Além dos problemas

citados acima é notória a possibilidade de comprometimento e contaminação do solo por metais pesados, diante da disposição inadequada (ALCANTARA, 2010).

O termo metais pesados é utilizado para elementos químicos que contaminam o meio ambiente e podem causar danos à biota do solo. Os principais são: Ag, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, As, Co, Cr, Cu, Se e Zn, sendo que os últimos seis citados são essenciais aos organismos vivos (COSTA et al., 1994). Os metais pesados não são biodegradados, e podem se acumular nos ecossistemas com o passar dos anos, principalmente se o solo for de textura argilosa, pois estes solos têm maior capacidade de retenção dos metais quando comparados com solos arenosos devido à presença de grande quantidade de cargas nas partículas de argila (ALCANTARA, 2010).

Os metais pesados podem ser extremamente tóxicos e mesmo em pequenas concentrações, mili ou microgramas, não são permissíveis para uma grande variedade de microrganismos. Assim, esses metais presentes no solo, podem provocar efeitos danosos e por isso se torna mais econômico e sensato tratar e promover a disposição correta de tais resíduos (BARROS et al., 2006).

2.3 Compostagem como alternativa para o aproveitamento dos RSU

O lixo está proporcionando a criação de um mercado lucrativo e de oportunidades para a população que vive à margem da sociedade, mas para que tais oportunidades ocorram, é necessário o desenvolvimento de mecanismos para o tratamento de resíduos de forma lucrativa e, concomitantemente, proteção do meio ambiente. A reciclagem e a compostagem são formas de se atingir esses termos, que tem como objetivo proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente, assegurar a utilização adequada e racional dos recursos naturais e gerar benefícios sociais e econômicos (ANJOS, 2011).

A utilização dos resíduos sólidos traz benefícios como a diminuição da quantidade de lixo a ser aterrada, conseqüentemente, aumentando a vida útil dos aterros sanitários, preservação de recursos naturais, economia de energia na produção de novos produtos, diminuição dos impactos ambientais, novos negócios e geração de empregos diretos e indiretos através da criação de indústrias recicladoras (JUNKES, 2002).

A compostagem preparada a partir de resíduos sólidos urbanos, oriundos das mais diversas cadeias produtivas, se mostra como uma ferramenta importante que vem sendo utilizada de forma crescente em nível mundial para reduzir o déficit de fertilizantes na agricultura. Essa ferramenta possibilita a utilização destes resíduos com duplo propósito, onde

o composto orgânico agirá tanto na fertilização do solo, como na redução dos impactos ecológicos provocados por sua acumulação no ambiente, sendo uma alternativa economicamente viável e, se bem conduzida, ambientalmente correta (SMITH, 2009; ARAÚJO et al., 2011).

Gomes et al. (2012), relatam que para erradicar a utilização de lixões, muitos municípios optam por aterros sanitários que, embora no Brasil sejam opções tecnológicas consideradas adequadas, em países desenvolvidos não são considerados ambientalmente corretos, pois mesmo com os sistemas de coleta e queima do biogás gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no lixo, uma parcela significativa deste gás não é captada pelo sistema, sendo então emitida para a atmosfera.

Para evitar sérios problemas ambientais, os resíduos orgânicos podem ser reciclados por meio do processo de compostagem, um método barato quando comparado a outras formas de tratamento e eficaz na diminuição da quantidade de material a ser aterrado, aumentando, assim, a vida útil dos aterros sanitários e reduzindo a contaminação do solo e da água. Suzuki e Gomes (2009), também alertam que somente a implantação de mais aterros sanitários não resolve o problema, pois além da destinação final correta dos resíduos, da reciclagem e educação ambiental, a correta operação do aterro é essencial para assegurar o aproveitamento da totalidade de sua vida útil e evitar que se torne um foco de contaminação ambiental.

2.4 Efeitos negativos provocados pela utilização do composto orgânico produzido a partir de RSUs

A produção de resíduos sólidos urbano é um processo muito heterogêneo, devido sua composição se derivar de resíduos domésticos ou industriais, de áreas pobres ou ricas, de coleta generalizada ou seletiva. Assim, a falta de separação adequada dos RSU, os resíduos orgânicos acabam sendo misturados e muitas vezes contaminados por materiais perigosos (SILVA, 2009).

Lixos que contenham lâmpadas, pilhas e baterias tendem a apresentar elevados teores de metais pesados (PIRES, 2006). Sendo assim, é importante salientar que um resíduo só deve ser incorporado ao solo quando não prejudicar suas propriedades e características originais, mas beneficiar de algum modo a adaptação das culturas. Os riscos da disposição indiscriminada de resíduos no solo associam-se principalmente ao transporte de poluentes pela infiltração de líquidos percolados, responsáveis pela contaminação do subsolo e das águas subterrâneas nos locais de disposição (NOBILE et al., 2011).

A produção de um composto com baixos níveis de metais é possível mediante a coleta seletiva, pois os materiais vêm previamente separados, evitando a contaminação dos resíduos orgânicos, porém onde não há coleta seletiva há um maior risco de presença desses contaminantes no composto. É indispensável, também, uma triagem manual do material a ser compostado, onde os resíduos que não são coletados seletivamente são levados para a central de triagem e compostagem, possibilitando a separação de resíduos não compostáveis ou contaminantes dos resíduos orgânicos a serem compostados (BÜTTENBENDER, 2004).

Se o objetivo da compostagem for produzir fertilizante para a agricultura, a segregação rigorosa dos orgânicos é muito importante e a qualidade exigida do composto deve seguir padrões definidos pelo Ministério da Agricultura. Entretanto, se o composto não for destinado áreas produtoras de alimento e for usado, por exemplo, na contenção de erosão, ou para diminuir o volume de resíduos a ser aterrado simplesmente, a compostagem com altos níveis de metais pesados pode ser utilizada nestas áreas (MMA, 2010).

A compostagem produzida a partir de resíduos sólidos urbanos que possui altos níveis de metais pesados em sua composição, inviável para utilização em solos produtores de alimentos, pode ser uma alternativa na produção de plantas ornamentais e mudas arbóreas desde que não afete a qualidade das plantas. Em um estudo realizado por Nóbrega et al. (2008), a adição de composto de resíduo sólido urbano ao substrato das mudas de sesbânia e angico apresentaram maiores valores dos parâmetros morfológicos que as cultivadas em substrato comercial.

Outra preocupação em relação à utilização dos RSUs para compostagem é que estes resíduos podem conter material de origem fecal presentes em papel higiênico, fraudas descartáveis, preservativos, resíduos de serviços de saúde, entre outros, contendo microrganismos potencialmente patogênicos, prejudiciais à saúde humana (BÜTTENBENDER, 2004).

Cabe destacar que elevadas temperaturas durante o processo de compostagem eliminam microrganismos patogênicos, além de destruir a viabilidade das sementes de ervas daninhas (FIALHO e PEREIRA, 2013). Além disso, as usinas de reciclagem e compostagem têm um importante papel no controle das doenças relacionadas ao manuseio inadequado dos RSUs, elas promovem o tratamento dos resíduos eliminando os agentes causadores de doenças, contribuindo para a melhoria da saúde da população e, além disso, gera um produto final, o composto orgânico, seguro e de uso irrestrito na agricultura (BÜTTENBENDER, 2004).

Segundo Loureiro et al. (2007), o aproveitamento dos resíduos orgânicos domiciliares, como adubo para a produção agrícola, requer alguns conhecimentos que possibilitem a adequada forma de prepará-los e que garantam um produto estabilizado e de boa qualidade, que forneça nutrientes e condicione o solo de forma adequada.

2.5 Benefícios do composto orgânico

Embora alguns autores alertem para os cuidados com a utilização do composto por muito tempo em um mesmo local, devido à possível contaminação, muitos o defendem como uma boa alternativa, tanto para redução de resíduos em lixões ou aterros sanitários quanto aproveitamento do mesmo como rica fonte de nutrientes. Os resíduos sólidos urbanos apresentam boas condições para a compostagem e um bom equilíbrio pode ser obtido com a utilização de uma parte de resíduos de frutas, legumes e verduras e três partes de resíduos de poda e jardinagem. Mas outras proporções entre os materiais podem se adequar, pois se trata de um processo em que há interferência de muitas variáveis (MMA, 2010).

O composto orgânico é um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, aumentando a capacidade de retenção de água e a macroporosidade; pode melhorar as propriedades químicas e físico-químicas, aumentando a disponibilidade de macro e micronutrientes e a capacidade de troca catiônica e, ainda, melhorar as propriedades biológicas, pois estimula a proliferação de microrganismos benéficos, que agem no controle de fitopatógenos (MATOS et al., 1998; FEBRER, 2002; MAGALHÃES et al., 2006).

A possibilidade do composto de resíduo orgânico urbano de incrementar os teores de carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes e também de outras variáveis desejadas do solo foram verificadas em vários estudos. Alves et al. (1999) verificaram que, na ausência de adubação química, com a adição de composto de lixo, houve aumento da produção de matéria-seca e das quantidades acumuladas de ferro, manganês e zinco na parte aérea de plantas de sorgo.

Strojaki et al. (2013) avaliando o potencial fertilizante de um composto de lixo urbano nas culturas de girassol e milho e seu efeito nas propriedades de um Latossolo Vermelho de textura muito argilosa, obtiveram redução linear da acidez potencial em função do incremento nas doses de composto de lixo urbano. Além disso, os mesmos autores constataram que a redução da acidez potencial do solo contribuiu para o acréscimo nos valores do índice SMP, demonstrando que este composto de lixo orgânico pode apresentar

potencial de redução da acidez do solo, refletindo em aumento da saturação por bases de 77%, para 85%, para as doses de 0 Mg ha⁻¹ e 40 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Ao estudar os efeitos da aplicação de composto de lixo, Abreu Jr. et al. (2001) também concluíram que a aplicação do composto de lixo urbano promoveu a elevação dos teores dos cátions trocáveis, da capacidade de troca de cátions e da saturação por bases de modo equivalente ou superior às aplicações de calcário com adubos minerais nos solos ácidos. O potássio contido no composto apresentou equivalência com o do cloreto de potássio e o cálcio e magnésio contidos no composto, equivalência com os do calcário. O mesmo autor acrescenta que o uso agrícola do composto de lixo, como fertilizante orgânico, é viável do ponto de vista técnico, social e ambiental, mas alerta que seus efeitos sobre as propriedades químicas do solo devem ser mantidos sob constante monitoramento.

Aumentos significativos de Ca e Mg também foram observados por Strojaki et al. (2013) com o incremento nas doses de composto de lixo urbano, onde os teores de Ca e Mg foram incrementados linearmente de 6,0 para 8,0 e de 3,3 para 4,0, respectivamente, em função do uso das doses de 0 Mg ha⁻¹ e 40 Mg ha⁻¹ de composto de lixo, ou seja, os teores de Ca e Mg aumentaram em 1,4 vezes em função do incremento de 40 Mg ha⁻¹ de composto orgânico, demonstrando a potencial capacidade do composto em disponibilizar nutrientes para as plantas. Além disso, os teores de Ca e Mg foram os principais responsáveis pelo aumento nos valores de CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva, CTC potencial e da saturação por bases devido os teores de K não serem alterados em função da adição de composto de lixo urbano ao solo.

A compostagem é uma alternativa viável e de baixo custo e quando os resíduos sólidos são submetidos ao processo de compostagem ocorre a eliminação de patógenos sendo uma alternativa sanitariamente eficiente (COSTA et al., 2009). Além disso, promove o controle da poluição ambiental, minimiza problemas de saúde pública, contribui para a proteção e preservação dos recursos naturais, geração de empregos diretos e indiretos (BÜTTENBENDER, 2004).

Cabe destacar, que a compostagem também apresenta o potencial de reduzir a concentração de patógenos do composto a níveis seguros, devido à competição entre as espécies microbianas a fatores antibióticos e, principalmente, à manutenção de alta temperatura por determinado tempo, transformando o resíduo em um fertilizante que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo agrícola (CARTHY et al., 2011; BERNAL et al., 2009; PIRES, 2006).

Marchezetti et al. (2011), afirmam que quando aplicado no solo, o composto pode melhorar sua estrutura, em função da temperatura de operação pode eliminar patógenos e permite a reciclagem da matéria orgânica. Diante disso, Segatto et al., (2012) observaram que de acordo com suas características químicas e biológicas, o solo propicia as condições necessárias para a biodegradação de resíduos orgânicos.

A compostagem de resíduos, subprodutos e outros materiais orgânicos, é um processo que pode atender plenamente a crescente demanda por fertilizantes orgânicos (LEAL et al., 2013), além de possuírem propriedades biológicas adequadas para seu uso como substratos e também podem atender plenamente a demanda de substratos, principalmente em sistemas orgânicos de produção, que impedem o uso de fertilizantes sintéticos de elevada solubilidade (LEAL et al., 2007).

Em Tarumã, no Estado de São Paulo, vermicompostos (composto produzido com minhocas) de resíduos sólidos tanto de origem animal como de origem vegetal atendem aproximadamente 550 famílias por mês. Esses resíduos são transformados em um composto orgânico utilizado para a produção de hortaliças numa horta municipal. Essa horta tem como principal objetivo, atender escolas, creches, e a população, de forma geral (CASTILHOS et al., 2008).

A Lei 12.305/2010 defende que a compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos e atribui ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos e a articulação para as formas de utilização do composto produzido. A referida Lei ainda diz que a adoção de atividades de compostagem pelos municípios é, portanto, uma imposição legal, e não mais uma opção para destino dos resíduos orgânicos gerados (MMA, 2010).

A compostagem surge como uma solução ecológica para o problema do lixo, pois é considerada uma forma de reciclagem, já que quase toda a parte orgânica do lixo é aproveitada (CRAVO et al., 1998).

Segundo Nascimento et al. (2005), a compostagem oferece algumas vantagens, como o baixo custo operacional; ter o uso benéfico dos produtos finais na agricultura; diminuir a poluição do ar e das águas subterrâneas; melhoria da saúde do solo, devido a matéria orgânica composta se ligar às partículas de areia, silte e argila, ajudando na retenção e drenagem do solo; aumenta a capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão; dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras; mantêm a temperatura e os níveis de acidez do solo; ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de micro-organismos benéficos às culturas agrícolas; é um processo ambientalmente seguro; e reduz custos com tratamento de

efluentes.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a pesquisa realizada, a utilização de resíduos urbanos em forma de compostagem nos solos agrícolas viabiliza o aproveitamento dos resíduos gerados, transformando lixo, um problema para as municipalidades em algo útil para o agricultor com a produção de adubo, sendo considerado um processo satisfatório para o tratamento dos resíduos do ponto de vista tecnológico colaborando para a redução da geração de resíduos.

A compostagem promove a valorização dos resíduos como matéria-prima, sendo do ponto de vista agrônômico, um processo de grande importância, devido uma quantidade considerável de nutrientes estar retornando para o solo na forma mineral e orgânica, proporcionando melhorias químicas, físicas e biológicas.

Embora haja uma preocupação com a contaminação do composto produzido com resíduos urbanos devido à contaminação por microrganismos patogênicos e pela presença de metais pesados, a segregação dos materiais, por meio do processo de triagem, pode minimizar ou eliminar tais problemas e o composto orgânico produzido pode ser de uso irrestrito e com boas qualidades para melhorar as características químicas e físicas do solo.

4 REFERÊNCIAS

- ABICOM. **Compostagem**. Disponível em: <<http://abicomweb.org.br/artigos/15/>>. Acesso em: 30 out. 2014.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalhe.cfm?NoticiasID=2091>. Acesso em 14 out. 2014.
- ABREU JR., C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.813-824, 2001.
- ALCANTARA, A. J. O. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT. Cáceres, 2010. **Dissertação** (Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais), Universidade do Estado do Mato Grosso.
- ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 729-736, 1999.
- ANJOS, S. B. A compostagem e a reciclagem no processo de tratamento de resíduos sólidos e na inclusão social dos catadores de lixo. 2011. 24 f. **Monografia** (Licenciatura em Biologia a Distância) — Consórcio Setentrional de Educação a Distância, Universidade de Brasília, Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2011.
- ARAÚJO, F. B.; SANES, F. S. M.; STRASSBURGUER, A. S.; MEDEIROS, C. A. B. Avaliação de adubos orgânicos elaborados a partir de resíduos de pescado, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*) **In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA**, Fortaleza, 2011.
- BARROS, A. J. M et al. Estudo termogravimétrico do processo de sorção de metais pesados por resíduos sólidos orgânicos. **Eng Sanit Ambient.**, vol.11, n. 2, p. 184-190, 2006.
- BERMUDEZ, J. E. et al., Ensilage de vísceras de pescado bachamblanca (*Piaractus brachypomus*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde em uma dieta com aceite cruo de palma (*Elaeis guineensis* – *Elaeis oleifera*). **Livestock Reserch for Rural Development**, v. 11, n. 2, 1999.
- BERNAL, M.P.; ALBUQUERQUE, J. A.; MORAL, R. **Bioresource Technology**, v.100, p. 5444-5453, 2009.

- BRASIL, Ministério da Justiça. (2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.
- BÜTTENBENDER, S. E. Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelita/SC. Florianópolis, 2004. **Dissertação** (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- CARTHY, G. M., LAWLOR, P. G.; COFFEY, L.; NOLAN, T.; GUTIERREZ, M.; GARDINER, G. E. **Bioresource Technology**, v.102, p. 9059–9067, 2011.
- CASTILHOS, R. M. V.; et al. Distribuição e caracterização de substâncias húmicas em vermicompostos de origem animal e vegetal. **R. Bras. Ci. Solo**, 32, p. 2669-2675, 2008.
- COSTA, C.A. et al. Teor de metais pesados em alface (*Lactuca sativa L.*) adubada com composto orgânico de lixo urbano. **Revista Ceres**, v. 41, n. 238, p. 629-640, 1994.
- COSTA, M. S. S. M et al. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.100–107, 2009.
- CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Poluição e Qualidade Ambiental: Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras: **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.22, n.3, p. 5547 – 5553, 1998.
- DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de lãs lombrices de tierra aptas para El vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, n. 2, p. 309 - 320, 2010.
- NASCIMENTO, A. M. (et. al). **Química e Meio Ambiente: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico**. Secretaria de Educação: Curso Formação Continuada Ciências Da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias, 2005.
- FAGUNDES, D. C. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Tarumã e Teodoro Sampaio – SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, p. 159-179, 2009.
- FEBRER, M. C. A. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p.18-30, 2002.
- FERRI, G. L.; CHAVES, G. L. D.; RIBEIRO, G. M. **Análise e localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa: um estudo de caso no município de São Mateus, ES**. Production, 2013.
- FIALHO, M. L.; PEREIRA, L. A. A. Gestão da sustentabilidade: Compostagem otimizada em resíduos sólidos orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma usina de compostagem de lixo no município de Santa Juliana/MG. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 2, n. 2, p. 52-85, 2013.
- FIORI, M.G.S., M. SCHOENHALS, FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v. 5: p. 178 -191, 2008.
- GUIDONI, Lucas Lourenço Castiglioni et al. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.
- GOMES, F. C.S. P.; AQUINO, S. F.; COLTURATO, L. F. D. B. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. **Eng Sanit Ambient**, v.17, n.3, p. 295-304, 2012.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008, p. 59-60, Rio de Janeiro, 2010.
- JUNKES, M. B. et al. Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, CERES, p.492, 1985.
- LEAL, M. A. A. et al. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1195–1200, 2013.
- LEAL, M. A. A. et al. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Hortic. bras.**, v. 25, n. 3, p. 392-395, jul.-set. 2007.
- LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Editora Hemus, p. 265, 2004.
- LOUREIRO, D. C. et al. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.7, p.1043-1048, 2007.
- MAGALHÃES, M. A. et al. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. Campina Grande, **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.466–471, 2006.

- MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 173-187, abr./jun. 2011.
- MASSUKADO, L. M. Sistema de apoio à decisão: Avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares. **Dissertação** (Engenharia Urbana)- Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.
- MATOS, A. T. et al. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília- DF, 2010.
- NOBILE, Fabio O. de et al. Variáveis biométricas da cana-de-açúcar fertilizada com resíduos orgânico e industrial e irrigada com água servida e potável. **Engenharia Agrícola**, p. 193-200, 2011.
- NÓBREGA, R. S. A. et al. Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbaniavirgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008.
- OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F.T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Eng. Sanit. Ambient.**v. 9 . n. 3, p. 211-217, jul/set., 2004.
- PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas. **Compostagem: produção de adubo a partir de resíduos orgânicos**. Belém: SECTAM, 2003.
- PIRES, A. M. M. Uso agrícola de composto de lixo urbano: benefício ou prejuízo. **EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_compostoID-CuG2uuX4Ti.pdf> Acesso em: 10 de outubro de 2014.
- REIS, M. F.P.; REICHERT, G.A.; BRITO, M.J.P. Segregação na Origem: uma solução para a qualificação do composto produzido em unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos. **In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, Porto Alegre, 2000, Artigo: Porto Alegre-RS, ABES 2000.
- REZENDE, J. H. et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2013.
- ROMANELLI, P.F.; SCHIMITD, J. Estudo do aproveitamento das vísceras do jacaré do pantanal (*Caimanocrocodilusycare*) em farinha de carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.23, p.131-139, 2003.
- SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos. **Eng. Sanit Ambient.** v.17, n. 2, p. 203-212, 2012.
- SEGATTO, M. de P. et al. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 1, p. 49-62, 2012.
- SILVA, L. M. S. Compostagem de resíduos sólidos urbanos em locais contemplados com coleta seletiva: influência da triagem e da frequência de revolvimento. **Dissertação** (Engenharia de Edificações e Saneamento)- Universidade Estadual de Londrina- PR Londrina, 2009.
- SMITH, S. R. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. **EnvironmentInternational**, v.35, n.1, p.142-156, 2009.
- STROJAKI, T. V. et al. Atributos químicos do solo e produtividade de girassol e milho em função da aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (AgriculturalResearch in theTropics), v. 43, n. 3, p. DOI: 10.1590/S1983-40632013000300002, 2013.
- SUZUKI, J. A. N.; E GOMES, J. Consórcios intermunicipais para a destinação de RSU em aterros regionais: estudo prospectivo para os municípios no Estado do Paraná. **Eng Sanit Ambient.**,v.14, n.2, p.155-158, 2009.
- VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Eng. sanit. amb.** Vol.9, n. 3, p. 218-224, 2004.