

VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA COMO COMPOSTO PARA MELHORIA DE SUA GESTÃO MEDIANTE AGREGAÇÃO DE VALOR

Murilo Rezende Zaparoli (*), Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

* Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e murilorz@yahoo.com.br

RESUMO

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos representa atualmente um dos grandes desafios dos gestores públicos. Destes, devido suas características e volume elevado, os resíduos orgânicos demandam maior atenção. Buscou-se neste trabalho analisar possibilidades de aplicação na agricultura dos compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) como alternativa para gestão e destinação adequada deste resíduo, com a possibilidade de agregar valor como forma de suprir a demanda nutricional de culturas agrícolas, e alcançar a complementação ou até mesmo a substituição de fertilizantes químicos e minerais. Para avaliar a possibilidade de uso destes compostos orgânicos em atendimento às demandas dos macronutrientes primários (N P K), a capacidade produtiva de compostos orgânicos, em vista da geração municipal de RSU e viabilidade econômica da substituição de fertilizantes minerais por compostos orgânicos na agricultura foram utilizados dados de geração de RSU em dois municípios mineiros, e características de composto orgânico produzido em Belo Horizonte (MG). As análises realizadas demonstram que é possível produzir compostos orgânicos que atendem às especificações técnicas, com qualidade, prontos para utilização na produção agrícola, em manutenção de áreas verdes e recuperação de áreas degradadas. A análise sobre a viabilidade econômica na utilização de compostos orgânicos em substituição, ou complementação, aos adubos químicos e minerais, apresentou economia na adubação para produção agrícola. Em análise realizada para produção de milho em dois municípios do estado de Minas Gerais, a utilização de composto orgânico produzido a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos apresenta uma economia de 22% em comparação com a utilização de adubação química convencional, com a aplicação de quantidade equivalente de nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação de resíduos orgânicos; composto orgânico

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos (RS) no Brasil e no mundo aumenta a cada dia, tanto em relação a quantidade gerada por indivíduo quanto ao total gerado, e a gestão adequada dos RS urbanos representa um dos grandes desafios dos gestores públicos, principalmente dos gestores municipais.

Resíduos orgânicos representam grande parcela dos RS urbanos, sendo gerados em domicílios, indústrias, vias públicas e comércio em geral. Sabe-se que a maior parte destes resíduos é destinada para aterros e lixões, o que causa significativo impacto ambiental, como a contaminação do solo, das águas e do ar, e social, afetando diretamente a população alocada nas proximidades das áreas de disposição dos RS, e indiretamente, em toda a população. A questão é mais preocupante quando a disposição destes resíduos não é realizada em locais com o devido preparo para redução destes impactos ambientais e sociais.

Dentre outras leis federais, a Lei 12.305 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (de 2 de agosto de 2010) proíbe em seu artigo 47, como formas de destinação ou disposição final de RS, o lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; lançamento *in natura* a céu aberto; queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade (BRASIL, 2010).

É importante mencionar que o aterramento de RS tem se tornado uma atividade cada dia mais cara e complexa, devido a fatores como falta de grandes áreas próximas aos centros urbanos (geradores de resíduos) para alocação de aterros, aumento de custos com maquinários e veículos de transporte dos resíduos, necessidade de implantação de infraestruturas para redução dos riscos de contaminação ambiental e de custos com tratamento das áreas afetadas.

Há ainda a questão da aversão da população para implantação de unidades de tratamento de RS próximos às suas residências e propriedades, conhecida internacionalmente como “NIMBY” (Not In My Back Yard), expressão que demonstra a rejeição da população em se ter infraestruturas indesejáveis nas suas proximidades, como unidades de destinação de RS. Lee (1994) esclarece que a NIMBY se justifica por motivos como a

contaminação de águas superficiais e subterrâneas, a emissão de gases tóxicos, os problemas com vetores de doenças, tais como ratos e insetos, os depósitos ilegais de resíduos nas proximidades e a desvalorização das áreas próximas, dentre outros. Estes fatores dificultam a alocação de unidades para disposição de RS, principalmente nas proximidades das cidades, o que força que tal disposição seja realizada cada vez mais longe dos locais de sua maior geração, aumentando significativamente os custos com transporte.

Diversas alternativas podem ser utilizadas para melhorar a gestão dos RS orgânicos, sendo a compostagem uma alternativa muito disseminada. Porém, algumas questões como má qualidade de compostos orgânicos gerados a partir da fração orgânica dos RS urbanos colocaram e ainda colocam dúvidas sobre esta alternativa.

A compostagem é um processo, dirigido e controlado pelo homem, de transformação de RS orgânicos em fertilizante, ou **composto** condicionador de solo, processo este que transforma problemas em soluções, pois resíduos sem praticamente nenhum valor, tais como aparas de gramas, restos de culturas, folhas secas, capins, restos de alimentos e a fração orgânica dos RS urbanos, são transformados em produto de grande valor agrícola, econômico e ambiental (MEERT *et al.*, 2011).

Monteiro (2001) lembra que existem no lixo microrganismos patogênicos, como salmonelas e estreptococos. Esses microrganismos são eliminados pelo calor gerado no próprio processo biológico de compostagem, porque não sobrevivem a temperaturas acima de 55°C por mais de 24 horas. É importante que este processo seja acompanhado criteriosamente, não somente para realizar a adequada decomposição e a maturação do composto, mas também para garantir a eliminação de elementos indesejáveis para seu uso posterior, tais como os organismos patogênicos citados e propágulos de plantas daninhas.

Barros (2012) cita que, sob o ponto de vista comercial e/ou industrial, há vantagens e desvantagens de se adotar a compostagem como método de tratamento de RS orgânicos. Como é o mercado que determina a aceitação do produto, tal técnica deve ser considerada dentro de um contexto econômico ou de uma política mais abrangente de gestão dos RS. A Tabela 1, apresentada Barros (2012), cita vantagens e desvantagens da “aplicabilidade da compostagem”.

Tabela 01. Aplicabilidade da compostagem: vantagens e desvantagens. Fonte: Barros (2012).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • representa uma prática de reciclagem, cujos princípios podem ser estendidos a outras atividades socioeconômico-culturais; • possibilita a recuperação e reutilização de matéria-prima, diminuindo a quantidade de resíduos a serem aterrados e o volume de chorume e de metano produzidos nos aterros; • propicia a recuperação de solos exauridos; • permite uma significativa economia de energia, quando comparado aos tratamentos possíveis; • os rejeitos do processo podem ser dispostos sem problemas em aterros sanitários; • a usina de compostagem idealmente não polui nem contamina a vizinhança; • não necessita de mão de obra muito especializada; • representa oportunidade de geração de emprego e renda, • pode diminuir a necessidade de transporte de resíduos. 	<ul style="list-style-type: none"> • é um método de tratamento parcial (somente da matéria orgânica), com alguma flexibilidade para absorver grandes variações na produção de RS; • exige controle operacional eficaz, para que não surjam problemas na manutenção do composto, e portanto, na sua qualidade; • necessita de triagem eficiente de materiais indesejáveis, evitando contaminação do composto, • pode haver flutuação sensível no mercado consumidor do composto.

A compostagem apresenta ainda algumas vantagens adicionais, que foram citadas por Matos (2005):

- aproveitamento agrícola de macro e micronutrientes presentes nos materiais residuais;
- eliminação de efeitos alelopáticos e de sementes vivas de plantas daninhas, no caso de uso de resíduos vegetais;
- eliminação de agentes patogênicos, no caso de uso de excretas de humanos ou animais;
- elevação do pH de solos ácidos;
- melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo;
- minimização de riscos de poluição de águas superficiais e subterrâneas.

Em seus estudos, Matos (2005) demonstra que o composto orgânico produzido é um adubo orgânico e deve ser tratado como fertilizante, sendo necessário seguir critérios agrônômicos para sua aplicação no solo, baseados nas características químicas do solo e nos requerimentos da cultura que se pretende adubar. Os compostos orgânicos podem ser aplicados na produção agrícola (em culturas anuais e perenes), em áreas de reflorestamento, parques e jardins e para recuperação de áreas degradadas (por mineração, por aterros sanitários, entre outros), além de poderem ser utilizados como prática edáfica em áreas com problemas de erosão.

A Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), em pesquisa específica sobre adubação orgânica, apresenta as vantagens do uso da adubação orgânica para o solo, diferenciadas em “efeitos condicionadores”, “efeitos sobre os nutrientes” e “efeitos sobre os microrganismos do solo”, conforme detalhados a seguir:

- Efeitos condicionadores

- eleva a capacidade de troca de cátions, notadamente nos solos altamente intemperizados ou arenosos;
- contribui para a maior agregação das partículas do solo, reduzindo a susceptibilidade à erosão;
- reduz a plasticidade e a coesão do solo, favorecendo as operações de preparo;
- aumenta capacidade de retenção de água;
- concorre para maior estabilidade da temperatura do solo.

- Efeitos sobre os nutrientes

- aumenta a disponibilidade de nutrientes por meio de processos de mineralização;
- contribui para a diminuição da fixação do fósforo no solo;
- os ácidos orgânicos, resultantes da decomposição da matéria orgânica, aceleram a solubilização de minerais do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

- Efeitos sobre os microrganismos do solo

- apresenta-se como principal fonte de nutrientes e energia para os microrganismos do solo.

Em se tratando da matéria orgânica do solo, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2007) apresenta outra importante vantagem da matéria orgânica para o solo: trata-se do “poder tampão” que a matéria orgânica exerce no solo. A correção da acidez em solos é uma prática necessária e frequente, principalmente no cerrado brasileiro, com gastos significativos na aplicação de calcário, principal insumo utilizado na agricultura para tal correção. Em vista da ação tamponante da matéria orgânica no solo, pode-se reduzir a necessidade de aplicação de calcário em áreas com aplicação de compostos orgânicos, reduzindo operações agrícolas e custos de produção.

Em vista desta série de vantagens ao solo, pode-se supor que os efeitos condicionadores de solo proporcionados pela adubação orgânica podem ser mais relevantes do que o próprio fornecimento de nutrientes relacionado a esta prática.

Tabela 2. Percentagens de conversão dos nutrientes aplicado via adubos orgânicos para a forma mineral.

Fonte: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em MG (1999)

Nutriente	Tempo de conversão		
	1º ano	2º ano	3º ano
	%		
N	50	20	30
P ₂ O ₅	60	20	20
K ₂ O	100	0	0

A Tabela 2 apresenta uma aproximação da taxa de conversão dos nutrientes, Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O), da forma orgânica para a forma mineral ao longo dos anos. Estes dados ajudam a estimar a liberação de nutrientes decorrente do uso de adubos orgânicos, desde que as condições para o processo de mineralização sejam favoráveis. Desta forma, é possível prever aproximadamente quando os nutrientes estarão disponíveis, possibilitando o planejamento de outras aplicações durante o ciclo da cultura ou para culturas subsequentes.

A “liberação gradual” de nutrientes pelos compostos orgânicos é entendida como vantajosa, realizando papel importante no parcelamento da disponibilização de nutrientes às plantas, semelhante ao que se propõe às atividades de adubações de cobertura. Adubação de cobertura é normalmente realizada para disponibilizar às plantas os nutrientes necessários em cada fase de desenvolvimento da cultura. Se aplicados diretamente junto com a adubação de plantio, os nutrientes da adubação de cobertura dos fertilizantes convencionais se perdem com facilidade, sendo necessário o parcelamento ao longo do desenvolvimento da cultura. Neste sentido a adubação orgânica pode possibilitar a redução do parcelamento da adubação de cobertura.

A capacidade de troca de cátions do fertilizante orgânico é diretamente proporcional à quantidade de substância coloidal húmica nele existente; portanto, quanto mais curada ou decomposta estiver a matéria orgânica, maior a quantidade de húmus e maior a capacidade de troca catiônica do fertilizante. O valor agrícola de um fertilizante orgânico pode ser estimado por vários fatores, dentre eles a capacidade de reter nutrientes, protegendo-os da lavagem pela água das chuvas (SLU, 2013).

OBJETIVO GERAL

Buscou-se neste artigo analisar possibilidades de aplicação, na agricultura, dos compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos como alternativa para gestão e destinação adequada s resíduos, com a possibilidade de agregar valor como forma de suprir a demanda nutricional de culturas agrícolas, e alcançar a complementação ou até mesmo a substituição de fertilizantes químicos e minerais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a possibilidade de uso de compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos como fertilizante agrícola, em atendimento às demandas dos macronutrientes N, P e K;
- Estudar a capacidade produtiva de compostos orgânicos, em vista da geração municipal de resíduos sólidos urbanos, para possível uso destes compostos no próprio município de geração;
- Analisar a viabilidade econômica da substituição de fertilizantes minerais por compostos orgânicos na agricultura.

METODOLOGIA

Para este trabalho foi realizada revisão de literatura acadêmica e oficial buscando informações sobre gestão de resíduos orgânicos, vantagens e desafios para aplicação destes como insumo agrícola, sobre a qualidade exigida segundo a legislação vigente, e análise de qualidade de compostos orgânicos. Foram visitadas três unidades de processamento de resíduos orgânicos na região metropolitana de Belo Horizonte (MG) no primeiro semestre de 2016, onde foi possível identificar diferentes formas de processamento dos resíduos orgânicos para produção do composto.

Para estimar a capacidade produtiva de composto, em vista da geração municipal de RS urbanos, foram levantados dados de geração de resíduos orgânicos e foi estimada a produção de compostos orgânicos a partir destes resíduos. Foram utilizados dados de dois municípios do estado de Minas Gerais (Mateus Leme e Passos), estimando-se o potencial de produção para possível uso do composto orgânico no próprio município de geração.

Como forma de avaliar a possibilidade de uso do composto orgânico na agricultura, buscou-se analisar comparativamente o uso deste com o uso de fertilizantes convencionais (adubos químicos), onde buscou-se ainda avaliar brevemente as variáveis de custos e benefícios para a produção agrícola. Para isso, foram utilizados dados qualitativos do composto orgânico produzido pela SLU/BH, que contava com os dados de concentração dos macronutrientes primários (N, P e K).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando a compostagem é bem realizada, obedecendo os parâmetros que regem a decomposição, o composto é livre de odor, possui coloração e odor característicos e tem seu manuseio, estocagem e transporte muito

facilitados. O composto cru não possui essas qualidades e pode se tornar tóxico para as plantas. Apesar de ser um excelente condicionador de solo, conforme citado anteriormente, para haver a possibilidade de substituição, mesmo que parcialmente, dos fertilizantes minerais por compostos orgânicos, é necessário que o composto apresente quantidades mínimas de alguns nutrientes, principalmente do nitrogênio, fósforo e potássio, denominados macronutrientes primários (BARREIRA, 2004).

A Instrução Normativa (IN) nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece “normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura” (BRASIL, 2009). A Tabela 3 apresenta especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos, definidos pela IN nº 25.

Tabela 3. Especificações definidas para fertilizantes orgânicos mistos e compostos

Fonte: IN nº 25 (MAPA)

Garantia	Misto/composto			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade (máx.)	50 %	50%	50%	70%
N total (mín.)	0,5%			
*Carbono orgânico (mín.)	15%			
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0
Relação C/N (máx.)	20			

A grande maioria dos compostos orgânicos encontrados no mercado nacional utiliza como matéria prima principal resíduos orgânicos de atividades agropecuárias e agroindustriais. Porém, como este artigo trata de compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos RS urbanos, é necessário analisar quantidades de nutrientes presentes em compostos desta natureza. Para isso, apresentam-se a seguir características de compostos orgânicos produzidos com uso da fração orgânica destes RS.

O MAPA apresentou em seu Comunicado Técnico nº 71, de Setembro de 2002, níveis de nutrientes de composto orgânico produzido a partir de lixo orgânico urbano (30% a 35%), caroço de açaí (25% a 30%) e capim (40% a 45%), em trabalho realizado no município de Barcarena (PA).

Tabela 4. Especificações de compostos orgânicos produzidos em Belo Horizonte/MG (SLU) e no município de Barcarena/PA e atendimento aos valores de referência da IN25/2009.

Fonte: SLU (2013), MAPA (2009)

Adubo	Umidade (máx.)	N total (mín.)	Carbono orgânico (mín.)	pH (mín.)	Relação C/N (máx.)	P ₂ O ₅	K ₂ O
						-----%-----	
Compostos orgânicos SLU/BH	18,70%	2,96%	35%	7,4	17/1	1,54	0,75
Composto orgânico Barcarena/PA	11,1%	2,72%	21,7%	6,8	7,4/1	2,4	3,09
Valores de referência IN 25/2009	50%	0,50%	15%	6,0	20/1	-	-

O Departamento de Tratamento e Disposição de Resíduos, da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, apresenta em seu “Relatório sobre o programa de compostagem” (2013) resultados de análise do composto orgânico produzido na unidade, que utiliza para a formação das leiras de produção do composto orgânico resíduo orgânico obtido por meio da coleta seletiva em grandes geradores (sacolões, supermercados, restaurantes e feiras), misturado a galhos provenientes da atividade de poda da arborização pública, previamente triturado. Os valores médios de se referem a análises realizadas nos anos de 2011 e 2012.

Como pode-se observar na Tabela 4, os compostos orgânicos produzidos pela SLU/BH e em Barcarena/PA atendem à exigência nutricional definidas pela IN nº 25/2009, do MAPA, apresentando valores de nitrogênio (N) significativamente superior ao mínimo estabelecido de 0,5%.

Em vista das características do composto orgânico produzido pela SLU e das exigências apresentadas no Comunicado Técnico nº 71 do MAPA, entende-se que, em questão da qualidade e de atendimento às normas

técnicas, existe a possibilidade de uso de compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos RS urbanos como fertilizante agrícola.

Gorgati (2001), ao analisar peso e umidade inicial e final do lixo enleirado e do composto nas quatro estações do ano, encontrou, para as leiras descobertas, que o peso médio reduzido desde o início do processo, quando os resíduos orgânicos foram enleirados, até o final do processo (momento de obtenção do composto maturado), foi de aproximadamente 57,5% do peso inicial. Logo, ao final do processo de compostagem, o peso do composto em leiras descobertas pode ser estimado em 42,5% do peso bruto dos resíduos orgânicos que entram no processo.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Passos (MG) apresentou para o ano de 2014 uma geração de RS de 29.581,94 toneladas. Considerando que este mesmo trabalho apresenta em sua análise de composição gravimétrica o percentual de 55% de matéria orgânica presente no RSU, entende-se que o município gerou no ano de 2014 aproximadamente 16.270 toneladas de resíduos que poderiam ser transformados em composto orgânico.

Os dados de geração de resíduos do município de Mateus Leme (MG) foram obtidos do Plano Municipal de Saneamento Básico (2015). Com uma população de 30.155 habitantes em 2015, e geração de RS urbanos *per capita* de 280kg/ano, tem-se que o município gera aproximadamente 8.443 toneladas de RSU por ano. Considerando a fração orgânica de 55% deste total de resíduos, tem-se que é possível utilizar para compostagem 4.643,7 toneladas de resíduos orgânicos.

A Tabela 5 traz valores de geração de RS urbanos em ambos municípios Passos e Mateus Leme, apresentando ainda, a partir destes dados, o cálculo do potencial de produção de composto orgânico em cada município, a partir da quantidade estimada de geração de RS orgânicos. Utilizando-se do fator de conversão do resíduo orgânico para composto orgânico apresentado por Gorgati (2001), existe o potencial de produzir aproximadamente 1.974 toneladas de composto orgânico por ano em Mateus Leme, e de aproximadamente 6.915 toneladas de composto orgânico por ano em Passos.

Tabela 5. Estimativa de produção de composto orgânico, a partir da quantidade de resíduos orgânicos gerados

Município	Geração RSU	Geração de resíduos orgânicos	Quantidade estimada de composto orgânico
	t/ano	t/ano	t/ano
Passos	29581,9	16270,1	6915
Mateus Leme	8443,0	4643,7	1974

A Tabela 6 apresenta a quantidade de nutrientes possíveis de serem recuperados com a produção do composto nestes municípios, totalizando um potencial por ano de 363 toneladas em Passos (MG) e de 103,6 toneladas em Mateus Leme (MG).

Tabela 6. Quantidade de nutrientes NPK possível de ser recuperada no composto, a partir da produção de composto da fração orgânica dos RS gerados em cada município

Município	Quantidade estimada de composto	Quantidade de nutrientes no composto orgânico (t/ano)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
Passos	6915	204,7	106,5	51,9	363,0
Mateus Leme	1974	58,4	30,4	14,8	103,6

Com os dados de capacidade produtiva de composto orgânico em cada município, calculou-se quanto da demanda nutricional de cultura agrícola na região poderia se beneficiar do composto produzido, e quais as vantagens técnicas e econômicas relacionadas, fazendo-se comparativo com os fertilizantes minerais

convencionais. Para exemplo da análise do potencial de utilização de composto orgânico em cada município, foi considerada a cultura do milho.

A Tabela 7 mostra os intervalos de recomendação de adubação para a cultura do milho. A recomendação de adubação depende, entre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes no solo (valores obtidos por análise de solo) e da produtividade esperada com a cultura.

Tabela 7. Recomendação de adubação para a cultura do milho.
Fonte: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em MG (1999)

Produtividade	Dose de N Plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			Dose de N Cobertura
		Baixa	Média	Boa	Baixa	Média	Boa	
		Dose de P ₂ O ₅			Dose de K ₂ O			
t/ha	kg/ha							
4 - 6	10 - 20	80	60	30	50	40	20	60
6 - 8	10 - 20	100	80	50	70	60	40	100
> 8	10 - 20	120	100	70	90	80	60	140

Nesta avaliação, adotou-se que a disponibilidade de fósforo e potássio no solo apresentam níveis médios, com uma produtividade considerada média para a cultura, de 6 a 8 t/ha. Logo, para cada hectare de área a ser plantada, será necessário aplicar 80 kg de P₂O₅, 60 kg de K₂O e 120 kg de N. Considerando a disponibilidade dos macronutrientes primários (N, P e K) no composto orgânico para efeito de análise do potencial de atendimento nutricional das culturas, definiu-se que o elemento de maior importância para esta análise seja o nitrogênio (N).

Considerando o percentual médio de nitrogênio (N) de 2,96% apresentado pelas análises dos compostos da SLU, para suprir a demanda de adubação nitrogenada para adubação de um hectare de milho (120 kg de N), serão necessárias aproximadamente 4 toneladas de composto orgânico maturado.

Se os RS orgânicos gerados no município de Passos têm capacidade para produzir aproximadamente 6.915 toneladas de composto orgânico por ano, conforme apresentado na Tabela 6, calcula-se que o composto produzido em um ano neste município seria suficiente para o plantio de aproximadamente 1.729 hectares de milho. Se os resíduos orgânicos gerados em Mateus Leme têm capacidade para produzir aproximadamente 1.974 toneladas de composto orgânico por ano, conforme apresentado na Tabela 6, calcula-se que o composto seria suficiente para suprir a demanda nutricional de uma cultura de milho de aproximadamente 493 hectares.

Para avaliar o aspecto econômico da substituição dos fertilizantes minerais pelo composto orgânico, foram pesquisados e analisados os valores comerciais dos nutrientes obtidos através do composto orgânico em comparação com os obtidos pelos fertilizantes químicos. A Tabela 8 apresenta comparação de quanto se gastaria com a compra de adubos químicos para atender à mesma quantidade de nutrientes de uma tonelada de composto orgânico.

Tabela 8. Equivalência de NPK em adubos químicos por tonelada de composto orgânico da SLU

Adubo químico	Garantias		Custo de 1 kg de adubo químico	Quantidade nutriente em 1 t de composto	Quantidade de adubo químico equivalente	Custo equivalente com adubo químico
Unidades	%		R\$/kg	Kg	Kg	R\$
Sulfato de amônio	N	20	1,18	29,6	148,0	174,64
Superfosfato simples	P ₂ O ₅	18	1,18	15,4	85,6	100,96
Cloreto de potássio	K ₂ O	58	1,56	7,5	12,9	20,17
Custo adubo químico						295,77
Custo composto orgânico						230,00

Considerando que uma tonelada de composto apresenta em média 52,5 kg dos nutrientes NPK, sendo 29,6 kg de nitrogênio, 15,4 kg de fósforo e 7,5 kg de potássio, e que uma tonelada deste composto custa R\$230,00 (meados de 2016), para atender a mesma quantidade de nutrientes, serão necessários 148 kg de sulfato de amônia (20% de N), 85,6 kg de superfosfato simples (18% de P₂O₅) e 12,9 kg de cloreto de potássio (58% de K₂O), ao custo total de R\$295,77. Neste caso, o uso do composto orgânico apresentou a mesma quantidade de nutrientes com uma economia monetária de 22,23% em relação ao adubo químico.

CONCLUSÕES

O estudo realizado apresenta os benefícios da utilização do composto na agricultura, sendo esta uma alternativa sustentável para agregação de valor aos resíduos orgânicos. Em vista das informações e análises apresentadas, entende-se que existe ampla viabilidade técnica na utilização de compostos orgânicos produzidos a partir da fração orgânica dos RS urbanos como fertilizante agrícola, não somente em atendimento às demandas dos macronutrientes N, P e K, mas também para melhoria das condições de solo e do aumento de produção que o incremento de matéria orgânica pode proporcionar.

Há ainda espaço para aprofundar na análise de mensuração das vantagens da utilização de compostos orgânicos na agricultura, além da redução dos custos com o gerenciamento dos resíduos orgânicos. Entende-se que os custos com destinação de resíduos serão maiores a partir do momento em que a sociedade passe a cobrar por uma gestão adequada dos RS, eliminando as disposições irregulares, e relativamente baratas a curto prazo, passando a destiná-los em locais licenciados e que demanda maiores investimentos. Quando esta situação ocorrer, é importante que existam alternativas viáveis ambiental, social e economicamente. A partir deste momento, a compostagem com aproveitamento dos resíduos orgânicos urbanos pode se mostrar como uma alternativa sustentável viável.

O aumento da demanda de produtores rurais pelos compostos orgânicos é uma possibilidade, tanto pela disseminação de informações dos benefícios proporcionados pelo incremento de matéria orgânica no solo, quanto pela questão econômica, pois os preços de adubos químicos são em partes dependentes do mercado externo, ocorrendo oscilações de preços constantes. Porém se faz necessário um devido acompanhamento dos compostos orgânicos produzidos, com análises confiáveis e constantes, que garantam a qualidade, evitando que compostos de baixa qualidade sejam utilizados.

A produção dos compostos orgânicos para utilização agrícola localmente (na região onde é produzido), apresenta, além das vantagens para o gerenciamento de resíduos e para a produção agrícola, a possibilidade de redução nos custos com transporte, por evitar necessidade de transportar resíduos para disposição final e evitar a importação de adubos químicos.

Apesar da crescente utilização, em vários países, de compostos obtidos do processamento de resíduos orgânicos, no Brasil ainda existem muitas questões sobre a viabilidade técnica e econômica da aplicação destes, e algumas dificuldades devem ser trabalhadas para que a utilização de resíduos orgânicos na produção de compostos para uso na agricultura se torne uma realidade. A falta de informação dos usuários sobre a qualidade dos compostos orgânicos produzidos a partir de RS urbanos deve ser trabalhada, com a disseminação das informações sobre a produção, vantagens e qualidade dos produtos.

Outro desafio é a necessidade de adequação da gestão dos RS urbanos, pois enquanto não se preocuparem com iniciativas de não geração e a minimização, e a destinação for irregular, com disposição final em lixões, fica mais difícil obter viabilidade econômica das alternativas de reciclagem e compostagem. Ademais, sem um gerenciamento adequado, os custos do processamento dos resíduos orgânicos para obtenção do composto aumentam, principalmente pela maior demanda de mão-de-obra que a atividade exige, e a qualidade do composto diminui devido à maior quantidade de contaminantes.

Em relação a análise financeira da utilização dos compostos na agricultura, cabe ainda avaliar que o aterramento de resíduos tem se tornado uma atividade cada dia mais restrita em termos legais e onerosa financeiramente, devido a fatores como falta de áreas para alocação de aterros, e por ser altamente impactante ao meio ambiente e à saúde pública, o que gera outros custos indiretos, como problemas de saúde na população e necessidade de tratamento das áreas degradadas.

A valorização dos produtos oriundos do processamento de resíduos orgânicos pode significar a valorização dos próprios resíduos, sendo uma importante ferramenta para obtenção de um melhor gerenciamento, reduzindo impactos ambientais e sociais, representando ainda menor necessidade de extração de matéria-prima virgem, além de contribuir para geração de emprego e renda para as atividades de gerenciamento e processamento do composto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barreira, L.P.; Philippi Junior, A.; Rodrigues, M.S. **Usinas de Compostagem: Avaliação da Qualidade dos Compostos e Processos de Produção**. 2004
2. Barros, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Ed Tessitura, Belo Horizonte, MG. 2012, 424 pág.
3. Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**.
4. Brasil. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009: **normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009.
5. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (CFSEMG) - 5ª Aproximação** / Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999.
6. Gorgati, C. Q. **Resíduos sólidos urbanos em área de proteção aos mananciais - município de São Lourenço da Serra - SP: compostagem e impacto ambiental**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/101902>>. Acesso em 10 de junho de 2016.
7. Lee, G. F.; Jones-Lee, A. & Martin, F. **Landfill NIMBY and Systems Engineering: A Paradigm for Urban Planning**. National Council on Systems Engineering Fourth Annual International Symposium, "Systems Engineering: A Competitive Edge in a Changing World," San Jose, CA, Vol. 1, pp. 991-998, August, 1994.
8. Matos, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 2005.
9. Meert, L.; Souza R. B.; Albuquerque J. O.; Paula J. T.; Jasse M. E.; Resende, F. V.; Silva, G. P. & Sousa J. M. **Produção orgânica de cenoura com compostos orgânicos elaborados por leira estática aerada**. Horticultura Brasileira 29: S4402-S4407. 2011.
10. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Comunicado Técnico nº 71**. Setembro/2002.
11. Monteiro, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU), Coordenação técnica Victor Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
12. Plano Municipal de Saneamento Básico de Passos (MG). 2014.
13. Plano Municipal de Saneamento Básico de Mateus Leme (MG). 2015
14. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG. 2007, 1.017 pág.
15. Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU). **Relatório do Programa de Compostagem**. Belo Horizonte, MG. 2013.