

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA-PPGAO**

DISSERTAÇÃO

**Obtenção de Fertilizantes e Substratos Orgânicos a Partir
da Compostagem de Bagaço de Cana mais Torta de
Mamona e Seu Uso na Produção de Algumas Hortaliças**

Jonas Torres Lima

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA-
PPGAO**

**OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES E SUBSTRATOS ORGÂNICOS A
PARTIR DA COMPOSTAGEM DE BAGAÇO DE CANA MAIS TORTA
DE MAMONA E SEU USO NA PRODUÇÃO DE ALGUMAS
HORTALIÇAS**

JONAS TORRES LIMA

Sob a Orientação do pesquisador
Marco Antonio de Almeida Leal

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre** em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Maio de 2014

631.86

L732o

T

Lima, Jonas Torres, 1985-

Obtenção de fertilizantes e substratos orgânicos a partir da compostagem de bagaço de cana mais torta de mamona e seu uso na produção de algumas hortaliças / Jonas Torres Lima. - 2014.

61 f.: il.

Orientador: Marco Antonio de Almeida Leal.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Bibliografia: f. 45-50.

1. Adubos e fertilizantes orgânicos - Teses. 2. Adubos compostos - Teses. 3. Resíduos orgânicos - Teses. 4. Agricultura orgânica - Teses. 5. Hortaliças - Adubos e fertilizantes - Teses. I. Leal, Marco Antonio de Almeida, 1966-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agricultura orgânica. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GRICULTURA ORGÂNICA

JONAS TORRES LIMA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, área de Concentração em Sistemas de produção.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15/05/2014.

Marco Antonio de Almeida Leal (Dr.) Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Alexandre Porto Salmi (Dr.) UFRRJ

Dilermando Dourado Pacheco (Dr.) IFNMG-Campus Januária

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e por sempre ter mostrado uma luz nos momentos difíceis da minha vida.

Ao meu Orientador Marco Antonio de Almeida Leal, pela amizade, incentivo e orientação.

A minha esposa Elaine Ramos Silva e aos meus filhos Daniel Ramos Silva e Gabriel Ramos Lima pelo carinho e compreensão.

A toda a minha família pelo apoio e incentivo.

A UFRRJ e a EMBRAPA Agrobiologia pela oportunidade oferecia.

Aos todos os professores que contribuem para a evolução do conhecimento e dedicação com o curso.

Ao IFNMG-Campus Januária pelo apoio e incentivo.

Aos professores do IFNMG Campus Januária, Carneiro, João Carneiro e Cláudio Mont´Alvão pelo apoio e incentivo.

Aos amigos Sebastião, Carlos Henrique; Márcio Adriano, Sergio Alcântara; Alberto Berto; Gêneses; Lucas, Geraldo, Leonardo, Vandey, André, Corrêa, Fernando, Jailson, José Wilson e “Branquin” pela ajuda na condução dos experimentos, ao senhor José Eustáquio por ceder o bagaço e ao senhor Marcos pela doação da torta de mamona.

RESUMO

LIMA, Jonas Torres. **Obtenção de Fertilizantes e Substratos Orgânicos a Partir da Compostagem de Bagaço de Cana mais Torta de Mamona e Seu Uso na Produção de Algumas Hortaliças**. 2014. 60p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2014.

A compostagem de resíduos e subprodutos de natureza orgânica localmente disponíveis é uma alternativa para atender a crescente demanda por fertilizantes e substratos orgânicos. O bagaço de cana prensado e a torta de mamona são materiais de oferta abundante em Januária-MG e em diversas outras regiões do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de compostagem da mistura de bagaço de cana com torta de mamona e verificar o desempenho do composto obtido na produção de hortaliças cultivadas em sistema orgânico. A compostagem foi realizada com diferentes proporções entre bagaço prensado e bagaço moído, acrescido de torta de mamona, avaliando-se diversas características ao longo dos 120 dias de duração do processo. Em segunda etapa foi avaliado o desempenho dos compostos obtidos como substratos utilizados na produção de mudas de alface, beterraba e tomate, comparados com um substrato comercial. Também foi avaliado o desempenho dos compostos como fertilizante para a produção de alface e de beterraba, utilizando-se como referência uma testemunha absoluta e o esterco bovino. Observou-se que diferentes proporções entre bagaço prensado e bagaço moído não modificam significativamente a eficiência do processo de compostagem e as características do composto obtido. Os substratos obtidos por meio da compostagem da mistura de bagaço de cana com torta de mamona proporcionou a produção de mudas de boa qualidade, superiores às mudas obtidas com o substrato comercial. O composto orgânico obtido com a mistura de bagaço de cana com torta de mamona substituiu o esterco bovino na adubação de base de alface e de beterraba em sistema orgânico de produção. A utilização de bagaço de cana e de torta de mamona é tecnicamente viável para obtenção de substratos e fertilizantes orgânicos.

Palavras-chaves: Hortaliças, Matéria Orgânica, Resíduos.

ABSTRACT

LIMA, Jonas Torres. **Obtaining Fertilizers and Organic Substrates from the Composting of Cane Bagasse more Castor Cake and Its Use in the Production of Some Vegetables.** 2014. 60p. Dissertation (Master in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2014.

Composting of organic wastes locally available is an alternative to meet the growing demand for fertilizers and organic substrates. The pressed cane bagasse and castor cake are materials abundant supplied in the region of Januária-MG and in several other regions of Brazil. The objective of this study was to evaluate the composting process of mixing bagasse with castor cake and verify the performance of the product from the production of vegetables grown in the organic system. Composting was carried out with different ratios pressed pomace and crushed grape marc plus castor bean, evaluating various characteristics during the 120 days of process duration. In the second stage we evaluated the performance of the obtained compounds used as substrates in the production of lettuce, beetroot and tomato, compared with a commercial substrate. We also assessed the performance of the compounds as fertilizer for the production of lettuce and beets, using as reference an absolute control and cattle manure. It was observed that different proportions of ground and pressed bagasse pulp do not significantly alter the efficiency of the composting process and characteristics of the obtained compound. The substrates obtained by mixing compost bagasse with castor bean provided the seedlings of good quality, superior to seedlings obtained with the commercial substrate. The organic compound obtained with a mixture of sugarcane bagasse with castor bean replaced manure in the fertilizer lettuce and beetroot in organic production system. The use of bagasse and castor bean is technically feasible to obtain substrates and organic fertilizers.

Keywords: Vegetables, Organic Matter, Waste

LISTAS DE TABELAS E FIGURAS

TABELAS

1. Análise química do bagaço de cana e da torta de mamona.....	14
2. Teores de nutrientes dos fertilizantes orgânicos usados nos experimentos de produção de hortaliças, IFNMG, 2013.....	20
3. Resumo da análise de variância dos dados experimental conduzido em esquema de parcela dividida, com o tipo de composto orgânico na parcela e a época de amostragem na sub-parcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e o coeficiente de variação nas parcelas e nas sub-parcelas.....	22
4. Valores das características avaliadas observados ao final do processo de compostagem (120 dias) em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM).....	23
5. Teores de Ca, Mg, P e K observados no início da compostagem e aos 120 dias de incubação em pilhas de composto contento diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM). Média de três repetições \pm erro padrão.....	32
6. Granulometria de compostos com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) após 120 dias de incubação. Média de três repetições \pm erro padrão.....	33
7. Valores de pH, condutividade elétrica (CE), emissão de CO ₂ e emissão de NH ₃ observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	34
8. Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	34
9 Teores disponíveis de Al e macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	35
10. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade, macroporosidade, e capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	35
11. Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.....	36
12. Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.....	37

13. Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de tomate produzido com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.....	39
14. Estabilidade do torrão para mudas de alface, beterraba e tomate produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.....	40
15. Massa fresca, massa seca, diâmetro da cabeça, número de folhas e teor de matéria seca de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.....	41
16. Massa fresca de raiz, massa seca de raiz, diâmetro de raiz, teor de matéria seca de raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.....	42
17. Massa fresca de folhas, massa seca de folhas, número de folhas, teor de matéria seca de folhas de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.....	43

FIGURAS

1. Temperaturas observadas em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM)(média de três repetições \pm erro padrão). As linhas verticais no interior do gráfico indicam as datas em que ocorreram revolvimentos nos compostos.....	24
2. Valores de densidade (base seca) observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	25
3. Valores de pH observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	26
4. Valores de condutividade elétrica observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	27
5. Teores de N observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).	28
6. Relações C:N dos composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	29
7. Proporção do volume inicial das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM).....	30
8. Proporção da massa inicial das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	31
9. Proporção do conteúdo inicial de N das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).....	32

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1- Importância do Uso de Fertilizantes e Substratos Orgânicos na Produção Orgânica de Hortaliças.....	3
2.2- Resíduos e Subprodutos de Natureza Orgânica	3
2.3- O Processo de Compostagem	4
2.4- Fatores que Influenciam o Processo de Compostagem	7
2.5- Uso do Composto	9
2.6- Materiais Utilizados para Compostagem	10
2.6.1- Bagaço de cana de açúcar.....	11
2.6.2- Torta de mamona.....	12
2.7- Cultivo de Hortaliças.....	12
2.8- Produção de Mudas	13
3- MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1- Experimento de Compostagem	14
3.2- Experimentos de Produção de Mudas	16
3.2.1- Caracterização dos substratos.....	16
3.2.2- Produção e avaliação das mudas	18
3.3- Experimentos de Produção de Hortaliças.....	19
3.3.1- Experimento de alface	20
3.3.2- Experimento de beterraba	21
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1- Experimento de Compostagem	22
4.2 Experimentos de Produção de Mudas	33
4.2.1 – Caracterização dos substratos	33
4.2.2- Mudas de alface.....	35
4.2.3- Mudas de beterraba	37
4.2.4- Mudas de tomate	38
4.2.5- Estabilidade do torrão para as mudas de alface, beterraba e tomate	39
4.3- Experimentos de Produção de Hortaliças.....	40
4.3.1- Experimento de alface	40
4.3.2- Experimento beterraba	42
5- CONCLUSÕES	44
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1- INTRODUÇÃO

Fertilizantes orgânicos e substratos são muito utilizados em paisagismo e na produção agrícola. A expansão da agricultura orgânica também tem contribuído para a crescente demanda por insumos orgânicos devidamente certificados. A produção de hortaliças tem se destacado dentro da agricultura orgânica por sua elevada demanda por fertilizantes e substratos orgânicos em função do uso intensivo destes insumos. A utilização do esterco bovino e da cama de aviário, que são adubos orgânicos tradicionalmente utilizados, tem sido dificultada devido ao elevado custo destes produtos e às crescentes restrições para sua utilização “in natura”.

Por outro lado, é crescente a produção de resíduos e subprodutos de natureza orgânica procedentes do ambiente urbano e das atividades agropecuária e industrial, cuja destinação adequada é necessária para que não acarretem problemas ambientais. É necessário reciclar estas matérias visando manter a sustentabilidade de nosso modelo de produção e de consumo de alimentos e matérias-primas originários da agropecuária. A legislação brasileira que dispõe sobre os resíduos orgânicos deixa claro que há a necessidade de reciclar e reaproveitar esses resíduos, dando-os um destino adequado. No entanto, grande parte deste material precisa passar por um tratamento prévio, a fim de adequá-los para uso agrícola. Além disto, a agricultura orgânica restringe o uso de resíduos orgânicos oriundos de sistemas de produção não certificados.

O processo de compostagem é uma alternativa de adequação de resíduos e subprodutos de natureza orgânica para o uso agrícola. A compostagem é uma técnica que visa acelerar e direcionar a decomposição de materiais orgânicos que ocorre espontaneamente na natureza. Os procedimentos utilizados reproduzem as condições ideais para aumentar a eficiência do processo de compostagem e produzir materiais orgânicos humificados, ricos em nutrientes e isentos de contaminação química e biológica. O processo de compostagem geralmente requer a mistura de materiais pobres em nitrogênio (N), como palhada de capins e bagaço de cana, com materiais ricos em N, como esterco e tortas.

A torta de mamona é um subproduto da extração do óleo de mamona que pode ser utilizado na compostagem, pois é muito rico em N e também é um material de fácil transporte, armazenamento e aplicação. O bagaço de cana é um resíduo muito promissor para ser utilizado como matéria-prima pobre em N no processo de compostagem, por ser um material abundante e de fácil aquisição. Entretanto, o bagaço de cana prensado é um material

muito grosseiro quanto a dimensão de suas partículas, que promove grande circulação de ar quando empilhado, o que dificulta a manutenção da umidade das pilhas de composto no nível ideal para os processos de decomposição. A trituração do bagaço prensado, visando facilitar o processo de compostagem, representa um aumento de custo que pode inviabilizar sua utilização. Uma alternativa pode ser o uso do bagaço prensado misturado com pequenas proporções de bagaço de cana moído, visando reduzir a aeração das pilhas de composto.

Para se produzir composto orgânico de qualidade e de baixo custo é necessário utilizar as matérias-primas disponíveis na propriedade ou em seu entorno. Na região do norte de Minas Gerais, onde está localizado o Município de Januária, local da realização dos experimentos desta dissertação, o bagaço de cana-de-açúcar é um material abundante, resultante da produção de cachaça e rapadura, e que na maioria das vezes é descartado em pátios e depois queimado. Destaca-se que o bagaço de cana prensado pode ser obtido em todo país, em locais de venda de caldo de cana. A torta de mamona também é um material disponível na região devido à presença de indústria de extração do óleo de mamona. A torta mamona é muito utilizada na produção de hortaliças, sendo comercializada em diversas regiões. Isto faz com que a tecnologia de obtenção de fertilizantes e substratos orgânicos a partir da compostagem de bagaço de cana e torta de mamona seja aplicável em diversas regiões do país.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de compostagem da mistura de bagaço de cana e torta de mamona, com diferentes proporções entre bagaço prensado e bagaço moído, e verificar o desempenho dos compostos obtidos, na sua utilização como substratos para produção de mudas de hortaliças e como fertilizante orgânico para a produção de hortaliças.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Importância do Uso de Fertilizantes e Substratos Orgânicos na Produção Orgânica de Hortaliças

O uso de fertilizantes e substratos orgânicos na produção de hortaliças cresceu muito nos últimos anos, principalmente dentro dos sistemas orgânicos de produção. O uso de adubos orgânicos na forma de composto orgânico ajuda a manter as características produtivas do solo, dando condições para se ter um ambiente equilibrado e contribuindo para produzir alimentos orgânicos de alta qualidade.

De acordo a legislação brasileira que dispõe sobre a agricultura orgânica, é importante manter ou incrementar a fertilidade do solo a longo prazo, e ter como base recursos renováveis e organização local (BRASIL, 2003). Daí a importância do uso de substratos e fertilizantes orgânicos obtidos a partir de materiais localmente disponíveis e de fácil aquisição.

Segundo Leal et al. (2007), a viabilidade econômica da obtenção de adubos orgânicos e substratos através da compostagem está intimamente relacionada à utilização de matérias-primas abundantes, de custo competitivo e com reduzidos níveis de contaminação química e biológica. Segundo esses critérios, o bagaço de cana e a torta de mamona se identificam como materiais de origem vegetal muito promissores para serem utilizados como matéria-prima na compostagem.

2.2- Resíduos e Subprodutos de Natureza Orgânica

De acordo com NBR 10004 de 1987, resíduos sólidos são oriundos das atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ainda há incluído nesta definição lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível (ABNT, 1987).

Segundo Duarte e Queda (2005), os resíduos biodegradáveis são definidos como sendo materiais cuja composição é orgânica e que podem ser degradados por processos bioenergéticos aeróbios ou anaeróbios. Esta definição abrange outros tipos de resíduos biodegradáveis que não sejam apenas de origem urbana, como por exemplo, os resíduos agrícolas, florestais, agroindustriais, pecuários, de pesca e aqüicultura e relacionados.

A legislação que dispõe sobre a Agricultura Orgânica, lei federal nº 10.831/03, deixa bem claro que uma das finalidades do sistema de produção orgânico é a reciclagem de resíduos, dando um destino adequado e reduzindo o uso de recursos não renováveis (BRASIL, 2003).

Estudos feitos pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) apontam que os impactos ambientais causados pelos resíduos do setor agrosilvopastoril podem ser positivos, como nos casos desses resíduos serem utilizados como adubo orgânico ou como fonte de energia renovável. Entretanto, caso os resíduos não sejam bem manejados, tratados e dispostos, eles podem gerar impactos ambientais negativos, provocando contaminação do solo, da água e do ar, comprometendo à saúde humana e dos ecossistemas, além de custos à saúde pública, que em longo prazo podem inviabilizar a continuidade destas atividades.

A redução ou o aproveitamento de resíduos oriundo de fontes agrícolas está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que institui a disposição adequada dos resíduos sólidos das diversas fontes produtoras com o objetivo da reciclagem/reaproveitamento, sendo toda a cadeia produtiva responsável pelo destino correto do mesmo (BRASIL, 2010). Uma das formas de aproveitamento dos resíduos é a disposição no solo, no entanto, é necessário que esteja bioestabilizado, de modo que os componentes dos resíduos não excedam a capacidade do solo para absorvê-los e armazená-los, evitando-se, assim, impactos negativos (IPEA, 2012).

A disposição de matéria orgânica no solo aporta nutrientes e aumenta a diversidade de microrganismos, proporcionando a ciclagem de nutrientes e a redução dos custos com a compra de fertilizantes químicos, entre outros benefícios ao meio ambiente (LUCON e CHAVES, 2004).

2.3- O Processo de Compostagem

Segundo Magalhães et al. (2006), a compostagem é um processo biológico, aeróbio, controlado, por meio do qual se acelera a humificação do material orgânico, obtendo-se o composto orgânico como produto final. Para Oliveira et al. (2005), a compostagem é um processo que pode ser usado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em adubo, que quando adicionado ao solo, melhora sua estrutura e suas características físicas, físico-químicas e biológicas.

De acordo com Oliveira (2010), a compostagem é um processo aeróbio controlado, em que diversos microrganismos são responsáveis, numa primeira fase, por transformações

bioquímicas na massa dos resíduos, promovendo a higienização do material, ou seja, eliminação de organismos patogênicos, ovos de helmintos e outros agentes causadores ou transmissores de doenças, tornando assim o uso do composto mais seguro.

O processo de compostagem se divide basicamente em duas fases distintas, onde na primeira ocorre a degradação ativa do material e, na segunda, maturação do material orgânico, e formação do composto já pronto para o uso (MATOS et al., 1998). Quando ocorrem as condições ideais e necessárias para o processo de compostagem, há um aumento da temperatura no interior do composto devido à intensa atividade microbiana atuando no material (LEAL, 2006). Para ocorrer uma boa decomposição do material, é importante estar atento para a relação C:N e equilibrá-la, uma vez que relação C:N muito baixa induz grandes perdas de N por meio da volatilização de amônia. No caso da relação C:N ser elevada, o processo de compostagem será muito lento e o produto obtido terá teor de N muito reduzido.

O processo de compostagem, na maioria das vezes, ocorre por meio de decomposição aeróbia, sem que ocorra compactação da massa a ser decomposta e sem encharcamento (NUNES, 2009). Neste processo, ocorre a elevação de temperatura muito acima da temperatura ambiente, podendo chegar a 70°C. Em alguns casos pode ocorrer decomposição anaeróbia durante a compostagem, e isso acontece quando pilhas são montadas com grande volume, umidade elevada e não se realizam revolvimentos suficientes.

A técnica de compostagem, quando bem manejada, alcança diversos objetivos, principalmente a obtenção do produto pronto, no caso o composto. Essa técnica também tem como objetivo dar destino ambientalmente correto para os diversos tipos de resíduos. Como resultado do processo de compostagem, se obtém um produto de alta qualidade para uso como substrato e/ou fertilizante orgânico, isento de sementes de plantas daninhas, com boa estabilização para ser usado de forma imediata, higienizado em função das altas temperaturas ocorridas durante a compostagem.

O uso de composto orgânico permite melhorar a fertilidade, sendo um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, aumentando a capacidade de retenção de água e a macroporosidade do solo; nas químicas, aumentando os macro e micronutrientes disponíveis; físico-químicas, aumentando a capacidade de troca catiônica e, nas biológicas, estimulando a proliferação de microrganismos úteis (MATOS et al., 1998; FEBRER, 2002). No entanto, vale lembrar que a quantidade de nutrientes presentes no composto depende dos materiais que foram usados como matéria-prima.

A compostagem vem sendo uma alternativa viável para sistemas de produção orgânica, em razão de sua elevada qualidade nutricional e biológica (ROSA, 2009). De acordo com Oliveira et al. (2004), a adição de matéria orgânica no solo eleva a sua capacidade de troca catiônica, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, o pH e a saturação por bases, e permite obter um elevado grau de fertilidade dos solos.

De acordo com Leal (2006), o processo de compostagem pode ser utilizado para aumentar a estabilidade de diversos materiais, sendo que o grau de estabilidade alcançado está relacionado com a matéria-prima utilizada, a velocidade de decomposição e a duração da compostagem. O objetivo inicial da compostagem é o aproveitamento dos resíduos oriundos de atividades agropecuárias e/ou industriais, gerando, por consequência, o composto como produto final. Segundo Ricci et al. (2006), um dos principais objetivos da compostagem é melhorar as propriedades do solo, principalmente nos aspectos de fertilidade, estrutura, poder tampão, aumento da capacidade de troca catiônica, retenção de água e diminuição da temperatura. Sabe-se que o benefício da matéria orgânica no solo com a adição do composto não é apenas fornecer nutrientes para as plantas, mas, principalmente, de condicionador, para melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas (OLIVEIRA et al., 2004).

No processo de compostagem diversos métodos são utilizados, indo do mais simples, com processo lento e de baixo custo, aos métodos mais complexos, rápidos, porém de custo elevado. De acordo com Schaub & Leonard (1996), citados por Leal (2006), os principais métodos de compostagem são:

- Pilhas estáticas: neste processo, o material é acondicionado em pilhas estáticas e a aeração ocorre devido ao fluxo do ar. O processo é de baixo custo, porém mais lento devido à desuniformidade da decomposição, resultando em um composto de menor qualidade.
- Pilhas aeradas: neste caso, o material é colocado em pilhas e a aeração pode ocorrer de duas formas: por meio de revolvimento periódico das pilhas ou por meio de bombeamento de ar no interior das pilhas. Com isso, é possível controlar a temperatura, evitando a decomposição anaeróbia, além da melhor uniformização do material.
- Reatores: neste método, o material é colocado em ambientes que promovem ótimas condições para acelerar a decomposição do material. Os reatores possuem meios de controle da irrigação, revolvimento e aeração do material. A desvantagem desse método é o alto custo de implantação e manutenção.

2.4- Fatores que Influenciam o Processo de Compostagem

Alguns fatores são de fundamental importância para o bom desempenho do processo de compostagem. Segundo Kiehl (1985) o tempo necessário para ocorrer o processo de compostagem de resíduos orgânicos depende da relação C:N, do teor de N da matéria-prima, das dimensões das partículas, da aeração da leira, do número de revolvimentos e do teor de umidade, fatores estes que influenciam a temperatura da leira.

Os principais fatores descritos na literatura que interferem no processo de compostagem são temperatura, pH, umidade, relação C:N e tamanho dos fragmentos.

O processo de compostagem é resultado da ação dos microorganismos e quando ocorrem as condições necessárias, a atividade microbiana provoca o aumento da temperatura no interior do composto (Leal, 2006). No início da compostagem há ocorrência de bactérias mesofílicas com faixa ótima de temperatura entre 20 e 50 °C. Essas bactérias são as principais responsáveis pela decomposição. É nesta etapa que ocorre a elevação da temperatura, podendo chegar aos 75 °C (ROSA, 2009), em fase conhecida como termofílica. Alta temperatura durante a fase termofílica é extremamente importante para que a população de bactérias patogênicas, sementes de plantas invasoras e outros organismos indesejáveis se reduzam para níveis aceitáveis (LEAL, 2006). Para que isto ocorra de forma eficiente, a temperatura do composto deve se manter acima de 55 °C por 3 a 15 dias, dependendo do método de compostagem utilizado (SHARMA et al., 1997). Para Lourenço et al. (2009), manter a temperatura entre 45 e 55 °C promove uma melhor eficiência na degradação e na eliminação de microorganismos patogênicos que podem estar presente no material.

O pH é outra característica importante no processo de compostagem, e em condições aeróbicas ocorre sua elevação na massa em decomposição. Inicialmente, o material produzido pode tornar-se mais ácido (pH entre 5,0 e 6,0), devido a formação de ácidos minerais e gás carbônico. Estes compostos desaparecem em seguida, dando lugar aos ácidos orgânicos, que reagem com as bases liberadas da matéria orgânica, neutralizando e transformando o meio em alcalino, chegando a valores de pH entre 8,0 e 8,5 (BIDONE, 1999; BUSNELO, 2013).

Segundo Rodrigues et al. (2006), a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos que atuam no processo de compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH. No entanto, Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH que varia entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente

regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, produzindo subprodutos ácidos ou básicos conforme a necessidade do meio.

Em relação à umidade, o teor ótimo no composto está entre 50 e 60%, sendo que o ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água. Umidade acima de 65% faz com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a circulação de oxigênio, o que pode provocar reações anaeróbicas, decomposição lenta e até a lixiviação de nutrientes. A atividade biológica é inibida se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40%, bem como a velocidade de biodegradação do material (OLIVEIRA, 2010).

A relação C:N é um fator extremamente importante no processo de compostagem, os resíduos orgânicos com relação C:N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles com relação C:N maior. É recomendado pela literatura que a relação C:N inicial seja de cerca de 30:1. Quando a relação é muito superior a 30:1 o crescimento dos microrganismos é retardado pela falta de N, e conseqüentemente, a degradação da massa de compostagem é mais lenta. Contudo caso a relação C:N for muito baixa, o excesso de N acelera o processo de decomposição e cria áreas anaeróbicas (LEAL, 2006; OLIVEIRA, 2010). O excesso de N é liberado na forma de amônia, causando maus odores, além de perda de N (TEIXEIRA et al., 2004).

A granulometria, ou tamanho das partículas, interfere no processo de compostagem, pois a decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área de exposição aos microrganismos, acelerando o processo de decomposição (KIEHL, 1985). A granulometria do material também influencia a circulação do ar no interior da pilha, a temperatura e a umidade. Partículas muito pequenas ocupam o espaço poroso em que o ar deveria circular dificultando a respiração dos microrganismos, podendo em alguns casos gerar um ambiente de anaerobiose. Em pilhas com partículas muito grande ocorre o contrário: o ar circula facilmente no interior da pilha, reduzindo a temperatura por perda de calor e conseqüentemente diminuindo a umidade e reduzindo a taxa de decomposição do material. É interessante o uso de materiais com granulometria diferente a fim de evitar esses tipos de problemas.

2.5- Uso do Composto

Existem diversas marcas comerciais de substrato no mercado, mas na maioria das vezes, esses materiais não se enquadram dentro das exigências dos sistemas orgânicos de produção. Para a obtenção de mudas de alta qualidade é necessário o uso de substrato apropriado (BRITO, 2002). A principal propriedade de um substrato é oferecer um ambiente estável, com suprimento de água, oxigênio e sustentação para as plantas (CARLLILE, 1997) citado por (LEAL et al., 2009b). Segundo Filgueira (2000) um bom substrato não deve conter solo, devido ao risco da presença de fitopatógenos e sementes de plantas daninhas, e também devido à dificuldade que o solo geralmente causa na retirada da muda com torrão.

O composto é uma alternativa, pois pode atuar perfeitamente como substrato para a produção de mudas. Além disso, um dos princípios da agricultura orgânica é a independência de materiais externos à propriedade, tornando desejável o desenvolvimento de substratos a partir da compostagem de matérias-primas locais (RESENDE et al., 2007). De acordo com Grassi Filho e Santos (2004), diversos tipos de compostos podem ser utilizados como substratos para o cultivo de espécies vegetais. Entretanto, em algumas situações, pode ser interessante fazer a misturas destes materiais com o objetivo de alcançar as melhores condições químicas e físicas para o crescimento das plantas.

A adição de fontes minerais de elevada solubilidade para o enriquecimento do substrato aumenta a velocidade de disponibilização dos nutrientes. Porém, quando esse enriquecimento é feito com fertilizantes orgânicos, a disponibilidade dos nutrientes ocorre de forma gradual, favorecendo o desenvolvimento das plantas (LEAL et al., 2009b). É crescente a demanda por substratos de qualidade para atender a produção de mudas de hortaliças, principalmente para os sistemas orgânicos de produção. Segundo Leal et al., (2007), os compostos orgânicos podem atender plenamente esta demanda por substratos, principalmente em sistemas sob manejo orgânico, que impedem o uso de fertilizantes sintéticos de elevada solubilidade. Outra forma comum do uso do composto é sua aplicação como fertilizante orgânico nos diversos tipos de cultivos, sendo que de acordo com Lourenço et al. (2009), as principais vantagens com o uso da adubação orgânica são a aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), melhoria da agregação do solo, aumento da capacidade de retenção de água, maior estabilidade da temperatura e fornecimento de matéria orgânica, energia e nutrientes, oferecendo condições ideais para as plantas se desenvolverem. Segundo Primavesi (1986), quando se refere às vantagens dos adubos orgânicos em relação à adubação mineral, o

composto e o esterco curtido, dentre outros, são ideais para a fertilização orgânica, pois fornecem macro e micronutrientes que estão disponíveis na matéria orgânica.

O uso do composto como fertilizante para a adubação de base de hortaliças tem crescido significativamente, principalmente dentro da agricultura orgânica. De acordo com Leal et al. (2013), a compostagem de resíduos, subprodutos e outros materiais orgânicos é um processo que pode atender plenamente a crescente demanda por fertilizantes orgânicos.

A adubação com composto favorece o equilíbrio entre o solo e a planta, melhora a sincronia entre liberação de nutrientes e a sua absorção, favorecendo o desenvolvimento de plantas com melhor qualidade (LOURENÇO et al., 2009). Para Lourenço et al. (2013), a melhoria da qualidade é bastante relevante, e no caso de hortaliças que tem crescimento rápido, agrega alto valor nutricional, podendo ser valorizadas no mercado através da venda como produto orgânico. Ainda de acordo com os mesmos autores, o uso de composto como fertilizante orgânico fornece elementos nutritivos ao solo, como N, dentre outros nutrientes, mas também contribui com a melhoria da qualidade biológica dos solos.

Segundo Palm et al. (2001), o aporte das tradicionais fontes de MO no solo, como restos de culturas e dejetos animais estão diminuindo em vários sistemas agrícolas, pois os mesmos estão sendo usado para outros fins, como alimentação animal, produção de fibras ou produção de energia. Deste modo, para se evitar possíveis carências dos atuais fertilizantes utilizados na produção de hortaliças orgânicas, é preciso buscar alternativas para substituírem os esterco por insumos que possam ser produzidos próximos às áreas consumidoras.

A compostagem é uma técnica que permite o aumento da disponibilidade e da qualidade dos fertilizantes orgânicos, sendo a principal utilização dos compostos o uso como fertilizante orgânico, podendo atuar principalmente como condicionador de solo ou como fornecedor de nutrientes, dependendo das características do composto utilizado e das condições de aplicação ao solo (LEAL, 2006). No geral, o uso de compostos à base de resíduos orgânicos em atividades agrícolas é uma alternativa para aumentar a produtividade e reduzir o custo com fertilizantes (Kiehl, 1985), além de ser uma forma segura de deposição desses resíduos no ambiente (FIGUEIREDO e TANATAMI, 2010; OLIVEIRA et al., 2014).

2.6- Materiais Utilizados para Compostagem

Diversos são os materiais usados para o processo de compostagem, entre eles se destacam os materiais de origem vegetal, principalmente resíduos gerados na produção agrícola. Para seu uso na produção vegetal, os resíduos devem possuir baixo custo e serem de

fácil aquisição. Outro aspecto bastante relevante é dar a disposição correta aos resíduos, de forma a evitar danos ambientais. O crescimento e a regulamentação da agricultura orgânica, aumentaram a demanda de fertilizantes orgânicos. Com isso, os agricultores passaram a adotar técnicas viáveis para a obtenção de tais fertilizantes, sendo a compostagem um delas.

Normalmente, no processo de compostagem se usa materiais de origem animal, a exemplo de esterco, como fonte de N e materiais de origem vegetal, como resto de palhada, capim picado, bagaço de cana e outros, como fonte de C. No entanto, com o surgimento da regulamentação da agricultura orgânica, ficou definido que o uso de esterco animal só é permitido se compostado, e que a partir de dezembro de 2013 só pode se usar esterco oriundo de propriedades que adotassem o sistema orgânico de produção. Com isso, surge a dificuldade do produtor em ter a sua disposição esterco de origens orgânicas, e/ou ter que adquirir fertilizantes no mercado, onerando os seus custos.

A compostagem de materiais de origem vegetal surge como opção para atender a demanda de fertilizantes orgânicos e preencher a lacuna criada pela restrição da utilização de materiais de origem animal. Desde então, pesquisas com o uso de diferentes materiais de origem vegetal tem sido desenvolvidas no intuito de preencher essa lacuna visando eliminar a dependência do produtor no uso de matérias-primas de origem animal.

Leal (2006) trabalhando com algumas leguminosas como fonte de N e com capim elefante como fonte de C, obteve bons resultados na produção de hortaliças. Leal et al. (2011) estudando a compostagem de diferentes proporções da mistura de capim elefante com crotalária juncea, obteve resultados satisfatórios na produção de hortaliças. Leal et al. (2013), testando a compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N encontraram resultados positivos quando cultivaram hortaliças no sistema orgânico. Esses trabalhos mostram a importância de se usar materiais de origem vegetal, dando mais possibilidades aos produtores em produzir o seu próprio fertilizante. Os compostos pesquisados foram submetidos à análises de fertilidade e mostraram que os seus teores de nutrientes são iguais ou maiores que os fertilizantes orgânicos encontrados no mercado.

2.6.1- Bagaço de cana de açúcar

A cana de açúcar gera diversos produtos, como o açúcar, o álcool, o vinhoto e o bagaço (OLIVEIRA, 2010). O bagaço pode ser usado como matéria-prima para outras atividades industriais e também como adubo orgânico na agricultura (BRANDÃO, 2006). O

bagaço de cana, resíduo oriundo da moagem da cana de açúcar, é um material fibroso obtido após a extração do caldo. Ao sair da moenda, o bagaço tem aproximadamente 30% da massa da cana e umidade em torno de 50%. Esse bagaço, na maioria das vezes, é queimado, ou então destinado à coleta de lixo, gerando um problema ambiental.

O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar, com estimativa do total de cana moída na safra 2012/13 de 596,63 milhões de toneladas. Com essas estimativas, é previsto um total de 149,16 milhões de toneladas de bagaço de cana (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2012). Segundo Silva et al. (2007) o bagaço de cana é um dos resíduos agroindustriais gerados em maior quantidade no Brasil, aproximadamente 280 kg ton⁻¹ de cana moída (SILVA et al., 2007). Oliveira (2003) observou que é viável a utilização do bagaço de cana misturado com esterco bovino para processos de compostagem e vermicompostagem.

2.6.2- Torta de mamona

Segundo Fernandes et al. (2011), a torta de mamona é resultante do esmagamento da semente de mamona para extração do óleo, sendo utilizada como adubo orgânico, pois apresenta elevados teores de N, P e K. De acordo com Severino (2005), para cada tonelada de semente de mamona processada são gerados 530 kg de torta de mamona. Essa torta corresponde cerca de 55% do peso das sementes, com variação de acordo o teor de óleo das sementes e do processamento para extração do óleo (AZEVEDO e LIMA, 2001).

A torta de mamona, por ser um material com elevado teor de N, pode ser usado como fonte de N no processo de compostagem, substituindo os esterco de origem animais comumente utilizados. Leal et al. (2013) produziram adubos orgânicos estabilizados e com elevados teores de N por meio da compostagem da mistura de capim-elefante com torta de mamona, sem a necessidade de se utilizar qualquer inoculante ou aditivo.

2.7- Cultivo de Hortaliças

O cultivo de hortaliças exige um solo rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes. Para se obter maior produtividade, é necessário o uso de técnicas que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas do solo (LIMA, 2007). Para Souza et al. (2005), maiores produções podem ser obtidas a partir da melhoria das características químicas e físico-química do solo, proporcionadas pelo acréscimo de doses crescentes de compostos orgânicos.

2.8- Produção de Mudanças

A produção de mudas de alta qualidade é de fundamental importância para o sucesso do plantio, e constitui um fator extremamente importante para a obtenção de boas produtividades. Uma muda de alta qualidade, quando transplantada no campo, terá melhores condições de sobreviver e se desenvolver. No entanto, os cuidados com o manejo do viveiro, como irrigações, proteção sanitária e utilização de substratos, são de fundamental importância. No caso da alface, recomenda-se que as mudas sejam preparadas em bandejas de 128 células, que comportam maior volume de substrato, e que garantem a nutrição das mudas durante o período de viveiro (RESENDE et al., 2007).

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Experimento de Compostagem

O experimento de compostagem foi conduzido no setor de Agroecologia do IFNMG-Campus Januária, situado no Norte de Minas Gerais, a 473 m de altitude e coordenadas 15° 26'40" S (latitude) e 44° 22'13" W (longitude).

Este experimento teve início em 12 de dezembro de 2012 com duração de 120 dias. As matérias-primas utilizadas foram: bagaço de cana de açúcar prensado; bagaço de cana de açúcar triturado e torta de mamona. O bagaço de cana foi oriundo das atividades de produção de aguardente e de rapadura, sendo processado por meio da moagem em engenho de ferro movido à energia elétrica, passando pela moenda apenas uma vez. O bagaço triturado em pedaços de aproximadamente 2,0 cm, foi obtido do bagaço prensado passado por uma máquina picadeira/forageira com motor elétrico de 10 cv. A torta de mamona foi cedida pela empresa Petrovasf, uma usina de beneficiamento de grão de mamona para extração do óleo presente na região. Os teores de nutrientes dos materiais utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Teores de N, Ca, Mg, P e K do bagaço de cana e da torta de mamona.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- g kg ⁻¹ -----				
Bagaço de cana	3,15	0,96	0,46	0,43	2,63
Torta de mamona	56,40	4,23	4,43	8,86	10,25

Nos diferentes tratamentos, o material usado na montagem das pilhas foram os mesmos, porém com uma variação no percentual da granulometria do bagaço prensado, para verificar a interferência da utilização do bagaço moído no processo de compostagem. A relação C:N inicial da mistura foi definida em 35:1. Foram realizadas misturas de bagaço de cana prensado, bagaço de cana moído e torta de mamona para fins de definir os seguintes tratamentos:

- T1- 100% bagaço prensado (3.600 Litros) + torta de mamona (129 Litros).
- T2- 12,5% bagaço moído (350 Litros) e 87,5% bagaço prensado (3.150 Litros) + torta de mamona (129 litros).
- T3- 25% bagaço moído (900 Litros) e 75% bagaço prensado (2.700 litros) + torta de mamona (129 Litros).

- T4- 50% bagaço moído (1.800 Litros) e 50% bagaço prensado (1.800 Litros) + torta de mamona (129 Litros).

A proporção de cada material utilizado na montagem das pilhas foi calculada com base na massa seca. As pilhas foram montadas sobre um piso de concreto para evitar contato direto com o solo. Durante a montagem das pilhas, o material foi misturado de maneira uniforme. Após a montagem, as pilhas ficaram com as seguintes dimensões: 1,20 m de largura; 3,00 m de comprimento e 1,00 m de altura, totalizando um volume inicial de 3,6 m³. O material foi irrigado buscando uma boa distribuição da umidade. A irrigação das pilhas foi realizada sempre que amostragens semanais revelavam umidade abaixo de 50%.

O período total de incubação foi de 120 dias. Amostragens foram realizadas semanalmente para avaliação da temperatura das pilhas. Aos 0, 14, 30, 45, 60, 90 e 120 dias avaliaram-se pH, condutividade elétrica (CE), densidade e teores de N. Aos 30, 60, 90 e 120 dias avaliaram-se variação da massa e do volume em relação à massa e volume iniciais, e variação do conteúdo de N em relação ao conteúdo inicial, ocasião em que também foram realizados revolvimentos das pilhas. Aos 0 e 120 dias foram avaliados os teores de Ca, Mg, N, P e K.

Realizaram-se observações ou amostragens na metade da altura da pilha e em posições equidistantes das outras amostragens. A avaliação de temperatura foi realizada utilizando-se um termômetro de bulbo de mercúrio, inserido a 50 cm de profundidade. As amostras dos compostos foram retiradas e imediatamente divididas em duas sub amostras. Uma foi acondicionada em saco plástico e armazenada em freezer, para análise de pH e da CE. A outra, para análise dos teores de nutrientes, foi acondicionada em saco de papel, seca em estufa (> 72 h, 65 °C), e moída em moinho tipo Wiley.

O pH e a CE foram avaliados de acordo com a metodologia do MAPA (2007). A densidade em base seca foi medida a partir da coleta amostras do material fresco em recipiente de 1.000 ml. As análises dos teores de N, Ca, Mg, P e K foram realizadas no laboratório da Embrapa Agrobiologia, utilizando o procedimento operacional descrito por Silva (2009).

Ao final do experimento, os compostos obtidos tiveram suas granulometrias determinadas a partir do peneiramento sequencial de amostras em peneiras de arame com malha de 6,2 mm (peneira grande), 4,8 mm (peneira média) e 3,1 mm (peneira pequena). Após o período de incubação o composto foi seco, armazenado em sacos de ráfia e guardado em local seco para uso nos experimentos de mudas e de hortaliças.

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância do esquema parcela sub-dividida, com tratamento na parcela e época de amostragem na sub-parcela, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Foram apresentados os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores. O comportamento de cada tratamento ao longo do processo de compostagem foi apresentado por meio de gráficos ou tabelas contendo os valores médios e o erro padrão. Também foram apresentados os valores médios dos tratamentos ao final do processo de compostagem.

3.2- Experimentos de Produção de Mudanças

O experimento foi conduzido no setor de Agroecologia do IFNMG-Campus Januária, situado no Norte de Minas Gerais, a 473 m de altitude e coordenadas 15° 26'40" S (latitude) e 44° 22'13" W (longitude). O clima é do tipo Aw, caracterizado por uma estação seca durante o inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen (KOPPEN, 1948). O município de Januária apresenta fitogeografia de zona de transição Cerrado-Caatinga (LOMBARDI et al., 2005). A precipitação média anual é de 800 mm e a temperatura média anual é de 25,5° C, onde os meses de julho e outubro são o mais frio e quente respectivamente.

Os materiais testados foram os compostos produzidos no experimento de compostagem realizado anteriormente, utilizando-se como testemunha o substrato comercial Tropstrato HT®. Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram:

- T1-Testemunha, substrato comercial (Tropstrato HT®)
- T2- Composto de 100% bagaço de cana prensado + torta de mamona, enriquecido com 1% (v/v) de torta de mamona peneirada. (composto T1)
- T3-Composto de 12,5% bagaço triturado e 87,5% bagaço prensado + torta de mamona, enriquecido com 1% (v/v) de torta de mamona peneirada. (composto T2)
- T4-Composto de 25% bagaço triturado e 75% bagaço prensado + torta de mamona, enriquecido com 1% (v/v) de torta de mamona peneirada. (composto T3)
- T5-Composto de 50% bagaço triturado e 50% bagaço prensado + torta de mamona, enriquecido com 1% (v/v) de torta de mamona peneirada. (composto T4)

3.2.1- Caracterização dos substratos

Foi realizada uma detalhada caracterização dos substratos utilizados, avaliando-se pH, CE, emissões de CO₂ e de NH₃, teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, e

características físicas como densidade, porosidade de capacidade de retenção de água. A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH. A determinação das emissões de CO₂ e de NH₃ dos substratos foi feita por meio de incubação realizada em potes de 1000 mL, mantidos por 72 horas em temperatura de 30 °C, após 24 horas de pré incubação a temperatura ambiente. Foram utilizados de 20 g de amostra (massa seca) com 80 de umidade. Para fixar a amônia volatilizada utilizou-se 25 mL de solução de ácido bórico 1,0% contendo os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol, por serem empregados nas determinações de amônia pelo método de Kjeldhal. Para capturar o CO₂ evoluído, utilizou-se 25 mL de NaOH 1,0 mol.L⁻¹.

Aos potes contendo NaOH retirados da incubação, foram adicionados 2,0 mL de cloreto de bário 10% (m/v) para precipitação do carbonato. A quantidade de CO₂ emitida pela amostra foi determinada por meio da titulação do NaOH residual com HCl 0,5 mol L⁻¹ padronizado, usando fenolftaleína 1,0% como indicador, observando-se o ponto final da titulação pela viragem de rosa para incolor. A quantidade de CO₂ emitida foi calculada por meio da seguinte equação: $CO_2 = ((Vb - Va) \times M \times 22 \times 1000) / (Ps \times Ti)$, onde: CO₂ = gás carbônico emitido (mg g⁻¹ dia⁻¹); Vb (mL) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle (branco), Va (mL) = volume gasto na titulação da amostra, M = molaridade exata do HCl, Ps (g) = massa seca da amostra e Ti = tempo de incubação (dias).

Nos frascos contendo ácido bórico, as amostras que promoveram alteração da coloração da solução de lilás (solução de ácido bórico 1,0% antes da incubação) para verde até o final da incubação evidenciaram a ocorrência de emissão de NH₃, a qual reage com o ácido bórico causando a elevação do pH da solução. A determinação da quantidade de NH₃ fixada na solução de ácido bórico foi realizada por meio de titulação do ácido residual com solução padrão de H₂SO₄ 0,025 mol.L⁻¹. A quantidade de NH₃ emitida foi calculada por meio da seguinte equação: $A = ((V \times N \times 17) / Ms) / Ti$, sendo: A = NH₃ emitida (mg g⁻¹ dia⁻¹), V = volume do H₂SO₄ utilizado na titulação (ml), N = normalidade do H₂SO₄, Ms (g) = massa seca da amostra e Ti = tempo de incubação (dias).

Os teores totais de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por SILVA et al. (2009). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meios de extração. Para Ca e Mg utilizou-se solução extratora de KCl 1,0 M e para K e P utilizou-se solução extratora Mehlich 1, conforme descrito por SILVA et al. (2009). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M. Os valores de

teores de nutrientes totais e disponíveis foram apresentados com base no volume, pois se trata de substratos. Os valores de nutrientes totais, que são calculados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade baseada no volume (mg L^{-1}) utilizando-se os valores de densidade aparente.

A densidade aparente e a densidade de partícula dos substratos foram calculadas a partir de amostras com volume de 100 ml. Os valores de porosidade total, microporosidade, macroporosidade e capacidade de retenção de água foram calculados pelo método da mesa de tensão, utilizando anéis metálicos de 100 ml e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita por EMBRAPA, (1997).

3.2.2- Produção e avaliação das mudas

Optou-se por usar três espécies indicadoras: alface (folhosa) cultivar “Veneranda”, beterraba (raiz) cultivar “Top Early Wonder” e tomate (hortaliça de fruto) cultivar “Santa Clara”. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno (ISOPOR) expandido com 128 células abrigadas em casa de vegetação. Cada tratamento utilizou uma bandeja, sendo que cada repetição constituiu três linhas da bandeja. As bandejas foram trocadas de lugar duas vezes por semana, para reduzir influências locais.

A semeadura das hortaliças foi realizada em 10 de outubro de 2013 e as avaliações ocorreram 33 dias após a semeadura. As avaliações foram realizadas em dez plântulas por parcela. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca, produção de massa seca, teor de matéria seca da parte aérea. A altura da muda foi considerada pela distância entre o colo da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua milimetrada.

Para a determinação da massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, as mudas foram retiradas das células, seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea da parte radicular. O sistema radicular foi lavado em água corrente, retirando-se qualquer resíduo de substrato eventualmente aderido. A parte aérea e raízes foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão com duas casas decimais. A massa seca foi medida após o material ser desidratado em estufa de circulação forçada, mantida a 65°C até atingir o massa constante.

A estabilidade dos torrões foi realizada ao final do experimento, avaliando-se 4 mudas por parcela. Foram atribuídas notas de 1 a 4, de acordo com a permanência do torrão no

recipiente. A nota 1 corresponde ao substrato com mais baixa estabilidade e a nota 4 àquele de melhor estabilidade, conforme descrito a seguir:

- Nota 1: Baixa estabilidade, acima de 50% do torrão fica retido no recipiente, e o torrão não permanece coeso.
- Nota 2: Entre 10% e 30% do torrão fica retido no recipiente, sendo que o torrão não permanece coeso.
- Nota 3: O torrão se destaca do recipiente, porém não permanece coeso.
- Nota 4: Todo o torrão é destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância em delineamento inteiramente casualizados com quatro repetições e teste de média, utilizando o programa estatístico SAEG (FUNARBE, 2007).

3.3- Experimentos de Produção de Hortaliças

Foram realizados experimentos de produção de alface e de beterraba, conduzidos em sistema orgânico de produção. Estes experimentos foram realizados no setor de Agroecologia do IFNMG-Campus Januária, situado no Norte de Minas Gerais, a 473 m de altitude e coordenadas 15° 26'40" S (latitude) e 44° 22'13" W (longitude). O clima é do tipo Aw, caracterizado por uma estação seca durante o inverno, de acordo classificação climática de Köppen (KOPPEN, 1948). O município de Januária apresenta fitogeografia de zona de transição Cerrado-Caatinga (LOMBARDI et al., 2005). A precipitação média anual é de 800 mm e a temperatura média anual é de 25,5° C, onde os meses de julho e outubro são o mais frio e quente respectivamente.

Análise de fertilidade do solo da área utilizada na condução dos experimentos, na camada superficial de 0:20 cm de profundidade, revelou os seguintes resultados: 74 % de areia; 20 % de silte e 6 % de argila; textura franco arenosa, pH em água 7,32; Al, Ca+Mg, Ca e Mg iguais a 0,00; 2,46; 2,16 e 0,30 cmolc.dm⁻³, respectivamente; 20,81 e 32 mg dm⁻³ de P e K respectivamente; C-orgânico igual a 0,30 %. Estas análises foram realizadas seguindo as normas da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

Utilizou-se o composto com 25% bagaço de cana triturado + 75% de bagaço de cana prensado misturado com torta de mamona. A escolha do uso desse composto se deu em função de ter sido o tratamento com maior facilidade de manejo durante o processo de compostagem no tocante a confecção, manutenção de umidade, temperatura e granulometria.

Como referência foi utilizada uma testemunha absoluta, sem qualquer adubação, e outro tratamento com o esterco bovino, fertilizante tradicionalmente utilizado na região. Avaliou-se também a realização de adubação de cobertura com torta de mamona.

Os tratamentos utilizados foram:

- T1 testemunha absoluta
- T2 adubação de plantio com esterco bovino curtido + adubação de cobertura com 100 g de torta de mamona (massa seca) por parcela;
- T3 adubação de plantio com composto orgânico T3 do experimento anterior (25% bagaço triturado e 75% bagaço prensado + torta de mamona);
- T4 adubação de plantio com composto orgânico T3 do experimento anterior (25% bagaço triturado e 75% bagaço prensado + torta de mamona) + adubação de cobertura com 100 g de torta de mamona (massa seca) por parcela.

A Tabela 2 apresenta os teores de macronutrientes dos materiais utilizados como fertilizantes orgânicos.

Tabela 2: Teores de nutrientes dos fertilizantes orgânicos usados nos experimentos de produção de hortaliças, IFNMG, 2013.

	N	Ca	Mg	K	P
	----- g kg ⁻¹ -----				
Esterco bovino	8,10	8,75	1,90	3,50	1,96
Composto orgânico	25,20	11,80	5,23	9,08	6,82
Torta de mamona	56,40	4,23	4,43	10,25	8,86

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e teste de média, utilizando o programa estatístico SAEG (FUNARBE, 2007).

3.3.1- Experimento de alface

Este experimento foi iniciado em 18 de julho de 2013 com o semeio de alface cultivar “Veneranda” em bandejas de 128 células. Aos 25 dias após o semeio, as mudas foram plantadas em canteiros com 1,20 m de largura por 1,00 m de comprimento. Cada parcela foi constituída por 16 plantas, distribuídas por 4 linhas e espaçadas de 0,25 m entre plantas. Para

avaliação, foram utilizadas 8 plantas das linhas centrais. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com 4 repetições.

Neste experimento, fixou-se a quantidade de massa seca dos fertilizantes orgânicos em 3000 kg ha⁻¹ para cada tratamento, exceto na testemunha absoluta, em única aplicação, distribuída a lanço e incorporada antes do plantio das mudas. A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após o transplante das mudas submetidas aos tratamentos 2 e 4, utilizando-se 100 g de massa seca de torta de mamona, distribuídos nas entrelinhas de maneira uniforme.

A colheita da alface foi realizada aos 59 dias após o plantio. As características avaliadas foram: produção de massa fresca da parte aérea, produção de massa seca da parte aérea, teor de matéria seca da parte aérea, número de folhas na colheita e diâmetro das plantas.

3.3.2- Experimento de beterraba

Este experimento iniciou em 15 de agosto de 2013 com semeio de beterraba cultivar “Top Early Wonder” em canteiros com 1,20 m de largura por 1,00 m de comprimento. Cada parcela foi constituída por 32 plantas, distribuídas por 4 linhas transversais ao canteiro e espaçadas de 0,25 m entre si. Para as avaliações foram utilizadas 8 plantas das linhas centrais. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos testados foram os mesmos do experimento com alface (seção 3.2).

Neste experimento, fixou-se a quantidade de massa seca dos fertilizantes orgânicos em 3000 kg ha⁻¹ para cada tratamento, exceto na testemunha absoluta, em única aplicação, distribuída a lanço e incorporada antes do plantio das mudas. A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após o transplante das mudas submetidas aos tratamentos 2 e 4, utilizando-se 100 g de massa seca de torta de mamona, distribuídos nas entrelinhas de maneira uniforme.

A colheita da beterraba foi realizada aos 69 dias após o plantio. As características avaliadas foram: produção de massa fresca da parte aérea e seca da parte aérea, teor de matéria seca da parte aérea, produção de massa fresca e seca da raiz, teor de matéria seca da raiz, diâmetro da raiz e número de folhas.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Experimento de Compostagem

Os efeitos da época de avaliação, dos tratamentos e da interação entre estes fatores sobre as diversas características avaliadas ao longo do processo de compostagem estão apresentados na Tabela 3. Os valores de temperatura, densidade, pH, teor de N e relação C:N foram influenciados significativamente por épocas de amostragem e pelo tipo de composto orgânico testado. As características condutividade elétrica (CE), e variação da massa e do conteúdo de N foram influenciados apenas pelas épocas de amostragem.

Tabela 3: Resumo da análise de variância do experimento de compostagem conduzido em esquema de parcela dividida, com o tipo de composto orgânico na parcela e a época de amostragem na sub-parcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e o coeficiente de variação (CV) nas parcelas e nas sub-parcelas.

Variáveis dependentes	Nível de significância			CV (%)	
	Época	Tratamento	Interação	Parc.	Sub-Parc.
Temperatura	0,0000 ***	0,0362*	0,0002 ***	4,04	3,66
Densidade Seca	0,0000 ***	0,0006 ***	0,0037 **	6,06	8,73
pH	0,0000 ***	0,0099 **	0,0001***	2,41	2,52
CE	0,0000 ***	0,4511 ns	0,0001 ***	11,82	11,11
Nitrogênio	0,0000 ***	0,0046 **	0,0631ns	7,44	12,83
Relação C:N	0,0000 ***	0,0131**	0,0371*	13,49	20,94
Proporção da massa inicial (%)	0,0000 ***	0,1973ns	0,5015ns	10,08	11,72
Proporção do N inicial (%)*	0,0000 ***	0,1556ns	0,7354ns	16,91	13,14

***, ** e *, significativos, respectivamente, aos níveis de 0,1; 1,0; e 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott

Ao final de 120 dias de compostagem, os valores das características densidade; pH; N; relação C:N; proporção da massa inicial; proporção do volume inicial e proporção de N inicial não diferiram significativamente em função dos tipos de compostos avaliados (Tabela 4). Nos compostos à base de 12,5 % de bagaço moído mais 87,5 % de bagaço prensado; e de 50 % de bagaço moído mais 50 % de bagaço prensado, os valores de condutividade elétrica superaram significativamente os valores determinados nos demais tratamentos.

Tabela 4: Características avaliadas ao final do processo de compostagem (120 dias) em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM).

CARACTERÍSTICAS	100 BP	12,5 BM + 87,5 BP	25 BM + 75 BP	50 BM + 50 BP
Densidade (g massa seca dm ⁻³)	86,05 a	81,98 a	80,90 a	84,67 a
pH	7,11 a	7,19 a	6,83 a	6,99 a
Condutividade Elétrica (µS cm ⁻¹)	1267 a	1061 b	1000 b	1474 a
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	22,4 a	25,1 a	25,2 a	22,6 a
Relação C:N	23,70 a	21,12 a	21,00 a	23,45 a
Proporção da massa inicial (%)	25,08 a	23,89 a	23,66 a	29,49 a
Proporção do volume inicial (%)	16,67 a	16,72 a	15,88 a	16,91 a
Proporção do N inicial (%)	42,61 a	45,56 a	45,35 a	50,62 a

Média seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A Figura 1 apresenta os valores de temperatura ao longo da compostagem. Observa-se que a temperatura no interior das pilhas se manteve acima da temperatura ambiente praticamente durante todo o processo de compostagem, o que é um indicativo de elevada atividade microbiana. Os valores mais elevados de temperatura, acima de 50° C, ocorreram nos primeiros 15 dias de incubação, em todos os tipos de compostos testados. Embora a variação da temperatura em função dos diferentes compostos orgânicos testados tenha sido estatisticamente significativa, as magnitudes das diferenças foram muito pequenas.

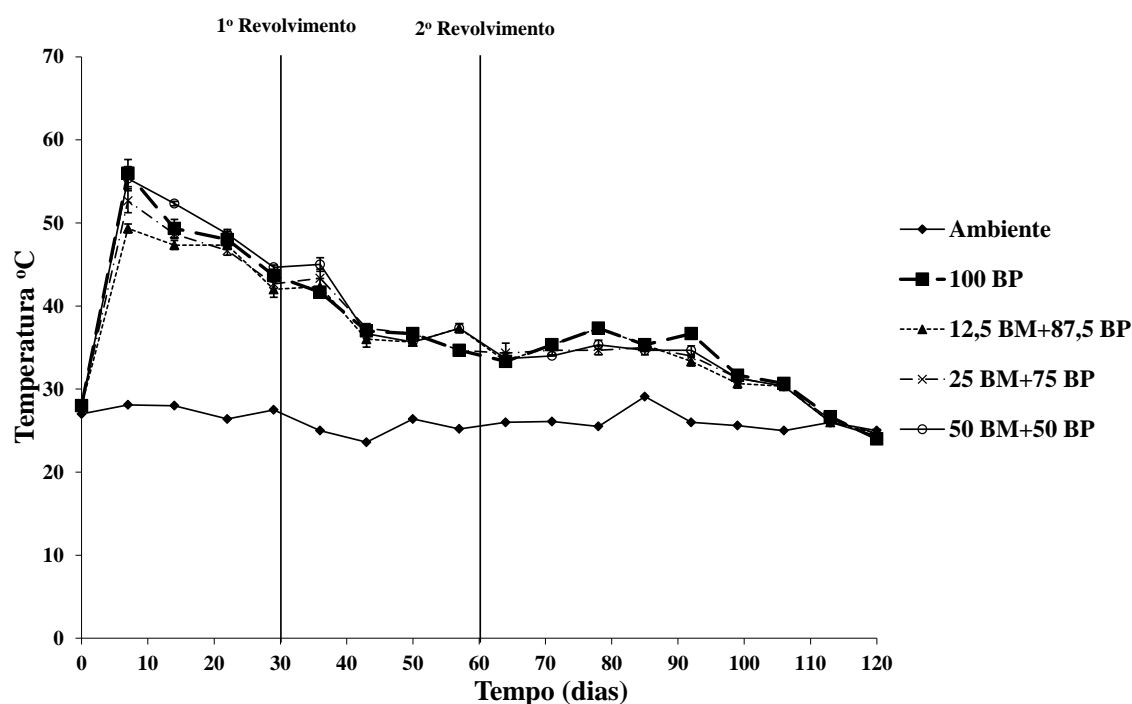


Figura 1: Temperaturas observadas em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão). As linhas verticais no interior do gráfico indicam as datas em que ocorreram revolvimentos nos compostos.

Em todos os compostos orgânicos, a primeira semana de compostagem foi caracterizada por um rápido aquecimento, seguido por uma lenta e gradual diminuição da temperatura, atingindo a temperatura ambiente aos 115 dias. Tiquia e Tam (2002), avaliando composto à base de cama de aviário, observaram que a temperatura ambiente foi atingida aos 128 dias de compostagem, indicando a estabilização do composto. Oliveira (2010), testando composto à base de bagaço de cana de açúcar mais esterco bovino, obteve temperatura próximas de 60° C nos primeiros 9 dias. A partir desse aquecimento inicial, o autor constatou resfriamento gradual do composto até atingir a temperatura ambiente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Leal et al. (2011) e Brito et al. (2008), corroborando com o presente estudo.

A Figura 2 apresenta os valores de densidade. Observa-se grande variabilidade de resultados. Ao final do período de incubação os valores de densidade ficaram muito próximos nos diferentes compostos. O aumento da densidade pode ser atribuído à diminuição da granulometria do material associado à atividade microbiológica e ao aumento do grau de humificação (LEAL, 2006). Também contribui para este resultado o fato do bagaço de cana ser um material de baixa densidade, o que possibilita expressivo aumento. Tiquia & Tam

(2002), ao trabalharem com compostagem de cama de frango, também observaram aumentos da densidade ao longo do processo de compostagem.

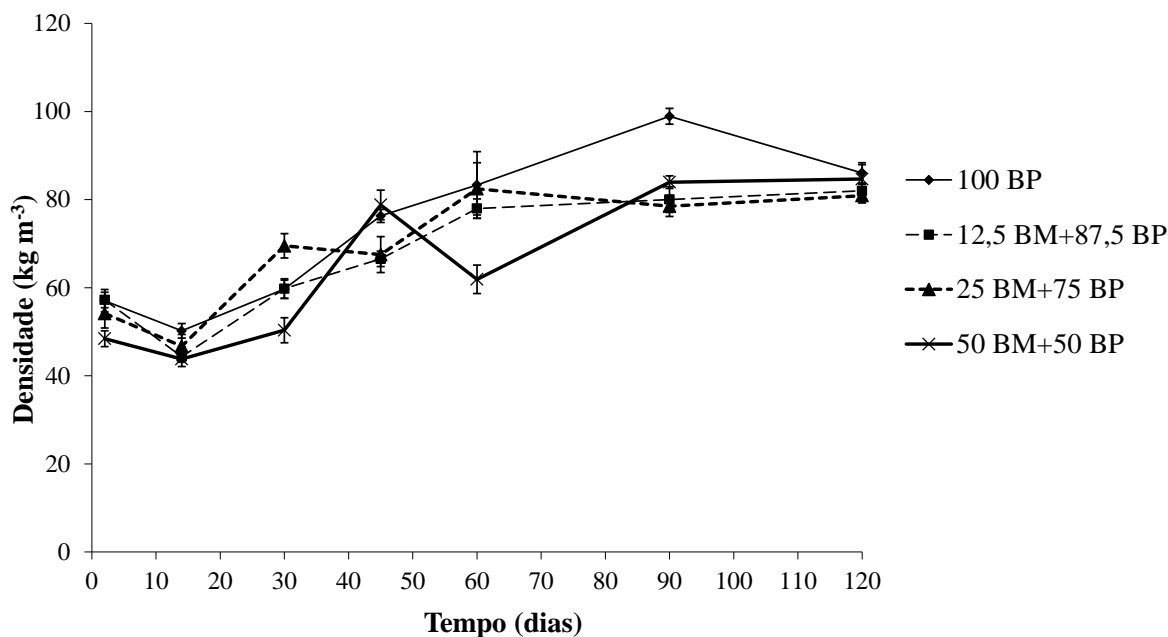


Figura 2: Densidade do material (base seca) observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

Os valores de pH se mantiveram entre 6,4 a 7,5 nos compostos testados (Figura 3), o que caracteriza uma amplitude de ambientes desde ligeiramente ácidos até básicos. Embora pouco expressiva, é constatada uma elevação de pH entre o início e o 90º dia de confecção das pilhas de compostagem. Resultados semelhantes de pH, entre 6,5 e 7,6, também foram encontrados por Leal et al. (2013), ao testarem compostos de capim elefante mais torta de mamona. Segundo Tejada et al. (2001), o pH mais alto, indicativo de meio ligeiramente alcalino, associado com elevadas temperaturas e disponibilidade de nutrientes, sobretudo de N, estimula a atividade microbiana. Ao contrário, pH inferior a 6,0 restringe a atividade microbiana, o que resulta em menores temperaturas durante a produção dos compostos.

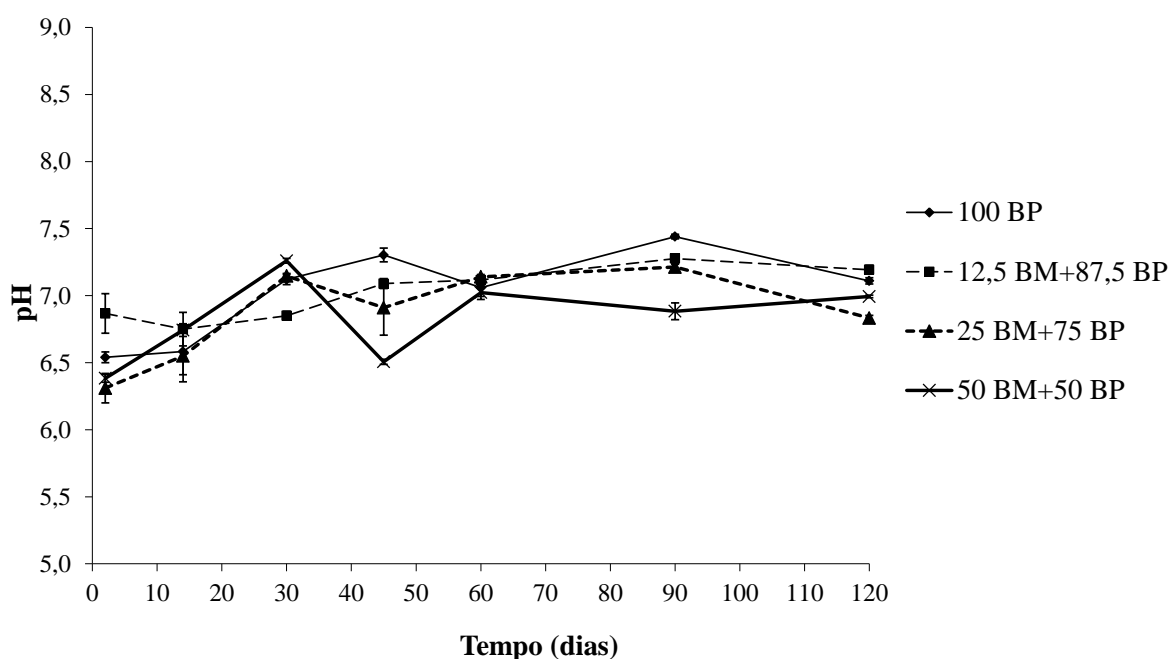


Figura 3: Valores de pH observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

Conforme se observa na Figura 4, a CE dos compostos apresentou uma tendência de elevação nos primeiros 60 dias de incubação. Neste período, não se observa diferenças consistentes entre os diferentes tratamentos. De acordo com Negro et al. (1999), a elevação da CE que ocorre ao longo da compostagem é devido ao aumento da concentração relativa de sais, causada pelo desprendimento de CO_2 do material durante a respiração microbiana. Após 60 dias observa-se uma tendência de redução nos valores de CE, com exceção do composto à base de 50% de bagaço moído mais 50% de bagaço prensado, cuja CE foi praticamente constante a partir deste momento até o final do experimento.

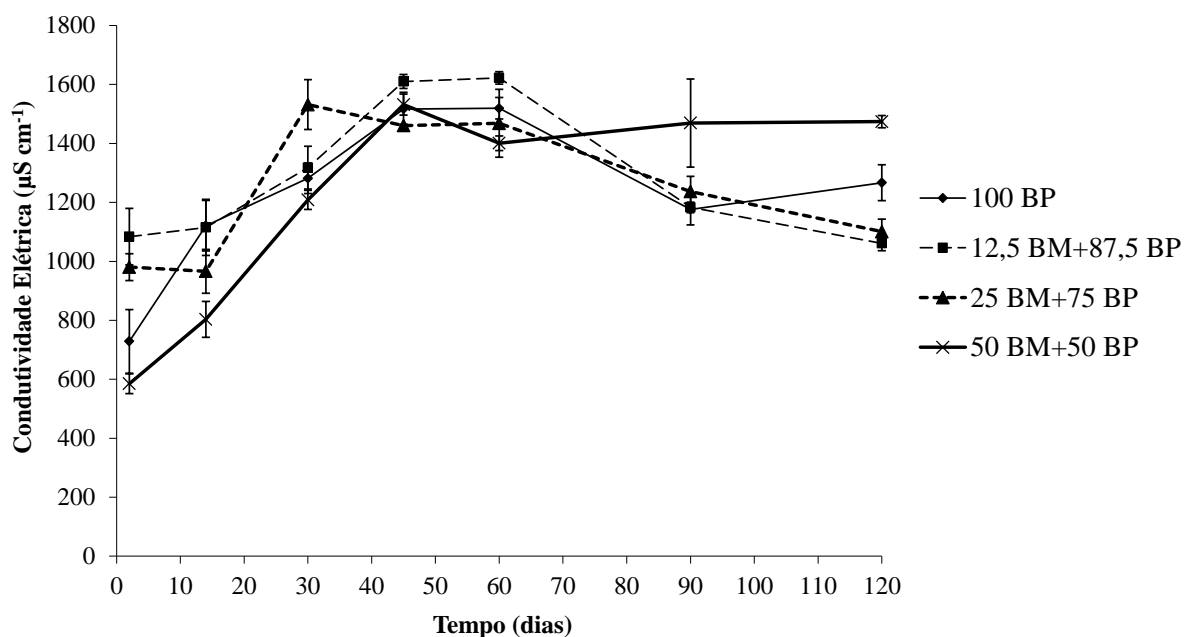


Figura 4: Condutividade elétrica observada em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

Houve aumento dos teores de N em todos os compostos orgânicos ao longo do período avaliado (Figura 5). Esse comportamento também foi observado por Leal (2006) e Janhel et al. (2000). Ao contrário Tiquia & Tam (2002), verificaram redução nos teores de N ao longo da compostagem de cama de aviário. Para Leal (2006), a diminuição dos teores de N pode ocorrer, sobretudo, em materiais com elevada concentração inicial de N e cujo controle do processo de compostagem não é bem executado, resultando em elevadas perdas de N por volatilização. Ao final da compostagem, todos os tratamentos apresentaram teores de N entre 22,4 a 25,2 g kg^{-1} , valores que estão acima da faixa de concentração dos fertilizantes orgânicos normalmente utilizados.

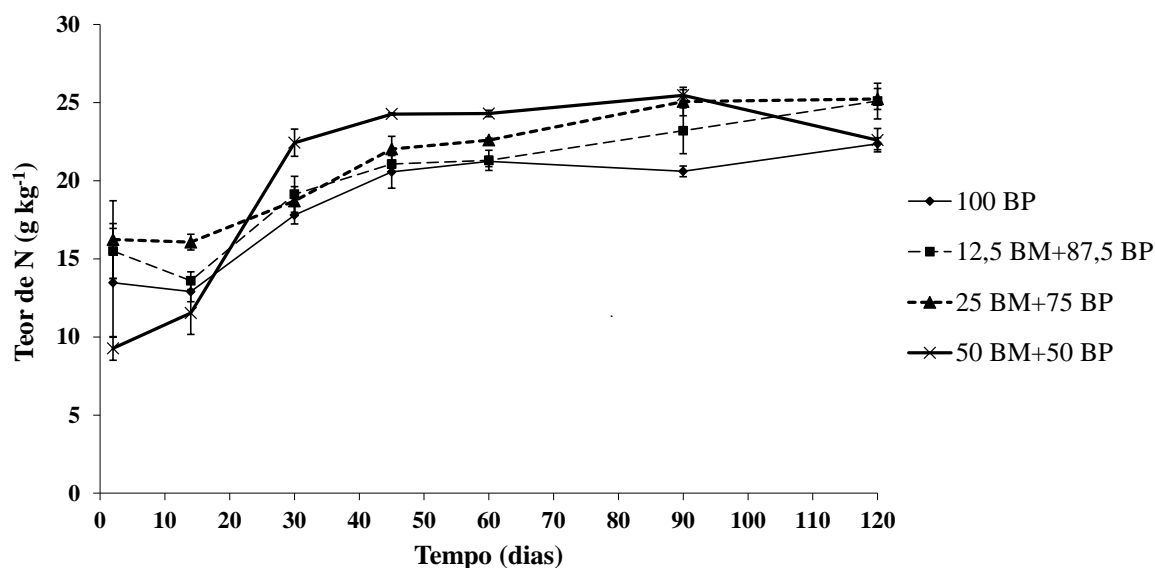


Figura 5: Teores de N observados em pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

Os resultados de relação C:N ao longo da compostagem foram bastante semelhantes em função dos tratamentos avaliados (Figura 6). Ao final do processo, a relação C:N se estabilizou entre 21,0 e 23,7 nas diferentes proporções testadas de bagaço moído e prensado, valores superiores à 20,0, máximo valor permitido pelas normas estabelecidas pelo MAPA (2009) para fins de comercialização. Visando atender tal norma, é necessário enriquecer o produto final com alguma fonte orgânica de N, ou então reduzir a relação C:N inicial. Leal et al. (2011), testando a mistura de capim elefante e crotalária encontraram, ao final da incubação de 90 dias, relações C:N entre 15,8 e 20,8. De acordo com Zhang e He (2006), ocorre redução da relação C:N no processo de compostagem em função da decomposição da matéria orgânica e perda de CO₂ por meio da respiração microbiana.

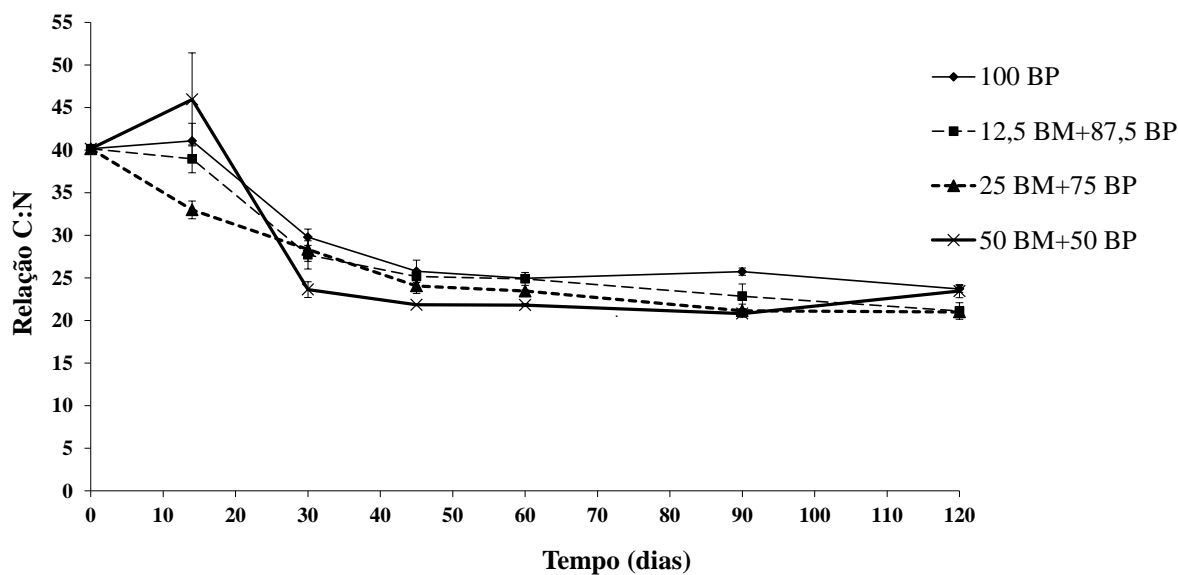


Figura 6: Relações C:N dos composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

A proporção de massa em relação aos valores iniciais de massa dos compostos, avaliada ao longo de 120 dias, está apresentada na Figura 7. Observa-se que a redução foi mais intensa nos primeiros 30 dias de incubação, ultrapassando perdas de 50 % na maioria dos compostos. Ao final da compostagem, restavam apenas valores entre 23,7 e 29,5 % da massa inicial dos compostos, ou seja, ocorreram perdas e massa entre 76,3 e 70,5% após 120 de compostagem. Apesar de elevados, estes valores são menores dos detectados por Bernal et al. (1998), que testando compostos oriundo de diferentes misturas, obtiveram perdas de até 70 % do C após 30 dias e 90 % após os 70 dias. Resultados de acentuada perda de massa foram constatados por Leal (2006) testando composto à base da mistura de palhada de leguminosa mais gramínea.

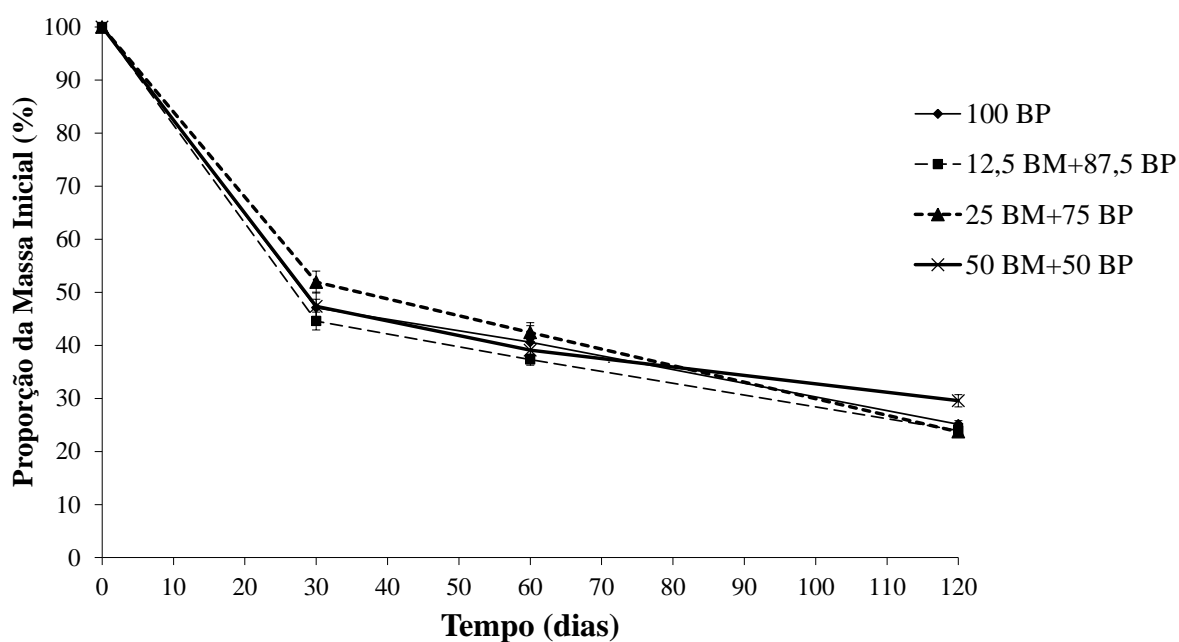


Figura 7: Proporção da massa inicial das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

A proporção de volume de composto em relação aos valores iniciais foram muito semelhantes entre os diferentes tratamentos durante o período de avaliação (Figura 8). Ao final do processo todos os tratamentos registraram perdas de aproximadamente 80% do volume em relação aos valores iniciais. Esta é uma redução expressiva, mas que se justifica devido à grande perda de massa e ao grande aumento de densidade que ocorreram ao longo do processo de compostagem.

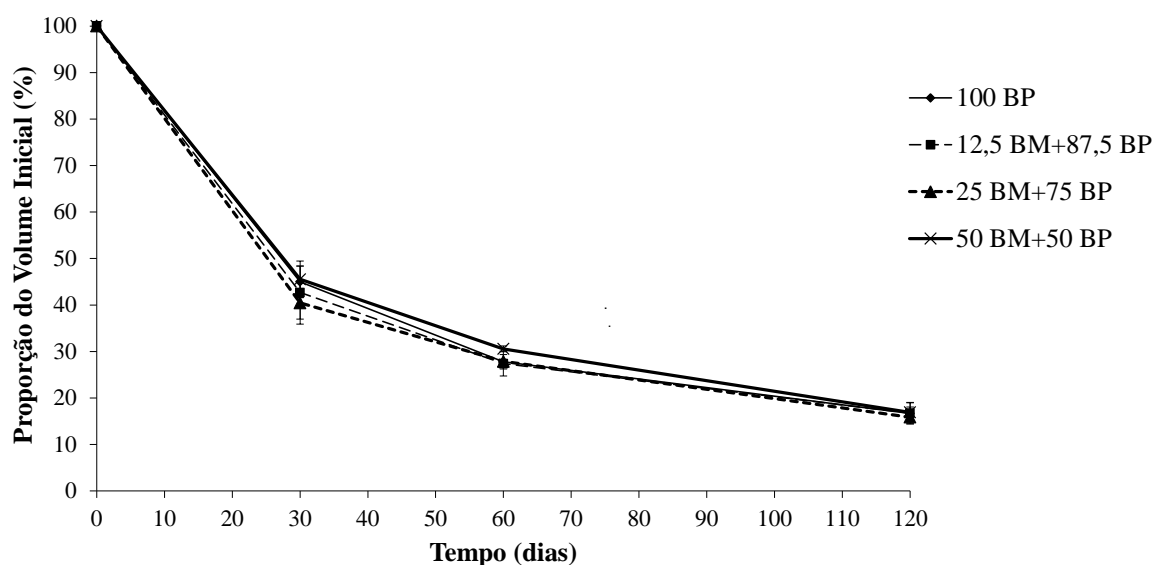


Figura 8: Proporção do volume inicial das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM).

A proporção de conteúdo de N em relação ao valor inicial está apresentada na Figura 9. Observa-se redução gradual ao longo de todo processo de compostagem, sem grandes diferenças entre os tratamentos. Ao final de 120 dias de incubação os conteúdos de N diminuíram entre 57,4 e 49,4%, sem apresentar diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 4). Segundo Leal et al. (2011) a redução na concentração de N ao longo de compostagem está associado às perdas desse elemento através de volatilização e de desnitrificação. Tiquia e Tam (2002), estudando a compostagem de cama de aviário por 120 dias, observaram perdas de aproximadamente 58% do conteúdo de N presente no início da compostagem.

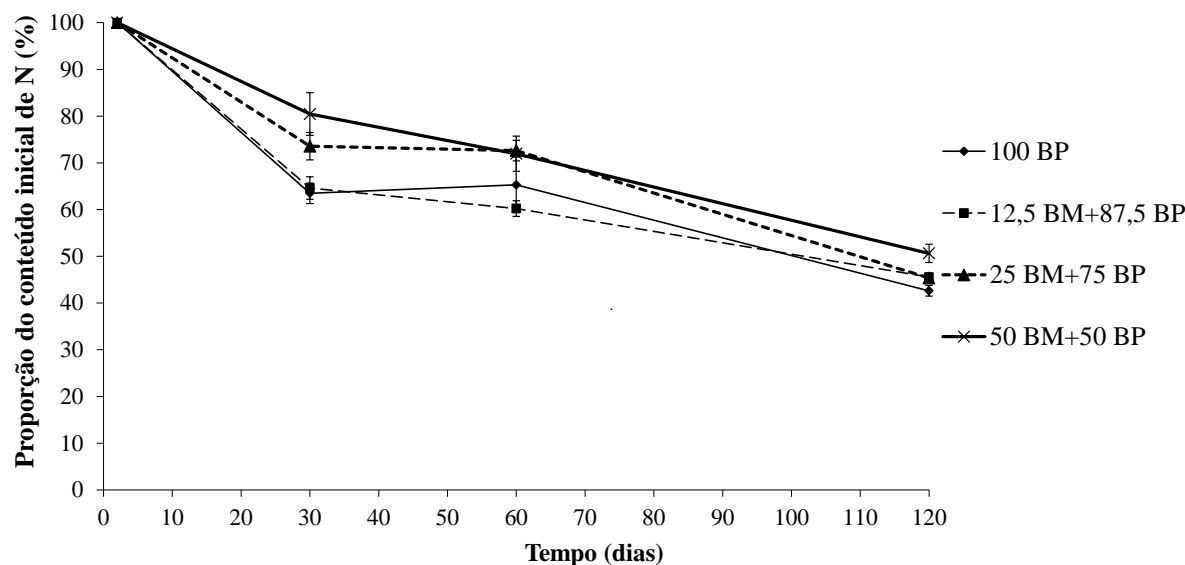


Figura 9: Proporção do conteúdo inicial de N das pilhas de composto com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) (média de três repetições \pm erro padrão).

Os teores de Ca, Mg, P e K pouco diferiram em função dos tipos de compostos orgânicos testados (Tabela 5). Todos os macronutrientes avaliados apresentaram grande elevação de seus teores após 120 dias de incubação. Isto é resultado do processo de concentração que ocorre devido à perda de massa por emissão de CO₂, mas também é um indicativo de reduzidas perdas desses macronutrientes ao longo do processo de compostagem.

Tabela 5: Teores de Ca, Mg, P e K observados no início da compostagem e aos 120 dias de incubação em pilhas de composto contendo diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM). Média de três repetições \pm erro padrão.

	Início da compostagem				120 dias de incubação			
	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K
	----- g kg ⁻¹ -----							
100% BP	2,49 \pm 0,3	1,40 \pm 0,4	2,13 \pm 0,6	3,46 \pm 0,5	12,27 \pm 0,7	6,10 \pm 0,3	7,01 \pm 1,0	12,00 \pm 0,7
12,5% BM + 87,5% BP	2,77 \pm 0,3	2,10 \pm 0,2	2,86 \pm 0,5	4,92 \pm 0,5	12,98 \pm 0,7	6,53 \pm 0,4	7,35 \pm 1,2	11,42 \pm 0,7
25% BM + 75% BP	4,47 \pm 0,3	2,57 \pm 0,3	3,08 \pm 0,5	5,33 \pm 0,5	11,80 \pm 0,2	5,23 \pm 0,1	6,82 \pm 0,2	9,08 \pm 0,5
50% BM + 50% BP	2,91 \pm 0,3	1,49 \pm 0,0	1,83 \pm 0,1	3,63 \pm 0,2	13,12 \pm 0,3	6,33 \pm 0,3	8,47 \pm 0,3	12,75 \pm 0,5

A granulometria do composto está apresentada na Tabela 6. Observa-se que todos os compostos apresentaram elevada proporção de material que passou pela peneira de menor malha (3,10 mm), mesmo o tratamento com 100% de bagaço prensado, o que indica redução

da granulometria do material ao longo do processo de compostagem. O tratamento que recebeu 50% bagaço moído mais 50% bagaço prensado se destacou dos demais tratamentos, apresentando menor proporção de material retido na peneira 6,20 mm e maior proporção de material que passou na peneira de 3,10 mm.

Tabela 6: Granulometria de compostos com diferentes proporções entre bagaço de cana prensado (BP) e bagaço de cana moído (BM) após 120 dias de incubação. Média de três repetições \pm erro padrão.

	Proporção em porcentagem com base no volume			
	>6,20 mm	<6,20 mm e >4,86 mm	<4,86 mm e >3,10 mm	<3,10 mm
100% BP	35,0 \pm 2,4	17,0 \pm 2,1	8,0 \pm 2,1	40,0 \pm 2,4
12,5% BM + 87,5% BP	32,0 \pm 2,6	18,0 \pm 2,2	6,0 \pm 0,9	44,0 \pm 1,2
25% BM + 75% BP	30,0 \pm 1,9	16,0 \pm 1,2	9,3 \pm 3,8	44,7 \pm 1,2
50% BM + 50% BP	20,0 \pm 1,9	12,0 \pm 1,6	8,0 \pm 1,2	60,0 \pm 2,1

Malha de 6,20 mm: peneira grande p/ café; Malha de 4,86 mm: peneira média p/ feijão; Malha de 3,10 mm: peneira pequena p/ arroz.

4.2 Experimentos de Produção de Mudanças

4.2.1 – Caracterização dos substratos

Observa-se na Tabela 7 que o pH do substrato comercial é muito reduzido, abaixo do valor recomendado pela literatura como o mais adequado para produção de mudas. Gonçalves e Poggiani, (1996) consideram valores de pH entre 5,5 e 6,5 os mais adequados para a produção de mudas de espécies florestais. O substratos a base de composto apresentaram valores de pH adequados, próximos da neutralidade, mas os valores de CE foram muitos altos, acima de 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. A emissão de CO_2 dos substratos a base de composto foi maior que o do substrato comercial, que demonstrou maior estabilidade. São considerados instáveis materiais com emissão de CO_2 superior a 4,0 $\text{mg g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (BERNAL et al., 2009; WICHUK e McCARTNEY, 2010). Não se observou qualquer emissão de NH_3 nos substratos, o que demonstra a estabilidade destes materiais.

Tabela 7: Valores de pH, condutividade elétrica (CE), emissão de CO₂ e emissão de NH₃ observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	pH	CE μS cm ⁻¹	Emissão de CO ₂ mg CO ₂ g MS ⁻¹ dia ⁻¹	Emissão de NH ₃ mg NH ₃ g MS ⁻¹ dia ⁻¹
Substrato comercial	4,7	1100	0,7	0,0
Comp. 100% BP	6,2	2010	3,3	0,0
Comp. 12,5% BM + 87,5% BP	6,5	2050	3,1	0,0
Comp. 25% BM + 75% BP	6,4	2000	3,0	0,0
Comp. 50% BM + 50% BP	6,4	2480	3,1	0,0

Os resultados exibidos nas Tabelas 8 e 9 demonstram que os substratos formulados com base nos compostos da mistura de bagaço de cana com torta de mamona apresentam teores totais e disponíveis de nutrientes muito superiores aos do substrato comercial. Observa-se também que não há qualquer toxicidade de Al nos substratos avaliados.

Tabela 8: Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----				
Substrato comercial	1359,0	2491,5	1842,2	670,4	830,5
Comp. 100% BP	6994,3	3258,0	1793,4	2205,9	4035,2
Comp. 12,5% BM + 87,5% BP	7974,7	3646,6	2010,7	2644,6	4771,2
Comp. 25% BM + 75% BP	7367,4	3102,9	1711,9	2204,1	3821,3
Comp. 50% BM + 50% BP	7608,9	4028,2	2174,0	2950,8	4156,1

Tabela 9: Teores disponíveis de Al e macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	Al	N	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----					
Substrato comercial	0,00	58,8	1290,0	640,3	541,9	780,0
Comp. 100% BP	0,00	410,2	1330,0	1551,6	5047,2	3900,0
Comp. 12,5% BM + 87,5% BP	0,00	358,0	1032,0	1312,2	6281,8	2400,0
Comp. 25% BM + 75% BP	0,00	423,5	1176,0	1328,0	7211,0	5000,0
Comp. 50% BM + 50% BP	0,00	558,5	1332,0	1471,4	5843,7	4300,0

Os resultados das avaliações de características físicas estão apresentados na Tabela 10. Não se observa grandes diferenças entre os substratos avaliados, com exceção da menor macroporosidade apresentada pelo substrato comercial, quando comparado com os substratos formulados a base de composto. Gonçalves e Poggiani, (1996) consideram inadequados para a produção de mudas de espécies florestais, substratos com valores de macroporosidade abaixo de 20 %.

Tabela 10: Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade, macroporosidade, e capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	Densidade		Porosidade			CRA ml 50 cm ⁻³
	Aparente	Partícula	Total	Micro	Macro	
	----- g dm ⁻³ -----	-----	----- % -----	-----	-----	
Substrato comercial	302,0	1204,6	74,9	59,5	15,4	37,5
Comp. 100% BP	298,9	1091,7	72,6	50,5	22,1	36,3
Comp. 12,5% BM + 87,5% BP	340,8	1463,3	76,7	55,0	21,7	38,4
Comp. 25% BM + 75% BP	305,7	1052,7	71,0	48,0	23,0	35,5
Comp. 50% BM + 50% BP	319,7	1130,5	71,7	51,8	19,9	35,9

4.2.2- Mudas de alface

Os resultados estão apresentados na Tabela 11. Observa-se que o tratamento que recebeu substrato comercial obteve resultados de massa fresca da parte aérea inferior aos compostos 2,3 e 4, e para altura, inferiores aos compostos 1,2,3,e 4. Houve diferença significativa nos tratamentos que receberam substrato do composto de bagaço de cana

misturado com torta de mamona em relação à massa fresca. Leal et al. (2009b) ao trabalharem com diferentes níveis de enriquecimento de composto para a produção de mudas de hortaliças alcançaram, aos 21 dias, valores de 223,1 mg planta⁻¹ de massa fresca quando usaram 0,5 % de torta de mamona junto ao substrato e de 255,2 mg planta⁻¹ de massa fresca quando usaram 2,0 % de torta de mamona misturada ao substrato. No entanto, para massa seca e teor de matéria seca o substrato comercial alcançou valores mais altos e diferiram dos outros tratamentos, reforçando a hipótese de que quando a planta se encontra em ambientes com restrição a nutrientes, ela tende a aumentar o seu teor de matéria seca (LEAL, 2006).

Não houve diferença significativa para os tratamentos que receberam substratos de composto de bagaço misturado com torta de mamona, com relação à massa seca da parte aérea e ao teor de matéria seca. A massa seca da raiz ficou abaixo apenas para o tratamento que recebeu substrato do composto 3. Trani et al., (2007) ao avaliarem diferentes substratos comerciais para a produção de mudas de alface, observaram valores superiores para as características de massa fresca e seca da parte aérea, número de folhas e altura da planta no substrato comercial. Para os tratamentos que receberam substrato do composto 2, 3, e 4 as mudas de alface ficaram bem próximas aos valores ótimos descritos por Camargo (1992), que relata como ideal mudas com 4 a 6 folhas e altura de 8 a 10 cm.

Tabela 11: Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.

	Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Altura	Número de folhas	Teor de matéria seca
	-----mg planta ⁻¹ -----			-- cm --		--- % ---
Substrato comercial	954,9 c	123,2 a	65,8 a	5,1 c	4,8 a	12,9 a
Composto 1 + 1% (v/v) TM	1.201 bc	108,0 b	56,5 ab	6,3 b	5,0 a	8,9 b
Composto 2 + 1% (v/v) TM	1.517 a	112,4 ab	54,6 ab	7,9 a	4,2 b	7,4 b
Composto 3 + 1% (v/v) TM	1.600 a	121,2 ab	32,8 b	8,0 a	4,3 b	7,7 b
Composto 4 + 1% (v/v) TM	1.494 ab	119,3 ab	44,8 a	7,8 a	4,4 b	8,0 b
CV (%)	9,8	5,4	21,6	5,0	1,4	9,5

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$. Composto 1: 100% BCP; Composto 2: 12,5% BCM + 87,5% BCP; Composto 3: 25% BCM + 75% BCP; Composto4: 50% BCM + 50% BCP.

4.2.3- Mudas de beterraba

Para as características de massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura e número de folhas (Tabela 12) o tratamento que recebeu substrato comercial apresentou desempenho muito aquém dos demais tratamentos. O composto 4 apresentou valores significativamente acima dos tratamentos que receberam compostos 1, 2 e 3 para as características de massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura e número de folhas e muito superior ao substrato comercial. Não houve diferença significativa para o teor de matéria seca. Resultados semelhantes para as características de nº de folhas, altura e massa fresca da parte aérea também foram encontrados por Leal et al. (2007), ao utilizarem compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças avaliadas com 33 dias. Os resultados do presente trabalho para as características estudadas foram inferiores dos encontrados por Oliveira (2011) ao trabalhar com mudas de beterrabas de 24 dias produzidas com substrato orgânico constituído de vermicomposto e fino de carvão vegetal enriquecido com 1,0 % de torta de mamona.

Para Nomura et al. (2008) os substratos formulados com um único material, requerem complementação mineral para suprir as necessidades nutricionais das plantas. De acordo com Oliveira (2011), os principais benefícios do uso de formulações caracterizadas pela liberação lenta e equilibrada de nutrientes, a exemplo dos substratos orgânicos, diz respeito à redução das perdas por lixiviação nas bandejas de semeadura.

Tabela 12: Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.

	Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Altura	Número de folhas	Teor de matéria seca
	-----	mg planta ⁻¹	-----	-- cm --		--- % ---
Substrato comercial	324,9 c	34,5 c	23,3 c	3,7 c	4,1 b	10,5 a
Composto 1 + 1% (v/v) TM	690,9 b	70,1 b	25,4 bc	5,3 b	4,9 ab	10,1 a
Composto 2 + 1% (v/v) TM	719,7 b	77,4 b	30,2 ab	5,7 ab	4,7 a	10,8 a
Composto 3 + 1% (v/v) TM	698,1 b	70,6 b	21,6 c	5,5 b	4,5 ab	10,1 a
Composto 4 + 1% (v/v) TM	998,3 a	100,1 a	35,1 a	6,4 a	5,2 a	10,0 a
CV (%)	9,2	11,3	11,4	7,3	7,2	9,0

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$. Composto 1: 100% BCP; Composto 2: 12,5% BCM + 87,5% BCP; Composto 3: 25% BCM + 75% BCP; Composto 4: 50% BCM + 50% BCP.

4.2.4- Mudas de tomate

A utilização do composto como matéria-prima de substrato (Tabela 13) mostrou-se eficiente em relação ao tratamento que recebeu substrato comercial, destacando-se principalmente nas características massa fresca e seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura e número de folhas.

Com relação ao teor de matéria seca, no tratamento que recebeu o substrato comercial houve diferença significativa em relação aos demais tratamentos, semelhante aos resultados encontrados no experimento com mudas de alface. Leal et al. (2009b), ao trabalharem com diferentes níveis de enriquecimento de composto para a produção de mudas de hortaliças com idade de 21 dias observaram para as características de altura da planta, número de folhas e massa fresca da parte aérea valores de 11,8 cm, 7,2 e 775,7 mg planta⁻¹, respectivamente, quando usaram 1,0% de torta de mamona adicionada ao substrato de composto orgânico.

Souza et al. (2003), ao trabalharem com vermicompostagem mais 5,0% de cama de aviário, como substrato para a produção de mudas de tomate, observaram que o mesmo substrato foi superior ao substrato comercial em relação ao desenvolvimento das mudas.

Leal et al., (2007), avaliando a utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas tomate, obtiveram resultados superiores para as características de altura de planta, nº de folhas, produção de massa fresca e de massa seca da parte aérea, com o uso do composto produzido com a mistura de 66% de Crotalaria Juncea e 33% de Napier sem a adição de aditivo ou inoculante. Klein (2009) também encontrou valores superiores para as características de massa seca da parte aérea e da raiz quando trabalhou com substratos alternativos para produção de mudas de tomate tipo cereja a base de composto orgânico e composto orgânico misturado com basalto, comparados com o substrato comercial.

Tabela 13: Massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, altura, número de folhas e teor de matéria seca de mudas de tomate produzido com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.

	Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Altura	Número de folhas	Teor de matéria seca
	-----mg planta ⁻¹ -----			-- cm --		---- % ----
Substrato comercial	329,4 b	68,7 b	19,7 c	7,0 b	4,9 b	21,3 a
Composto 1 + 1% (v/v) TM	591,7 a	99,0 a	28,9 b	8,7 a	5,3 a	16,8 ab
Composto 2 + 1% (v/v) TM	679,1 a	101,7 a	34,2 a	9,2 a	5,6 a	14,9 ab
Composto 3 + 1% (v/v) TM	676,8 a	95,0 a	32,9 ab	9,3 a	5,3 ab	14,2 b
Composto 4 + 1% (v/v) TM	731,2 a	104,4 a	34,4 a	9,7 a	5,5 a	14,3 ab
CV (%)	12,3	11,0	7,7	7,4	2,8	19,2

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$. Composto 1: 100% BCP; Composto 2: 12,5% BCM + 87,5% BCP; Composto 3: 25% BCM + 75% BCP; Composto 4: 50% BCM + 50% BCP.

4.2.5- Estabilidade do torrão para as mudas de alface, beterraba e tomate

Os valores de estabilidade do torrão estão apresentados na Tabela 14. Observa-se, nas três hortaliças testadas, que não houve diferença significativa entre os substratos formulados com composto orgânico, mas estes apresentaram maior estabilidade que o substrato comercial. Isso indica que o uso do composto na formulação de substratos beneficia a estabilidade do torrão no ato da retirada das mudas, facilitando o processo de transplante e o “pegamento” das mudas, favorecendo a produção.

Tabela 14: Estabilidade do torrão para mudas de alface, beterraba e tomate produzidas com diferentes substratos orgânicos, IFNMG, 2013.

	Mudas de alface	Mudas de beterraba	Mudas de tomate
	Estabilidade do torrão		
Substrato comercial	2,3 b	2,5 b	2,3 b
Composto 1 + 1% (v/v) TM	4,0 a	4,0 a	4,0 a
Composto 2 + 1% (v/v) TM	4,0 a	4,0 a	4,0 a
Composto 3 + 1% (v/v) TM	4,0 a	4,0 a	4,0 a
Composto 4 + 1% (v/v) TM	4,0 a	4,0 a	4,0 a
CV (%)	6,13	6,99	6,13

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$. Composto 1: 100% BCP; Composto 2: 12,5% BCM + 87,5% BCP; Composto 3: 25% BCM + 75% BCP; Composto 4: 50% BCM + 50% BCP.

O substrato formulado com composto da mistura de 50% de bagaço prensado e 50% de bagaço moído apresentou desempenho ligeiramente superior aos demais substratos à base de composto orgânico na produção de mudas das três hortaliças avaliadas. Este resultado provavelmente está relacionado com a menor granulometria deste composto, em comparação aos demais. Devido ao peneiramento do composto antes da sua utilização para produção de substrato, o composto com menor granulometria resultou em substrato mais rico em nutrientes, e provavelmente, mais humificado.

Os resultados obtidos nos experimentos de mudas demonstram que os substratos formulados a base de composto da mistura de bagaço de cana com torta de mamona são superiores ao substrato comercial e podem ser utilizados para a produção de mudas de hortaliças.

4.3- Experimentos de Produção de Hortaliças

4.3.1- Experimento de alface

Observa-se na Tabela 15 que a utilização do composto orgânico, independente da realização de cobertura com torta de mamona, proporcionou produção de massa fresca semelhante ao tratamento que recebeu esterco bovino mais torta de mamona, e muito superior à testemunha absoluta. Proporcionou também maiores valores de massa seca, diâmetro da cabeça e de número de folhas, em comparação ao tratamento esterco bovino mais torta de mamona e ao tratamento testemunha absoluta.

Este resultado demonstra que a utilização do composto na adubação de plantio de alface orgânico promove elevadas produtividades, semelhantes às obtidas com utilização de esterco bovino mais torta de mamona. Também se observa que a utilização do composto orgânico torna desnecessária a realização de adubação de cobertura com torta de mamona. De acordo com Katayama (1993), a cultura do alface extrai quantidades relativamente pequenas de nutrientes quando comparadas com outras culturas, devido ao seu ciclo curto. A sua extração de N está entre 23 e 45 kg ha⁻¹.

Para a característica de teor de matéria seca, o tratamento com maior valor foi observado para a testemunha, indicando que quando há deficiência nutricional, as plantas de alface tendem a produzir menos massa e aumentar o teor de matéria seca (LEAL, 2006).

Os resultados de produtividade nos tratamentos com esterco bovino e composto orgânico ficaram acima dos valores encontrados por Leal (2006) que trabalhou com produção de alface orgânica utilizando composto orgânico de capim napier e crotalaria e dos valores relatados por Souza e Rezende (2003) que descrevem uma produtividade de 3.000 g m⁻² em sistema orgânico de produção. O composto estudado apresentou resultados semelhantes em comparação com a adubação de esterco bovino mais torta de mamona em cobertura para a cultura do alface, podendo o composto substituir o esterco bovino como fonte de adubo orgânico e fornecedor de N.

Tabela 15: Massa fresca, massa seca, diâmetro da cabeça, número de folhas e teor de matéria seca de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.

Tratamentos	Massa fresca	Massa seca	Diâmetro da cabeça	Número de Folhas	Teor de matéria seca (%)
	----- g planta ⁻¹ -----		--- cm ---		
Testemunha	81,0 b	4,8 c	19,7 c	10,8 c	6,0 a
Esterco bovino + TM	236,4 a	10,8 b	28,3 b	15,2 b	4,7 b
Composto 25% BM +75% BP	302,2 a	13,2 a	30,7 ab	18,0 a	4,5 b
Composto + TM	305,0 a	13,6 a	32,4 a	17,2 a	4,5 b
CV (%)	13,7	8,7	4,0	2,2	9,0

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

4.3.2- Experimento beterraba

A utilização de composto orgânico (Tabela 16) sem a adubação de cobertura com torta de mamona resultou em produção de massa fresca de raiz e diâmetro de raiz semelhantes aos observados no tratamento que recebeu esterco bovino mais torta de mamona, e muito superiores aos observados na testemunha absoluta. O tratamento que recebeu composto com cobertura obteve valor acima dos que receberam esterco bovino com adubação de cobertura e composto, e muito superior à testemunha em relação à massa seca da raiz.

Os resultados de teor de matéria seca revelam maiores valores para a testemunha absoluta, significativamente superior ao tratamento esterco bovino + torta de mamona, mas estatisticamente igual aos demais tratamentos. Este resultado é um indicativo de que a planta tende a aumentar o teor de matéria seca quando há deficiência de nutrientes.

A utilização do composto mais torta de mamona proporcionou resultados superiores aos obtidos com a utilização de esterco bovino mais torta de mamona, demonstrando, no caso da beterraba, a pertinência da realização de uma adubação de cobertura com torta de mamona. Segundo Trani et al., (1993), a beterraba é uma hortaliça muito exigente em N, podendo extrair até 275 kg de N ha⁻¹.

Tabela 16: Massa fresca de raiz, massa seca de raiz, diâmetro de raiz, teor de matéria seca de raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.

Tratamentos	Massa Fresca de Raiz ----- g planta ⁻¹ -----	Massa seca de raiz	Diâmetro de Raiz --- cm ---	Teor de matéria seca de raiz --- (%) ---
Sem adubação	41,3 c	5,1 c	4,3 c	12,2 a
Esterco bovino + torta de mamona	111,7 b	11,1 b	6,0 b	10,0 b
Composto	123,3 ab	14,3 ab	6,5 ab	11,6 ab
Composto + torta de mamona	165,0 a	17,3 a	7,1 a	10,5 ab
CV (%)	21,6	21,1	7,0	8,8

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Para a característica de massa fresca da parte aérea, apresentada na Tabela 17, os tratamentos que receberam esterco bovino com cobertura, apenas composto e composto com cobertura ficaram com valores bem acima da testemunha. O resultado de massa seca da parte aérea seguiu o mesmo comportamento. O número de folhas foi maior no tratamento que

recebeu o composto e a torta de mamona como adubação de cobertura (Tabela 17). Não houve diferença significativa para os teores de matéria seca da parte aérea, uma vez que a reserva da planta se concentra na raiz.

Tabela 17: Massa fresca de folhas, massa seca de folhas, número de folhas, teor de matéria seca de folhas de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos, IFNMG, 2013.

	Massa Fresca de Folhas ----- g planta ⁻¹ -----	Massa seca de folhas	Número de Folhas	Teor de matéria seca de folhas --- (%)---
Sem adubação	40,5 b	4,01 b	8,5 b	9,9 a
Esterco bovino + torta de mamona	74,7 a	7,35 a	9,3 ab	9,7 a
Composto	76,1 a	8,01 a	10,3 ab	10,8 a
Composto + torta de mamona	97,8 a	9,54 a	11,1 a	9,8 a
CV (%)	19,8	17,6	4,2	12,4

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

As produtividades de beterraba adubadas apenas com composto e composto mais adubação de cobertura com torta de mamona (3200 e 4400 g m⁻², respectivamente) ficaram acima dos valores encontrados por Leal et al. (2009a) quando utilizaram compostos da mistura de palhada de gramínea e de leguminosa na adubação de base de beterraba em sistema de produção orgânica. Os valores de produtividade estão de acordo com os valores descritos por Souza e Resende (2003), que relatam produtividade média de beterraba em sistema orgânico de produção, entre 3000 a 4000 g m⁻².

5- CONCLUSÕES

A utilização de diferentes proporções entre bagaço de cana prensado e bagaço de cana moído não altera as principais características de compostos orgânicos obtidos por meio da mistura de bagaço de cana e torta de mamona após 120 dias de incubação. Observou-se que a estabilização ocorreu aproximadamente aos 90 dias de incubação.

Substratos orgânicos obtidos a partir da compostagem da mistura de bagaço de cana com torta de mamona, com a adição de 1% (v/v) de torta de mamona, podem ser utilizados para a produção de mudas de alface, beterraba e tomate.

O composto orgânico obtido a partir da mistura de bagaço de cana com torta de mamona pode substituir o esterco bovino na adubação de base de alface e de beterraba produzidos em sistema orgânico de produção.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004** – Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 1987, 63 p.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). O Agronegócio da mamona no Brasil. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared wide range of organic wastes. *Bioresources Technology*, v. 63, p. 191-199, 1998.

BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresuorce Technology*, n. 100, p. 5444-5453, 2009.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, 1999.

BUSNELLO, F. J.; KOLLING, D. F.; MOURA, L. C.; DALLA COSTA, R. pH e granulometria no processo de compostagem aeróbica utilizando lodo de esgoto associado a diferentes fontes de resíduos. *Cadernos de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-6, novembro 2013. Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. ISSN 2236-7934.

BRANDÃO, P. C. A. **Avaliação do uso de bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. Uberlândia: UFU, 2006. 147 f. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Química).

BRASIL. Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Brasília, 23 dez. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/civil_03/leis/2003/110.831.htm>.

BRASIL. Lei Federal nº12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>.

BRITO, T. D.; RODRIGUES, C. D. S., MACHADO, C. A. Avaliação do desempenho de substrato para produção de mudas de alface em agricultura orgânica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 20, n.2, julho, 2002.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. *Revista brasileira de ciência do solo*, n. 32, p. 1959-1968, 2008.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**, 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 252p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2012. Brasília, DF, 2012.

DUARTE, E. A.; QUEDA, A. C. C. **Estratégias de obtenção de compostos de qualidade com potencial para valorização agrícola**. Comunicação apresentada ao 1º Encontro Internacional de Compostagem, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Porto, 9 a 11 de Maio, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro,RJ). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos ; 1)

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.

FERNANDES, L. B.; SANTOS, A. P. dos.; COSTA, C. L. L.; OLIVEIRA, F. A.; GOES, G. B. Influência da Torta de Mamona nas Características Químicas do solo. **Revista Verde**, Mossoró – RN v.6, n.3, p. 156 – 159, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. Viçosa: UFV. 402p, 2000.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.1-4, 2010.

FUNARBE - FUNDAÇÃO ARTHUR BERNADES. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1 Viçosa-MG, 2007.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H. Importância da relação entre os fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H. E .P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Eds.) **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.78-91.

GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. **In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13**. Águas de Lindóia, 1996. Resumos... Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-RON, 1996.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Relatório de pesquisa. IPEA. Brasília, 2012. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_res_iduos_organicos.pdf> Acesso em 25 de Abril de 2014.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 1-7, 2000.

KATAYAMA, M. Nutrição de adubação de alface, chicória e almerão. In: 1993 FERREIRA, ME; CASTELLANE, PD; CRUZ, MCP. **Nutrição mineral de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS. p. 141-148.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: **Agronômica Ceres**. 1985. 492p.

KLEIN, M. R.; PEREIRA, D. C.; SOUZA, C. H. W.; MONTEIRO, V. H.; BERNADI, F. H.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S.S. M. Substratos alternativos para produção de mudas de tomate tipo cereja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3339-3342, novembro 2009. Resumos do VI CBA e II CLAA.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un Estúdio de los Climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, p. 466, 1948.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 133f. (Tese, Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo).

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; ALMEIDA, D. L. de. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 392-395, jul.-set. 2007.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; SILVA, S. de D. Adubação orgânica de beterraba com composto obtido a partir da mistura de palhada de gramínea e de leguminosa. Seropédica-Embrapa Agrobiologia, 2009a. 20 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e Desenvolvimento, 43). ISSN 1676-6709.

LEAL, M. A. de A.; AQUINO, A. M. de.; FERNANDES, R. C.; MATEUS, J. S. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como sustrato para produção de mudas de hortaliças. Seropédica-Embrapa Agrobiologia, 2009 b. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e Desenvolvimento, 58). ISSN 1676-6709.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; SANTOS, S. da S. Processo de compostagem a partir da mistura entre capim elefante e crotalária. Seropédica-Embrapa Agrobiologia, 2011. 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 77). ISSN 1676-6709.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. da S. Compostagem de Misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1195–1200, 2013.

LIMA, M. E. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo**. Seropédica: UFRRJ, 2007. 77 p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia).

LOMBARDI, J. A.; SALINO, A.; TEMONI, L. G. **Diversidade florística de plantas vasculares no município de Januária, Minas Gerais, Brasil**. Instituto de Ciências Biológicas – UFMG, p. 18, 2005.

LOURENÇO, J. N. P.; SOUSA, S. G. A.; LOURENÇO, F. S.; GUIMARÃES, R. R. Preparo de composto orgânico sem uso de esterco animal. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009, 6p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 81.)

LOURENÇO, J. N. P.; CUNHA, R. F.; GUIMARÃES, R. R. Levantamento e análise de resíduos biodegradáveis destinado a compostagem, originados em campo experimental. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-4, novembro 2013. Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. ISSN 2236-7934.

LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R. Horta Orgânica. **Biológico**, São Paulo, v.66, n.1/2, p.59-62, 2004.

MAGALHÃES, M. A. de.; MATOS, A. T. de.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I. F. F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.466-471, 2006.

MATOS, A. T. de.; VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A.; GARCIA, N.C.P.C.; RIBEIRO, M. F. 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.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, DE 21 DE MAIO DE 2007. Que dispõe sobre os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009. Que dispõe sobre as 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.

NEGRO, M. J.; SOLANO, M. L.; CIRIA, P.; CARRASCO, J. Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 67, p. 89-92, 1999.

NOMURA, ES; LIMA, JD; GARCIA, VA; RODRIGUES, DS. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n.3, p. 359-363, 2008.

NUNES, M. U. C. Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009, 7 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 59).

OLIVEIRA, F. N.; LIMA, J. M. CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria tropical, 2004, 17 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documento, 89). ISSN1677-1915

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de.; CASTRO NETO, M. T. de.; Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005, 6 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular técnica, 76).

OLIVEIRA, J. N. de. **Compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar da produção de cachaça de alambique, Salinas-MG**. 2010. 72 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA.

OLIVEIRA, L. de. **Eficiência do resíduo de sisal para compostagem com esterco animal e farinha de rocha natural**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

OLIVEIRA, E. A. G. de. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido**. 2011. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

OLIVEIRA, L. B. de.; ACCIOLY, A. M.A.; SANTOS, C. L. R. dos.; FLORES, R. A.; BARBOSA, F. S. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.157–164, 2014. ISSN 1807-1929.

PALM, C. A.; GACHENGO, C. N.; DELVE, R. J.; CADISH, G.; GILLER, K. E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 83, p. 27-42, 2001.

PEREIRA NETO, J.T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. UFV. Viçosa, 2007.

PRIMAVESI, A. M. A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo. Nobel, 1986. 536p.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B. de.; CLEMENTE, F. M. V. Cultivo de Alface em Sistema Orgânico de Produção. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007, 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 56).

RIBEIRO, A. C; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ, V. H. 1999. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: CFSEMG. 359 p.

RICCI, M. S .F.; NEVES, M. C.; AGUIAR- MENEZES, E. .L. Embrapa agroecologia sistemas de produção. 2 ed. 2006. Disponível em: < HTTP:// sistema de produção. cnpra.embrapa.br/fontes HTML.>Acesso em 20 novembro,2013.

RODRIGUES, M. S., F. C. DA. SILVA, L. P. BARREIRA E A. KOVACS. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C. A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu, 2006.

ROSA, M. J. S. **Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de tilapia e avaliação do impacto econômico**. 2009. 69 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

SEVERINO, S. L. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31 p. (Documentos, 134).

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.

SILVA, V. L. M. M. GOMES W. C. ALSINA, O. L. S. . Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, p. 27-32, 2007.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: a review. **Energy Conversion and Management**, Elmsford, v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de olericultura orgânica**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil Editora, 2003. 555 p.

SOUZA, J. M. P. F.; LEAL, M. A. A.; ARAÚJO, M. L. Produção de mudas de tomateiro utilizando húmus de minhoca e cama de aviário como substrato e o biofertilizante Agrobio como adubação foliar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 314, 2003. Suplemento. Resumo.

SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G. L. F. M.; CARNEIRO, C.R.; QUEIROGA, R.C .F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira, Brasília**, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, jul set.2005.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F.; FURLAN JÚNIOR, J.; COSTEIRA JÚNIOR, L. S.; GERMANO, V. L. C. Avaliação da Maturação de Composto Orgânico Produzido com Lixo Orgânico Urbano nos Municípios de Barcarena e Moju, PA. Belém-Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4 p. (Embrapa Amazônia oriental. Comunicado Técnico, 104). ISSN 1517-2244.

TEJADA, M.; DOBAO, M. M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Study of composting of cotton residues. **Bioresource Technology**, Essex, v. 79, p. 199-202, 2001.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. **Bioresource Technology**, Essex, v. 37, p. 869–880, 2002.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Nutrição mineral e adubação da beterraba**. In: 1993. FERREIRA, ME; CASTELLANE, PD; CRUZ, MCP. **Nutrição mineral de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS. p. 429-446.

TRANI, P. E.; FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; SCHWINGEL. Avaliação de substratos para a produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n 2. p 256-260. abr.-jun 2007.

WICHUK, K. M.; MCCARTNEY, D. Compost stability and maturity evaluation — a literature review. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 37, n. 11, p. 1505–1523, 2010.

ZHANG, Y.; Y. HE. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresources Technology**, n.97, p. 2024-2031, 2006.