

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES COMPOSTADOS
COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS**

Leandro Alcântara

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Rio Claro (SP)

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

LEANDRO ALCÂNTARA

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES COMPOSTADOS COMO SUBSTRATO
PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS

Trabalho de Formatura apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2021

LEANDRO ALCÂNTARA

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES COMPOSTADOS COMO SUBSTRATO
PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS

Trabalho de Formatura apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia (orientador)

Eng. Ambiental M. Sc. Jandir Pereira Blasius

Prof. M. Sc. Rubens Fernando Serafim

Rio Claro, 03 de Dezembro de 2021.

Leandro Alcântara

Assinatura do(a) aluno(a)

[Assinatura]

Assinatura do(a) orientador(a)

A347u Alcântara, Leandro
Utilização de resíduos sólidos domiciliares compostados como substrato para a produção de mudas. / Leandro Alcântara. --Rio Claro, 2021
64 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

1. Composto orgânico. 2. Compostagem. 3. Produção de mudas.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Agradecimentos

Primeiramente sou grato a Deus, ao Racional Superior e a Mãe Natureza Racional por terem me dado a oportunidade de estar aqui, por toda a força e ajuda para chegar até aqui.

Sou grato ao meu orientador, o professor Marcelo Garcia, por todo conhecimento, aprendizados, auxílio transmitidos durante as disciplinas e também no trabalho de conclusão de curso, que foram essenciais para a minha formação.

Sou grato a todos os meus amigos e a minha família, principalmente, meu pai Francisco, minha mãe, Ana Maria e a minha avó, Anna, por terem me dado todo o auxílio, força, palavras de incentivo quando estava desanimado e com vontade de desistir de tudo, pela compreensão, pela paciência e pelo apoio que me foi proporcionado nesta longa jornada.

Sou muito grato mesmo a todos vocês por tudo! Desejo tudo de melhor sempre para todos!

RESUMO: Aproximadamente 40% dos resíduos sólidos domiciliares que são gerados no Brasil são orgânicos, mas estes tem como destinação final os aterros sanitários, no entanto envia-los para os aterros não é a melhor e nem a única opção de tratamento, sendo assim a alternativa mais adequada para tratar esses resíduos e reduzir o volume de ocupação dos aterros sanitários é a compostagem. Este trabalho tem como objetivo investigar o uso de material biocompostado e estabilizado, oriundo de resíduos sólidos urbanos domiciliares, como substrato em cultivos agrícolas, florestais ou viveiros de mudas podendo vir a substituir o substrato e/ou adubo comercial. A metodologia de pesquisa adotada consistiu no levantamento, compilação e análise de dados da literatura sobre a enumeração de diferentes espécies vegetais que foram ou não favorecidas a partir do cultivo em composto biodegradado, baseando-se em resultados da literatura. A principal variável analisada foi a massa de matéria seca obtida, após a secagem e a pesagem das mudas, em diferentes cenários: com solo comum (testemunha); solo com adubo (adubo comercial); e apenas substrato (composto). O crescimento das mudas também foi avaliado. Foi verificado que, na maioria dos casos analisados, o material biocompostado apresentou resultados favoráveis quanto ao crescimento das espécies vegetais, como no caso da *Panicum Maximum cv. Tanzânia*, que apresentou um resultado 21 vezes superior ao obtido com o solo natural, e foi considerado como uma opção viável em substituição ao adubo comercial.

Palavras-chaves: Resíduo Orgânico. Compostagem. Plantio de Espécies Vegetais. Adubo Comercial. Biocomposto. Produção de Mudas.

ABSTRACT: Approximately 40% of household solid waste that is generated in Brazil is organic, but these are disposed of in landfills, however, sending them to landfills is not the best or the only treatment option, thus the most effective alternative. Composting is the best way to treat this waste and reduce the volume of landfill occupation. This work aims to investigate the use of biocomposted and stabilized material, derived from solid urban waste, as substrate in agricultural, forestry or seedling nurseries, which may come to replace the substrate and/or commercial fertilizer. The research methodology adopted consisted of surveying, compiling and analyzing literature data on the enumeration of different plant species that were or were not favored from the cultivation in biodegraded compost, based on literature results.

The main variable analyzed was the dry matter mass obtained, after drying and weighing the seedlings, in different scenarios: with common soil (control); soil with fertilizer (commercial fertilizer); and only substrate (composite). Seedling growth was also evaluated. It was verified that, in most of the cases analyzed, the biocompost material presented favorable results regarding the growth of plant species, as in the case of *Panicum Maximum cv. Tanzania*, which presented a result 21 times higher than that obtained with natural soil, and was considered a viable option to replace commercial fertilizer.

Keywords: Organic Waste. Composting. Planting of Plant Species. Commercial Fertilizer. Biocompound. Seedling production.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

A) FIGURAS

Figura 1: Crescimento da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. <i>Marandu</i>	34
Figura 2: Crescimento da <i>Panicum maximum</i> cv. <i>Tanzânia</i>	34
Figura 3: Crescimento do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench variedade Ag 405)	35
Figura 4: Crescimento do Girassol	35
Figura 5: Crescimento do Ipê mirim (<i>Tecoma stans</i>)	36
Figura 6: Alface Mimosa.....	36
Figura 7: Couve Manteiga da Georgia	37
Figura 8: Comparativo das Figuras 1 a 7	38
Figura 9: Crescimento do Eucalipto.....	40

B) QUADROS

Quadro 1 - Principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de compostagem.....	18
Quadro 2 – Classificação do composto e seu respectivo uso agrícola.....	30
Quadro 3: Apresentação das respectivas porcentagens de crescimento de acordo com o meio de cultura	37
Quadro 4: Apresentação das respectivas porcentagens de crescimento de acordo com o meio de cultura	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação C/N para diferentes materiais a serem compostados	26
Tabela 2: Problemas e consequências devido a diferentes intervalos da relação C/N durante o processo de compostagem de RSD.....	26

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1 Substrato.....	4
3.2 Composto Orgânico na Constituição de Substratos.....	6
3.3 Compostagem	9
3.4 Compostagem no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	14
3.5 Métodos de Compostagem	15
3.5.1 Fases da Compostagem	15
3.5.2 Método das Leiras Revolvidas.....	16
3.5.3 Método das Leiras Estáticas Aeradas	17
3.5.4 Reator Biológico	17
3.5.5 Maturação do Composto Orgânico	19
3.6 Fatores que Interferem na Compostagem.....	21
3.6.1 Temperatura.....	21
3.6.2 Umidade.....	22
3.6.3 Aeração.....	22
3.6.4 pH.....	24
3.6.5 Relação Carbono/Nitrogênio	24
3.6.6 Microrganismos	27
3.6.7 CTC	27
3.6.8 Granulometria	28

3.6.9 Qualidade do composto.	29
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÃO.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. Introdução

O crescimento demográfico, a intensificação das atividades industriais, o avanço da tecnologia, a mudança no estilo de vida das pessoas e o consumismo, contribuem para a geração de resíduos principalmente nos centros urbanos. Sendo assim, é crescente a preocupação mundial em relação aos impactos ambientais associados à geração excessiva de resíduos, em especial, os domiciliares, devido à gestão inadequada e a falta de áreas adequadas para a sua disposição final.

Um estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018) sobre o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil no ano de 2018, constatou que foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, um aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior. Deste valor, 92%, ou seja, 72,7 milhões de toneladas foram coletadas, que representou um aumento de 1,66% em comparação ao ano de 2017. Foi constatado que índice de coleta aumentou em um ritmo um pouco maior do que a geração. Apesar disso, 6,3 milhões de toneladas de resíduos ficaram sem ser recolhidos nas cidades brasileiras. Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) englobam os resíduos domésticos de limpeza urbana coletados nas áreas urbanas dos municípios, pelos serviços locais. No ano de 2017, cerca de 43,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, ou seja, 59,5% do total gerado no país foi direcionado para os aterros sanitários, 23% para os aterros controlados e mais 17,5% para os lixões. A tendência de crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos no país deve ser mantida nos próximos anos. Estimativas realizadas com base na série histórica indicam que o Brasil alcançará uma geração anual de 100 milhões de toneladas por volta do ano de 2030.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, causa graves impactos ao meio ambiente, tais como, a contaminação do solo e das águas, subterrâneas e superficiais, assoreamento de rios e canais pelo lançamento de detritos, a proliferação de agentes causadores de doenças, dentre outros (SANTOS et al., 2014).

Os resíduos sólidos urbanos, domiciliares, são constituídos principalmente por materiais orgânicos, que podem ser reciclados por processos biológicos. Nesse sentido, a compostagem apresenta-se como um processo benéfico ao meio ambiente, uma vez que é

capaz de transformara fração ou parte orgânica dos resíduos em um composto que apresenta alto valor nutricional, podendo ser utilizado como fertilizante orgânico ou condicionador de solos. A compostagem é uma técnica de baixo custo, que permite dar um novo uso aos resíduos que seriam previamente descartados. Portanto possui o potencial de reduzir o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários bem como os demais impactos proporcionados pela sua disposição irregular.

O composto orgânico resultante do processo de compostagem pode ser utilizado na constituição de substrato para a produção de mudas.

No cultivo de espécies vegetais, o substrato deve proporcionar o rápido crescimento e desenvolvimento das mudas. Para isso, é necessário que o meio de cultivo apresente características químicas, físicas e biológicas adequadas. Além disso, o substrato deve fornecer às plantas: água, oxigênio e nutrientes. O uso de composto orgânico como substrato tem se mostrado viável, devido às melhorias proporcionadas nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo (FREITAS et al., 2013) e aos benefícios promovidos pela adubação orgânica.

De forma geral, os substratos são formulados pela combinação de diferentes materiais de origem natural, residual, mineral ou orgânica, e ainda vale acrescentar que a escolha de um substrato adequado permite a produção de mudas saudáveis e de qualidade (OLIVEIRA et al., 2016).

Para a complementação nutricional dos substratos, pode ser realizada a adição de fertilizantes para atender a demanda nutricional das plantas, o que implica aumento dos custos de produção (ZANELLO; CARDOSO, 2016). Devido ao alto custo dos fertilizantes comerciais e industriais no mercado, os produtores vêm buscando alternativas para baratear a produção de mudas, o que inclui o aproveitamento de resíduos orgânicos (ANDRADE, 2002).

Sendo assim, o uso de composto orgânico produzido na formulação de substratos tem a capacidade de suprir a necessidade do uso de adubos químicos, reduzindo os custos na produção de mudas já que o produtor pode produzir o adubo orgânico. Além disso, a incorporação desse fertilizante orgânico promove melhorias ao substrato, que contribuem

para germinação e desenvolvimento das mudas, pelo: aumento da oferta de nutrientes às plantas, da capacidade de retenção de água, porosidade e aeração, dentre outros (ANJOS, 2017).

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Verificar se o composto estabilizado, formado a partir de resíduos sólidos domiciliares compostados, pode ser utilizado como substrato e substituir o adubo ou substrato comercial para o crescimento de mudas.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar informações sobre a disponibilidade de nutrientes que são necessários para o crescimento e desenvolvimento de diferentes espécies vegetais.
- Verificar e analisar o crescimento de diferentes espécies vegetais a fim de verificar as espécies mais adaptadas ao substrato.
- Avaliar se o material biocompostado e estabilizado é uma alternativa viável ao uso de adubo comercial.
- Descobrir através da comparação de dados o quanto benéfico pode ser o substrato formado a partir do material biocompostado para o crescimento e produção de mudas.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Substrato

O substrato é composto por material sólido, natural ou residual, mineral ou orgânico, que pode ser aplicado no cultivo de plantas, podendo vir a substituir o solo natural totalmente ou parcialmente, sendo o meio no qual as raízes das plantas se desenvolvem. O substrato pode ser usado em sua forma pura ou em misturas e assim como o solo natural, tem a função de fornecer sustentação às mudas, suporte físico às raízes, água e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2016).

Há grande importância na composição dos substratos para a produção de mudas, pois o substrato pode ser formulado a partir de um único material ou pela combinação de diferentes materiais (FARIA et al., 2016). Porém, os substratos, geralmente, apresentam mais de um componente em sua formulação, pois dificilmente materiais utilizados de forma isolada irão atender as necessidades da planta a ser cultivada (ARAÚJO, 2010).

A seleção de um substrato adequado para o desenvolvimento das plantas em vasos ou recipientes, exige ter conhecimento de suas características químicas e físicas (LUDWIG et al., 2014). As propriedades químicas de maior relevância são o pH e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) (FERRAZ et al., 2005). O valor do pH (potencial hidrogeniônico) está relacionado principalmente à disponibilidade de nutrientes (LUDWIG et al., 2014) e às propriedades fisiológicas das plantas (FAVALESSA, 2011).

O desenvolvimento das plantas pode ser comprometido, devido a valores inadequados de pH, principalmente quando há acidez elevada. Sendo que ambientes ácidos apresentam menores quantidades de nutrientes disponíveis para o cultivo de plantas (LUDWIG et al., 2014). Neste sentido, segundo Taiz et al. (2017), a faixa de pH entre 5,5 e 6,5 é favorável ao desenvolvimento das raízes das plantas.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) é a capacidade das partículas de um solo de reter ou trocar íons, cátions e ânions, todavia a predominância de cargas negativas em sua superfície, torna a adsorção de cátions maior (TAIZ et al., 2017), tais como Cálcio (Ca^{2+}),

Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), Hidrogênio (H^+), e Alumínio (Al^{3+}) (RONQUIM, 2010).

Muitos dos cátions encontrados nos substratos são nutrientes, portanto a CTC representa o potencial de armazená-los e fornecê-los às plantas, sendo assim, ela é um indicativo do potencial de fertilidade de um substrato. O teor de matéria orgânica é uma propriedade química importante já que esta age de forma benéfica nos substratos, proporcionando melhorias em suas propriedades químicas e físicas como, por exemplo, no aumento da capacidade de retenção de água, porosidade, aeração, além de ser fonte e reservatório de nutrientes (MENEZES JÚNIOR et al., 2000).

Quanto às propriedades físicas, podemos destacar como mais relevantes a densidade, porosidade, espaço de aeração e disponibilidade hídrica (ARAÚJO, 2010). As propriedades físicas de um substrato não podem ser facilmente alteradas, e enquanto as propriedades químicas podem ser manejadas, por exemplo, através da irrigação e do uso de adubos (BOENE et al., 2013).

Vale ressaltar que o substrato não deve apresentar densidade muito baixa ou muito alta, pois materiais com baixa densidade podem dificultar a fixação das plantas e causar problemas como tombamento, enquanto que a densidade muito alta pode prejudicar a penetração e o crescimento das raízes das plantas (KLEIN et al., 2000).

A porosidade é caracterizada pelo espaço não ocupado por sólidos, que é preenchido por água ou ar. Os poros podem ser classificados de acordo com seu tamanho em macroporos e microporos. Os microporos retêm e armazenam água enquanto os macroporos desempenham um papel importante na aeração e infiltração da água, garantindo a troca contínua de oxigênio e CO_2 entre o solo e a atmosfera (REINERT; REICHERT, 2006).

Para o cultivo de plantas em recipientes há uma limitação do volume para o desenvolvimento das raízes, sendo assim o substrato deve ser capaz de reter a água com eficiência e mantê-la facilmente disponível para as raízes das plantas (LUDWIG et al., 2014). Sendo assim, para escolha adequada do recipiente, é necessário considerar o tamanho da muda, a durabilidade do recipiente, facilidade de manuseio, dentre outros aspectos. Vale acrescentar que o tamanho do recipiente deve propiciar às raízes o maior volume de solo com o menor peso, sendo que entre os recipientes mais utilizados são os sacos

plásticos de polietileno, vasos e tubetes de polipropileno (OLIVEIRA et al., 2016).

Há necessidade de substrato em todas as atividades de produção de plantas e o substrato de qualidade deve permitir a emergência das plântulas, que são os embriões vegetais já desenvolvidos que se encontram dentro das sementes, e proporcionar condições adequadas para uma boa germinação (CABRAL et al., 2011). A adição de nutrientes ao substrato pode ser feita por meio da mistura com fertilizantes, mas isto pode elevar os custos da produção de mudas (ZANELLO; CARDOSO, 2016).

É interessante utilizar materiais de baixo custo e facilmente disponíveis para compor os substratos, pois isto reduz os custos de sua produção (COSTA et al., 2005). As proporções de cada material variam de acordo com o tipo de muda a ser produzida (KRATZ et al., 2013).

3.2 Composto Orgânico na Constituição de Substratos

Vários tipos de resíduos são usados na formulação de substratos para as plantas (BEZERRA, 2003), com o objetivo de reduzir os impactos causados ao meio ambiente e fornecer alternativas aos produtores de mudas (KLEIN, 2015), minimizando os custos associados à produção de mudas (SOUZA et al., 2013). Entre as fontes alternativas de materiais utilizados como substratos destacam-se os resíduos orgânicos, oriundos dos resíduos orgânicos domésticos (SILVA, 2011).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2010), 55% dos resíduos produzidos no Brasil são de origem orgânica e são destinados aos aterros sanitários e lixões. Na tentativa de minimizar esse problema, a compostagem surge como uma técnica eficaz para o reaproveitamento dos resíduos orgânicos (ARAÚJO, 2010), já que a partir da mistura e decomposição de diferentes resíduos orgânicos, é produzido um composto rico em matéria orgânica e que apresenta elevado valor nutricional para as plantas (CARMO et al., 2018). Por meio da compostagem os resíduos orgânicos podem ser transformados em fertilizante orgânico (PIRES; FERRÃO, 2017), que pode ser utilizado para enriquecer solos pobres, aumentando sua fertilidade e a capacidade das plantas em absorver nutrientes, o que termina por impulsionar o seu crescimento (FERREIRA et al., 2013).

As plantas necessitam de nutrientes para o seu desenvolvimento, alguns dos nutrientes essenciais são os macronutrientes como o Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), e os micronutrientes como o Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Molibdênio (Mo), Cloro (Cl) e Manganês (Mn), presentes nos minerais e matéria orgânica dos substratos (RONQUIM, 2010). Para a produção de mudas em recipientes, é imprescindível que o substrato atenda à demanda nutricional da espécie cultivada, ainda assim podem-se utilizar fertilizantes como forma de complementar o substrato, aumentando sua eficiência (CAIONE et al., 2012). A maioria dos nutrientes necessários às plantas estão disponíveis na matéria orgânica, porém quanto maior for a diversidade de materiais utilizados para produção do composto orgânico, maior será a variedade de nutrientes, portanto a composição química do composto orgânico depende do material que foi utilizado em sua produção (VICENTINI et al., 2009).

Segundo MÜLLER (2012), geralmente as culturas que recebem a adubação orgânica apresentam maior equilíbrio nutricional e desenvolvimento superior se comparada àquelas que recebem apenas adubação mineral.

Os nutrientes do composto estão, em sua maioria, presentes na forma orgânica e para que se tornem disponíveis na solução do solo é necessário que ocorra o processo de mineralização que consiste na transformação das substâncias orgânicas em inorgânicas (ECKHARDT, 2015). Como o composto é mineralizado de forma lenta, os nutrientes são liberados gradualmente para as plantas, de acordo com as exigências das mesmas. Dessa forma, as plantas aproveitam melhores nutrientes provenientes da adubação (COOPER et al., 2010). A liberação de N e P é mais lenta se comparada a dos fertilizantes minerais, o que permite a disponibilidade desses elementos ao longo do tempo (ECKHARDT, 2015).

Os fertilizantes minerais (simples ou compostos) são produtos industrializados que apresentam alta concentração de nutrientes, sendo eles geralmente N, P e K. Entretanto, esses nutrientes apresentam alta solubilidade e podem ser absorvidos de forma rápida e eficiente pelas plantas e/ou lixiviados, o que os difere dos fertilizantes orgânicos (RONQUIM, 2010). No entanto sob o ponto de vista econômico, o uso do composto orgânico como complementação ou substituição ao fertilizante mineral tem se tornado cada vez mais relevante (MAIA et al., 2006).

A adubação orgânica apresenta benefícios para a produtividade das culturas, uma vez que promove o enriquecimento do solo, aumentando a oferta de macro e micronutrientes às plantas, promove o aumento gradual do teor de matéria orgânica e melhora a adsorção dos nutrientes que evita a perda desses elementos pela lixiviação provocada pela chuva ou irrigação e ainda promove o aumento da capacidade de troca de cátions (TRANI et al., 2013). A associação entre argila do solo e a matéria orgânica proporciona o predomínio de cargas negativas, o que aumenta a CTC do meio devido à maior retenção de nutrientes catiônicos como o Ca, Mg, e K, tornando-os disponíveis para as raízes das plantas (COOPER et al., 2010).

Em relação às propriedades físicas, o composto orgânico melhora a estrutura do solo possibilitando uma maior aeração da zona explorada pelas raízes das plantas devido à sua estrutura porosa, o que acaba contribuindo para o desenvolvimento radicular (MALAVOLTA, 1981). Ocorre ainda o aumento da capacidade de retenção de água, melhorando a resistência das plantas e há também uma melhora na drenagem do solo (TRANI et al., 2013). A adubação orgânica proporciona uma maior proteção do solo contra os impactos causados pelas gotas de chuva, o que reduz a erosão (LACERDA; SILVA, 2014). E, por fim, age também sobre as propriedades biológicas do solo estimulando o crescimento de microrganismos que atuam de forma benéfica (TRANI et al., 2013).

Os materiais orgânicos favorecem o desenvolvimento da planta e de seu sistema radicular, porque trazem benefícios às condições físicas dos substratos e é fonte de nutrientes. Nesse sentido, uma possibilidade para a formulação de substratos é a associação do composto orgânico com a areia e solo, com o intuito de proporcionar as condições ideais para o desenvolvimento das mudas e melhorar sua textura, sendo que nesta mistura, a areia age como um condicionador físico, enquanto o solo retém os nutrientes e a umidade (NEGREIROS et al., 2004). A areia é um material de baixo custo, com alta disponibilidade e ao ser utilizado em pequenas proporções permite melhorias nas condições de aeração do substrato e uma boa drenagem (COSTA et al., 2005).

A utilização dos resíduos orgânicos permite o seu reaproveitamento, reduz seu potencial poluidor, como a geração e/ou vazamento de chorume, os custos de produção e ainda podem servir como uma fonte de renda ao produtor, pois o composto orgânico proveniente

da transformação desses resíduos pode ser utilizado como substrato, fertilizante ou condicionador de solo para fins de uso agrícola ou para comercialização (ZANELLO; CARDOSO, 2016).

Em relação à produção de mudas, o uso do composto orgânico apresenta um custo menor quando comparado ao dos adubos minerais sintéticos e aos substratos comerciais (BRUGNARA, 2014). Além disso para Carmo et al. (2018), os compostos orgânicos têm o potencial de substituir o uso dos fertilizantes químicos e substratos comerciais. Dessa forma, Leal et al. (2007) afirmam que o composto orgânico é capaz de atender por completo a demanda por substratos.

3.3 Compostagem

A compostagem é um processo controlado de decomposição aeróbia e exotérmica da matéria orgânica biodegradável, por meio da ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica. O processo tem o intuito de produzir um material estável, rico em húmus e nutrientes, que é sustentável, de simples implantação e permite o aproveitamento de restos e sobras de resíduos orgânicos para produção de adubo orgânico (MELLO-PEIXOTO et al., 2014) e ainda é considerada uma técnica de baixo custo (RUSSO, 2003).

O objetivo da compostagem é obter a estabilização da matéria orgânica no menor tempo nas melhores condições possíveis. Para isto os resíduos orgânicos são amontoados, irrigados, revolvidos e se decompõem de forma mais rápida, gerando um composto orgânico de qualidade, e durante todo o processo, ocorre a produção de calor, gás carbônico e vapor d'água (KIEHL, 2004).

Os resíduos orgânicos utilizados no processo de compostagem podem ser divididos em dois grupos: materiais verdes e materiais castanhos ou marrons. Os materiais verdes são ricos em nitrogênio, enquanto os materiais castanhos em carbono (GOMES, 2011). Em relação aos materiais ricos em carbono destacam-se os materiais lenhosos como: casca,

folhas secas, galhos de árvores, podas dos jardins, aparas de madeira, palhas, serragem, feno e etc. Enquanto, os materiais ricos em nitrogênio são representados por folhas verdes, aparas de grama e relva, cascas de frutas, estrumes animais, restos vegetais, ervas, dentre outros (CERRI et al., 2008; GOMES, 2011).

Plásticos, tintas, vidros, óleos, metais, dentre outros, são materiais que não devem ser utilizados na compostagem porque os microorganismos não são capazes decompô-los. Também é necessário evitar materiais com excesso de gordura, pois podem liberar ácidos graxos que são prejudiciais ao composto e retardam o processo de compostagem. De modo análogo, deve-se evitar carne, pois pode atrair animais para a composteira (CERRI et al., 2008).

A reciclagem de resíduos orgânicos por meio do processo de compostagem é uma alternativa eficiente para reduzir o volume de materiais destinados aos aterros, contribui para o aumento da vida útil destes empreendimentos e reduz o potencial de contaminação ambiental, principalmente a causada pela geração de chorume (SANTOS et al., 2014). Nesse aspecto, a compostagem representa uma importante opção para estabelecimentos que geram resíduos orgânicos de forma significativa como quitandas, supermercados, restaurantes, lanchonetes, floriculturas, cantinas, dentre outros (MMA, 2010).

O principal impacto ambiental negativo relacionado à compostagem é a possibilidade de produção de maus odores e de escoamento do chorume, que geralmente ocorre em situações em que as leiras encontram-se compactadas ou quando elas não apresentam proteção contra precipitações. Porém, determinadas ações permitem reduzir ou evitar este problema, pelo controle, aumento da frequência do revolvimento, diminuição da altura da leira ou proteção com lona, em períodos de chuva.

A utilização intensiva do solo por determinadas culturas e por certos períodos de tempo leva a sérios problemas para a recomposição da fertilidade natural do solo, sendo que é comum observar também a utilização de fertilizantes químicos cuja aplicação contínua traz efeitos adversos ao solo e ao ambiente que o circunda. Aliado a isso, há também a utilização de agrotóxicos que tem como objetivo o controle de pragas e doenças, mas podem trazer efeitos negativos ao solo, aos recursos hídricos e até mesmo ao ser humano.

Neste contexto, é interessante, identificar materiais substitutos que sejam acessíveis localmente, menos onerosos financeiramente e que sejam menos agressivos ao meioambiente. Ocomposto produzido a partir da degradação de resíduos sólidos urbanos apresenta a vantagem, de apresentar adsorção de alguns elementos que auxiliam na redução da migração de contaminantes para o ambiente. Fisicamente, o composto aumenta a permeabilidade e evita a erosão do solo e auxilia na manutenção da umidade (SHARMA et al., 1997).

A compostagem apresenta muitas vantagens para o ambiente, como o aumento da vida útil do aterro sanitário, a redução na emissão do gás metano, na geração de lixiviado e de forma indireta há a redução nos custos de implantação e operação de sistemas para o tratamento do chorume.

Vale ressaltar que essas vantagens somente serão obtidas se houver um controle adequado do processo. Ademais, deve-se considerar que o metabolismo dos microrganismos envolvidos na compostagem é extremamente sensível às variações de temperatura, ao nível de oxigênio, quantidade e qualidade do material compostável, a relação C/N, ao pH e à disponibilidade de nutrientes, sendo estes os principais fatores que devem ser controlados.

O monitoramento da compostagem e controle dos fatores físicos, físico-químicos e biológicos são necessários para a obtenção de um composto de qualidade para atuar como condicionador do solo ou até mesmo como fertilizante orgânico.

Para que o composto possa ser utilizado de maneira segura e eficiente, ele deve ser corretamente estabilizado, para atingir tal objetivo a matéria orgânica original deve ser convertida para uma forma mais resistente à degradação, contenha quantidades mínimas de componentes fitotóxicos e contaminantes, e seja livre de patógenos de plantas e animais (DICK; MCCOY, 1993; LOPEZ-REAL, 1990; PARR e PAPENDICK 1982; SENESI, 1989; DE BERTOLDI 1998; BARREIRA, 2005).

Apesar do alto nível de desenvolvimento tecnológico atual, a compostagem ainda não alcançou níveis satisfatórios de desenvolvimento, sobretudo em relação à qualidade do

composto a ser aplicado na agricultura. O composto não pode competir com os fertilizantes químicos, em relação à quantidade de nutrientes, entretanto ele poderá ser considerado uma fonte de nutrientes em longo prazo. O composto aplicado corretamente melhora a estrutura do solo devido ao seu alto teor de matéria orgânica, à retenção de água e ao aumento da resistência da planta a doenças, além de poder ser utilizado como um remediador de solos ácidos (ABREU JR et al., 2005; ROTHENBERGER et al., 2006).

Segundo Rothenberger et al. (2006) a frequência e quantidade da aplicação do composto variam de acordo com o tipo de solo e plantio. A quantidade aplicada de composto não pode ser excessiva, a fim de evitar perdas de nutrientes por lixiviação e por erosão superficial, bem como diminuir o risco de contaminação do ambiente (ABREU JR et al., 2005).

Um parâmetro a ser verificado no composto é a condutividade elétrica, este serve como indicativo dos níveis de fitotoxicidade, onde elevados valores de condutividade elétrica e a alta concentração de ácidos orgânicos inibem a germinação de sementes (KIEHL, 2004; AYUSO et al., 1996 e OLIVEIRA, 2001).

Avaliações do composto destacaram que as características de qualidade são herdadas do material de origem, mesmo que no decorrer do processo de compostagem ocorra a influência de outros parâmetros, como o conteúdo e a qualidade dos componentes orgânicos, umidade, tamanho das partículas, concentração de N, pH, potencial patogênico e condutividade, ainda assim, o material de origem apresenta forte influência na qualidade final do composto (LOPEZ- REAL, 1990; SAVAGE, 1996; MERILLOT, 1996; OLIVEIRA, 2000; RODRIGUES, 2004).

Vale salientar que a qualidade final do composto também dependerá do seu propósito de uso, por exemplo, para a utilização na agricultura orgânica os níveis aceitáveis de contaminantes devem ser menores do que aqueles estabelecidos para a cobertura de aterros sanitários, pois o composto orgânico também possui vários micronutrientes, como Cu, Mn e Zn, que podem ser liberados para as plantas após a mineralização, reduzindo ou mesmo substituindo o uso de fertilizantes. Porém o composto de má qualidade, isto é, aquele que é produzido a partir de um resíduo indevidamente coletado e separado, pode conter metais

tóxicos, como Pb, Cr, Cd e Ni, e uma vez adicionados ao solo, podem ser absorvidos pela planta, entrando assim na cadeia alimentar (ABREU et al., 2002).

A qualidade adequada para o composto ainda é um dos maiores desafios relacionados à sua aplicação na agricultura, é comum encontrar limites máximos e mínimos para parâmetros como pH, relação C/N, umidade, metais pesados, ovos viáveis de helmintos, *salmonella ssp*, nitrogênio total, carbono orgânico e capacidade de troca de cátions. Porém, tais parâmetros não garantem a segurança sanitária e ambiental do seu uso na agricultura. Portanto, é necessário ter cautela na aplicação de composto no solo, a fim de reduzir os riscos de contaminação do ambiente. Sendo que as recomendações de níveis de aplicação variam com o tipo de composto usado, solo, cultura e condições ambientais prevalentes na área. De maneira geral, as taxas de aplicação variam de 25 t/ha a 100 t/ha e níveis mais elevados não são incomuns (BARREIRA, 2005).

Doses maiores que 120 t/ha.ano podem ser aplicadas desde que os teores de sódio (concentração salina) sejam monitorados no solo após a aplicação do composto, pois a limitação dos teores de sódio pode indicar aumento de pH, macro e micronutrientes, CTC e carbono orgânico bem como diminuição da densidade e aumento da capacidade de retenção de água (REIS, 2005).

A dosagem do uso de composto em cultivos agrícolas deve ser limitada para evitar perdas de nutrientes por lixiviação e por erosão superficial e, por carga salina, que ao longo de aplicações sucessivas poderá acarretar salinização do solo e danos fisiológicos e nutricionais às plantas (COSTA et al., 2005; ABREU JUNIOR et al., 2005).

Alguns autores afirmam que aplicações repetidas de doses crescentes de composto nem sempre resultam em aumento proporcional da concentração de metais pesados no tecido das plantas (PARCHEN, 1988; FORTES NETO, 1992; REIS, 2005). Por outro lado ao analisar o uso do composto sob a perspectiva do excesso de nitrogênio no solo, foram recomendadas que as aplicações sucessivas de resíduos orgânicos sejam feitas com doses anuais decrescentes até o quinto ano, quando se estabelece o equilíbrio dinâmico entre mineralização e imobilização do N, mantendo-se então a dose constante (ABREU et al., 2002).

É difícil determinar a dose adequada para a aplicação do composto no solo, pois

depende de vários aspectos como o tipo de solo, clima, cultura, da caracterização do composto, entre outros.

3.4 Compostagem no Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Tendo em vista o contexto atual, as questões ambientais vem ganhando importância mesmo que de forma muito lenta, sendo assim a aplicação da compostagem objetivando tratar fração orgânica dos resíduos sólidos e reduzir a quantidade de resíduos encaminhada para os aterros sanitários, se mostra como alternativa viável atualmente (MASSUKADO, 2008).

Cerca de 50% a 60% dos resíduos sólidos domiciliares produzidos no Brasil são constituídos de material orgânico, passíveis de serem compostados. Porém, por não serem coletados separadamente, acabam sendo encaminhados para disposição final inadequada, juntamente com os resíduos perigosos. Tal forma de destinação gera despesas que poderiam ser evitadas caso o material compostável fosse separado na fonte e encaminhado para um tratamento específico (MILANEZ, 2013).

Sendo assim, ao se evitar a disposição da fração orgânica nos aterros sanitários, torna-se possível aumentar a vida útil deste empreendimento e ainda, do ponto de vista econômico, ocorre a diminuição dos gastos com transporte, disposição final e com o tratamento do chorume e lixiviado, caso a compostagem seja realizada em local próximo aos geradores de resíduos. No entanto, devem ser levados em conta os valores para coletar, transportar e tratar a fração orgânica, bem como os custos de implementação e operacionalização de uma unidade de compostagem (MASSUKADO, 2008).

3.5. Métodos de Compostagem

A compostagem é um processo simples que em pequena escala, pode ser realizado em domicílios e escolas. Em média e grande escala é mais comum em fazendas, áreas

públicas e indústrias. O processo de compostagem pode variar de técnicas simples a complexas, de baixo custo e de modelos que fazem uso de dispositivos tecnológicos, que possuem custos mais elevados. No entanto, o bom desempenho da tecnologia escolhida depende da utilização de resíduos adequados para a compostagem e da garantia que o processo biológico ocorra em boas condições (ANDREOLI et al., 2001).

3.5.1. Fases da Compostagem

Durante o processo de compostagem, a decomposição dos materiais orgânicos ocorre em três fases distintas. Sendo que a primeira fase é a fitotóxica, que normalmente dura entre 15 a 20 dias, na qual o composto imaturo, se aplicado como fertilizante orgânico, é danoso às plantas. A segunda fase é a semicura ou bioestabilização, nesse estágio o composto não é mais danoso às plantas, entretanto ainda não apresenta as propriedades ideais. Na terceira fase, ocorre a maturação ou humificação, na qual o composto atinge as propriedades físicas, químicas e biológicas desejáveis, sendo que a sua coloração torna-se mais escura, sem odor desagradável e não é possível identificar o que anteriormente era resto de alimentos, papel, verduras, entre outros (KIEHL, 2004).

No início do processo de compostagem, ocorre a elevação da temperatura devido à proliferação de microrganismos da fase mesófila, na qual os microrganismos mesófilos (formados por bactérias e fungos) começam a degradar a matéria orgânica. O aumento constante da temperatura, que se deve à intensa atividade dos microrganismos, acarreta no início da fase termófila. Os microrganismos mesófilos dão lugar à microrganismos termófilos, formados por actinomicetos e fungos, sendo que nesta fase, a temperatura se eleva ao valor máximo e ocorre de forma mais eficiente a eliminação de microrganismos patogênicos (GOMES, 2011).

Conforme a matéria orgânica biodegradável é reduzida, a temperatura da mistura diminui gradativamente, o que permite o retorno dos microrganismos mesófilos, sendo que ao passar da fase termófila para a mesófila, o composto se encontra semicurado ou estabilizado. O processo de decomposição prossegue, e após aproximadamente de 100 a 120 dias a

temperatura irá baixar até atingir um valor próximo ou igual a temperatura ambiente. Ao atingir este ponto, o composto estará estabilizado e a matéria orgânica humificada. Vale acrescentar que para um composto estar completamente maturado ou estabilizado, não pode faltar água e o oxigênio que é fornecido durante os revolvimentos das leiras ou pilhas de compostagem (KIEHL, 2004).

A compostagem pode ser realizada pelos seguintes métodos: leiras revolvidas ou sistema *windrow*, leiras estáticas aeradas ou *static piles* e o pelo sistema reatores biológicos.

3.5.2 Método de Leiras Revolvidas

No método de leiras revolvidas ou sistema *windrow*, a pilha de resíduos (leira) é montada sobre o solo (compactado ou impermeabilizado). Neste método, a aeração é feita por meio do revolvimento manual ou mecânico e tem como objetivo aumentar a porosidade da pilha e melhorar a homogeneidade dos resíduos e também da temperatura da leira, sendo que a temperatura neste sistema varia das camadas mais externas para as mais internas, sendo que a parte externa apresenta temperaturas menores, e por isso, talvez não consiga atingir níveis letais de temperatura para alguns organismos patogênicos (ANDREOLI et al., 2001).

O sistema *windrow* é muito utilizado para a compostagem de resíduos sólidos domiciliares, por necessitar de baixo valor de investimento, pouca manutenção por não exigir equipamentos de alta tecnologia. No entanto, para a utilização dessa técnica, a escolha do local para a compostagem é muito importante e devem ser consideradas as condições do solo, topografia, drenagem e entorno, pois podem ocorrer vazamentos de chorume e lixiviados que podem ser agravados pelas chuvas (SHARMA et al., 1997).

3.5.3 Método de Leiras Estáticas Aeradas

O método de leiras estáticas ou *static piles*, consiste em colocar as leiras sobre uma tubulação perfurada que é acoplada a um soprador ou exaustor, que injeta ou aspira o ar na massa a ser compostada, sobre esta tubulação pode ser colocada uma camada estruturante, como madeiras ou galhos triturados a fim de facilitar a passagem do ar através da pilha, e por

fim sobreesta camada é montada a leira, porém não há revolvimento nesse sistema. Esse sistema não é recomendado para qualquer tipo de resíduo, sendo restrito a materiais mais homogêneos, tanto em composição, quanto em sua granulometria (ANDREOLI et al., 2001; REIS, 2005).

3.5.4 Reator Biológico

A compostagem realizada em reatores biológicos (*in-vessel*) é um processo com sistema fechado, o qual permite controlar todos os parâmetros importantes do processo, ele é vantajoso devido ao período reduzido da etapa termofílica. Dadas às condições operacionais deste sistema, sua eficiência para a mistura é maior, o que equilibra a temperatura em toda a massa de resíduos, assim garantindo uma eliminação eficiente dos patógenos, vale acrescentar que neste tipo de tratamento há o maior controle dos odores, pois o sistema é fechado e a aeração controlada (FERNANDES; SILVA, 1999).

De acordo com o tipo de equipamento e as características dos resíduos, o tempo de detenção no reator biológico pode variar de 7 a 20 dias, o que exige menos espaço para a sua implantação. A aeração é realizada sob pressão, sendo que essa taxa é facilmente controlável, devido a fato do sistema ser fechado e ser realizado o monitoramento da saída dos gases. Mesmotendouma etapa termófila que é mais rápida e intensa, o composto ainda deve passar por um período de maturação antes de ser utilizado, cabe lembrar que este sistema depende principalmantede equipamentos mecânicos, quando comparado aos sistemas de leiras (FERNANDES; SILVA, 1999).

Os reatores enquadram-se em três grandes categorias, sendo elas os reatores de fluxo vertical, reatores de fluxo horizontal e reatores de batelada. Nos dois primeiros casos, os resíduos passam pelos reatores em fluxo contínuo, no qual o período de detenção é definido pela velocidade com que os resíduos percorrem o trajeto da entrada até a saída do reator. No terceiro tipo, o reator recebe uma determinada quantidade de resíduos, processa-os, e quando a etapa termofílica chega ao final, o reator é aberto, descarregado em batelada, e então recomeça o processo com novos resíduos. O Quadro 1 apresenta os aspectos positivos e negativos decada umdos três métodos de compostagem.

Quadro 1 - Principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de compostagem.

Sistema de compostagem	Vantagens	Desvantagens
Leiras revolvidas	1. Baixo investimento inicial;	1. Maior necessidade de área, pois as leiras tem que ter pequenas dimensões e há necessidade de espaço livre entre elas;
	2. Flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos;	2. Problema de odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;
	3. Simplicidade de operação;	3. Muito dependente do clima. Em períodos de chuva o revolvimento não pode ser feito;
	4. Uso de equipamentos simples;	4. O monitoramento da aeração deve ser mais cuidadoso para garantir a elevação da temperatura;
	5. Produção de composto homogêneo e boa qualidade;	
	6. Possibilidade de rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento;	
Leiras estáticas aeradas	1. Baixo investimento inicial;	1. Necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante a compostagem;
	2. Melhor controle de odores;	2. Operação também é influenciada pelo clima;
	3. Etapa de estabilização mais rápida que o sistema anterior;	
	4. Possibilidade de controle da temperatura e da aeração;	

	5. Melhor uso da área disponível que o sistema anterior;	
Compostagem em reator biológico	1. Menor demanda de área;	1. Maior investimento inicial;
	2. Melhor controle do processo de compostagem;	2. Dependência de sistemas mecânicos especializados, o que torna mais cara a manutenção;
	3. Independência de agentes climáticos;	3. Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos;
	4. Facilidade para controlar odores;	4. Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada;
	5. Potencial para recuperação de energia térmica (dependendo do tipo de sistema);	

Fonte: Adaptado de Reis (2005).

A seleção do sistema de compostagem dependerá das condições locais, da disponibilidade de área, infra-estrutura existente, os custos com a disposição dos resíduos, nível de controle do odor, recursos financeiros disponíveis, necessidade de equipamentos e mão de obra. Vale acrescentar que a qualidade do composto dependerá se os resíduos forem separados na origem e coletados seletivamente (FEHR; CALÇADO, 2000; REIS, 2005; NEWMAN, 2005).

3.5.5 Maturação do Composto Orgânico

O composto maturado é o resultado da decomposição adequada da matéria orgânica pela ação microbiológica, sendo que para um composto ser considerado de qualidade, ele deve apresentar uma maturidade ideal, bem como características e propriedades que não o tornem impróprio para o uso agrícola (KIEHL, 2004).

Existem vários testes simples e rápidos para acompanhar a maturação do composto

como a medição da temperatura, do pH e da condutividade elétrica, pois ao longo da maturação do composto, a fração mineral total torna-se maior e a condutividade elétrica decresce, sendo que a condutividade pode reduzir em 50% da fase inicial até a metade do processo de maturação.

Outro modo de determinar o grau de maturação do composto é através da utilização de plantas sensíveis em testes biológicos, para assim saber o potencial fitotóxico do fertilizante. A fitotoxicidade pode ser usada como um indicador de que o composto pode não estar totalmente curado ou que possui poluentes tóxicos, sendo que os compostos orgânicos mal curados interferem no desenvolvimento das plantas (CERRI et al., 2008).

O composto maturado além de possuir nutrientes e minerais para as plantas, apresenta boas propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas ao uso no preparo de substratos, para canteiros de sementes de flores, hortaliças, culturas em sulco, em cobertura levemente incorporada ao solo (KIEHL, 2004).

O composto estabilizado deve apresentar coloração escura, cheiro agradável de terra molhada, aspecto de terra, baixa temperatura, redução de 1/3 da biomassa inicial e material homogêneo, de modo que não seja possível identificar os materiais utilizados no início da compostagem (COOPER et al., 2010).

Segundo Cooper et al. (2010), um composto de qualidade deve apresentar como resultado de sua análise química, uma relação C/N em torno de 10 a 12/1, e pH superior a 6,0, além de macro e micronutrientes. O composto orgânico é mais eficaz quando é utilizado logo após a finalização do processo de compostagem, porém caso não seja possível utilizá-lo imediatamente, o composto deve ser armazenado em um local adequado, mantendo-o longe do sol, da chuva e se possível coberto com lona (CERRI et al., 2008).

3.6 Fatores que Interferem na Compostagem

3.6.1 Temperatura

A temperatura é um fator que possui grande importância na compostagem, pois permite que a evolução da atividade dos microrganismos ao longo do tempo seja avaliada, influencia na velocidade do processo de compostagem e na qualidade do composto final (GOMES, 2011).

A compostagem possui três fases que ocorrem de forma sequencial. A fase mesófila, antecede a fase termófila, apresenta curta duração e as temperaturas atingem valores entre 20 e 45°C (MASSUKADO, 2008).

De acordo com Cooper et al. (2010), na fase termófila a temperatura pode exceder a 70 °C, porém não deve permanecer muito elevada por longos períodos, pois eliminam os microrganismos necessários e desejáveis para o processo de bioestabilização do composto. Vale acrescentar que a manutenção da temperatura termófila por um determinado período garante a quase completa erradicação de ervas daninhas e microrganismos patogênicos, contribuindo assim, para uma melhor qualidade sanitária do composto (BIDONE; POVINELLI, 1999; ANDREOLI, 2001; KIEHL, 2004), mas elevadas temperaturas levam a grandes perdas de nitrogênio, na forma de amônia, o que leva ao empobrecimento nutricional do composto (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Russo (2003) afirma que altas temperaturas podem causar a inibição do crescimento e até mesmo a morte de microrganismos. Enquanto, Kiehl (2004) considera que uma faixa ótima para a compostagem é de 50 a 55°C. A fase de resfriamento é marcada pela queda da temperatura, até que essa se iguale a temperatura ambiente alcançando a fase de maturação do composto (CERRI et al., 2008).

3.6.2 Umidade

A umidade é um fator importante e deve ser controlado durante o processo de compostagem, pois se trata de um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, na qual a presença de água para atender as necessidades fisiológicas dos microrganismos é fundamental. O teor de umidade da massa de resíduos depende das condições físicas iniciais do material utilizado, do tamanho das partículas e do estágio de decomposição na qual a leira se encontra (COSTA et al., 2015).

A faixa de variação recomendada para a umidade é entre 40% e 60%, com valor ótimo de 55%. Quando a umidade do material for inferior a 40%, a decomposição ocorrerá de forma lenta e as bactérias estarão pouco ativas, o que retarda o desenvolvimento do processo levando ao predomínio da ação de fungos. Quando a umidade for superior a 60%, o material ficará encharcado ou molhado. Com alto teor de umidade os espaços vazios são ocupados com água, o que limita a difusão do oxigênio e a ocupação do ar (KIEHL, 2004).

Os microrganismos aeróbios necessitam de ar e água sendo de grande relevância dosar esses dois componentes de forma adequada, mantendo-os em seus valores ótimos, pois o teor de umidade acima de 65%, leva a anaerobiose do sistema e a liberação de maus odores. A fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares na maioria dos casos apresenta umidade de 55%, afirmando que a compostagem representa uma alternativa viável para o seu tratamento (KIEHL, 2004).

3.6.3 Aeração

A aeração é o fator mais importante a ser considerado durante o processo de decomposição da matéria orgânica, pois quando se trata de um processo aeróbio, é importante prover a aeração necessária à composteira, permitindo o desenvolvimento de microrganismos aeróbios (GOMES, 2011).

A aeração é proporcionada pelo revolvimento, uma atividade importante durante o processo de compostagem, que introduz ar atmosférico novo, rico em oxigênio, sendo este consumido rapidamente pelo metabolismo microbiano. O revolvimento possui a função de aerar a leira de modo a liberar o ar contido na leira que está saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos microrganismos. A aeração dissipa o calor e/ou umidade em excesso. Existem várias formas de aerar uma leira, as principais são o revolvimento manual, o mecânico e a injeção de ar.

O processo de compostagem em ambiente aeróbio ocorre de maneira mais rápida, não produz odores desagradáveis e não há proliferação de moscas, entretanto se os níveis de oxigenação forem inadequados, os microrganismos aeróbios diminuem significativamente e promove o crescimento de microrganismos anaeróbios (RUSSO, 2003). No processo de decomposição anaeróbia, as bactérias decompõem a matéria orgânica por fermentação, esse processo é definido pela baixa temperatura, geração de maus odores e maior tempo de cura quando comparado ao processo aeróbio, além da tendência do composto se tornar ácido (KIEHL, 2004).

A falta de oxigênio leva à formação e acúmulo de dióxido de carbono e metano, que são característicos da fermentação anaeróbia. Em contrapartida, o excesso de aeração pode tornar a leira muito seca e prejudicar a distribuição uniforme de ar por toda a massa (KIEHL, 2004).

A quantidade de oxigênio necessária para a compostagem depende do estágio do processo, do tipo do resíduo, do tamanho da partícula e da umidade do substrato, pois na primeira fase da compostagem, na qual a degradação ocorre de forma rápida, há grande necessidade de oxigênio enquanto que na fase seguinte, a de maturação, há uma redução na atividade microbiana, sendo assim a necessidade de aeração é menor (ANDREOLI et al., 2001).

3.6.4 pH

O pH do material orgânico varia de 3 a 11, no entanto considera-se que valores ideais de pH estão entre 5,5 e 8,0, pois é nesta faixa que ocorre uma melhor adaptação dos microrganismos. As bactérias optam por ambientes com pH neutro, enquanto os fungos têm preferência por ambientes mais ácidos (RUSSO, 2003).

No início do processo há uma redução no valor do pH, isso se deve a presença de ácidos orgânicos nos resíduos que liberam íons H^+ , porém com o decorrer do processo o pH do composto aumenta, atingindo um valor superior a 8,0 com alcalinização do meio (KIEHL, 2004).

Caso o pH da mistura possua valores muito baixos ou muito elevados, o processo de compostagem pode se tornar problemático. Com valores iniciais de pH abaixo de 5,0 há uma redução significativa na atividade microbológica e a leira pode não alcançar a fase termófila, enquanto que valores altos de pH no início do processo provocam deficiência de fósforo, de micronutrientes (exceto Mo e Cl) e perdas de N por volatilização, devido à transformação do NH_4^+ (amônio) em NH_3 (amônia) (REZENDE, 2005).

3.6.5 Relação Carbono/Nitrogênio

O carbono e o nitrogênio são elementos indispensáveis para o crescimento e divisão das células dos microrganismos. O carbono é fonte de energia para os microrganismos enquanto que os materiais ricos em nitrogênio aceleram a compostagem, pois esse nutriente é importante para o crescimento dos microrganismos por ser um elemento fundamental para a síntese de proteínas. A relação C/N adequada contribui para o crescimento e atividade dos microrganismos que são responsáveis pela degradação da matéria orgânica, proporcionando assim a produção do composto em um período de tempo menor. (CERRI et al., 2008).

No decorrer do processo de decomposição do material, os microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio na relação de 30 para 1. Para que ocorra uma rápida e eficiente degradação da matéria orgânica o intervalo recomendado da relação C/N é de 25/1 a 35/1 (KIEHL, 2004). A relação C/N depende dos microrganismos e também do meio de crescimento, onde 2/3 do carbono são eliminados para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2) e 1/3 do carbono, em conjunto com o nitrogênio, é utilizado nas reações celulares (RUSSO, 2003).

A relação C/N indicada deve ser atendida para que o processo de compostagem ocorra de maneira adequada, pois os microrganismos degradam o carbono orgânico apenas quando houver nitrogênio suficiente para o seu crescimento. Durante a compostagem, a relação C/N é corrigida, de modo que o composto humificado terá a relação C/N em torno de 10/1. Caso a relação C/N inicial seja elevada, faltará nitrogênio para os microrganismos e por consequência o processo de compostagem levará mais tempo. Nesse caso, o nitrogênio será reciclado entre as células microbianas até que a matéria orgânica seja totalmente degradada e o excesso de carbono seja eliminado na forma de gás carbônico. Caso a relação C/N seja baixa, o excesso de nitrogênio será eliminado na forma de amônia, até atingir a relação C/N ideal de 30/1 (KIEHL, 2004).

A decomposição da matéria orgânica ocorre de acordo com a estrutura molecular de cada material. Os materiais ricos em carbono, como resíduos de poda, capina e serragem, são degradados mais lentamente do que a fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares, que são ricos em nitrogênio (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Na Tabela 1 são apresentados alguns valores de referência para a relação C/N para diferentes materiais.

Tabela 1: Relação C/N para diferentes materiais a serem compostados.

Materiais	Relação C/N
Esterco bovino	28-25/1
Restos vegetais	15-20/1
Gramma	15-25/1
Folhas secas	30-80/1
Jornal	50-200/1
Palha de cereais	48-150/1
Serragem	20-500/1

Fonte: adaptado de DIAZ e SAVAGE (2007).

Na Tabela 2 é apresentada a relação entre os intervalos da relação C/N, os problemas e as consequências para o processo da compostagem.

Tabela 2: Problemas e consequências devido a diferentes intervalos da relação C/N durante o processo de compostagem de RSD.

Relação C/N	Problema	Consequência
Acima de 50/1	Deficiência de nitrogênio.	Tempo de maturação mais prolongado.
Entre 25/1 e 31/1	Não há.	Tempo de maturação ideal, caso outros fatores também sejam atendidos.
Menores que 10/1	Perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia.	Tempo de maturação reduzido.

Fonte: Adaptado de Kiehl (2004)

3.6.6 Microrganismos

No processo de compostagem, um ambiente aeróbio é importante para que haja atividade microbiana e mais ainda para que esta se desenvolva. Através da ação biológica há a transformação da matéria orgânica bruta em matéria orgânica humificada, sendo que neste processo atuam fungos, insetos, bactérias, actinomicetos, anelídeos, dentre outros. O desenvolvimento da comunidade microbiana está ligado a composição física e química favorável da matéria-prima orgânica e a presença de umidade e oxigênio, que são indispensáveis para o metabolismo dos microrganismos (COOPER et al., 2010).

Os microrganismos necessitam de macronutrientes que são absorvidos em quantidades maiores e de micronutrientes, que são assimilados em proporções menores. Sendo que o carbono e o nitrogênio são os macronutrientes consumidos em maiores quantidades, sendo que o carbono é utilizado como fonte de energia, que é oxidado na forma de CO₂, já o nitrogênio é o componente principal das proteínas a serem sintetizadas (KIEHL, 2004).

3.6.7 CTC

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é um parâmetro muito importante durante o processo de compostagem, por ser um indicativo do grau de maturação do composto. A alta capacidade de retenção de cátions apresenta uma grande melhoria na ciclagem de nutrientes por mais tempo e em quantidades essenciais para o desenvolvimento de plantas e hortaliças (PEREIRA; FIALHO, 2013).

De acordo com Cotta et al. (2015), para que se obtenha uma boa capacidade de troca catiônica no composto final, esta dependerá do tipo de material presente, do pH, do grau de decomposição da matéria orgânica e da superfície específica.

A CTC aumenta durante o processo de humificação da matéria orgânica, isso ocorre devido às substâncias húmicas serem colóides que apresentam um elevado número de partículas carregadas negativamente e por possuírem grande superfície específica, sendo que nesta última é onde ocorre a atração de cátions possibilitando a sua troca com o meio (PEJON; RODRIGUES, 2015).

As cargas negativas que são responsáveis pelo acréscimo da CTC se devem a ocorrência de diferentes grupos funcionais, como os carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH₃), já que estes são encontrados nos ácidos orgânicos presentes no composto estabilizado (COTTA et al., 2015).

Para que a CTC seja completa e esteja em proporções adequadas, deve conter todos os cátions permutáveis do solo (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H⁺, Al³⁺), mas também o equilíbrio nas quantidades disponíveis desses elementos (RONQUIM, 2010).

O solo que contém maiores proporções de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, que estão presentes na CTC, é mais adequado e benéfico para o crescimento das plantas. No entanto, caso a CTC possua uma parcela de cátions tóxicos como o H⁺ e Al³⁺, o resultado será a obtenção de um solo desprovido de nutrientes (RONQUIM, 2010).

De acordo com a Instrução Normativa nº 35/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006) o valor mínimo de CTC que deve estar presente nos condicionantes do solo é de 200 mmol c/kg (centimol de carga por quilograma). Sendo que valores abaixo desta concentração apontam solos com pequena capacidade de retenção de cátions, o que consequentemente afetará a aplicação de altas dosagens de adubação e, portanto, será necessário reduzi-las em pequenas frações para serem evitadas as elevadas perdas por lixiviação. Reis (2005) afirma que a faixa ótima de CTC para um composto final é entre 600 a 800 mmol c/kg.

3.6.8 Granulometria

O tamanho das partículas envolvidas na compostagem deve ser mantido dentro de uma faixa de variação adequada, já que esta influencia em outras variáveis, como a umidade, aeração, temperatura, compactação e na ação dos microrganismos.

De acordo com Costa et al. (2015), se a massa de compostagem contiver partículas de tamanho pequeno, esta terá uma maior superfície específica de contato favorecendo a decomposição mais acelerada da matéria orgânica. No entanto, caso as partículas sejam maiores, ocorrerá uma redução na atividade microbiológica aumentando assim o tempo necessário para o composto atingir a maturação (KIEHL, 2004).

O processo de compostagem pode ser comprometido caso não seja realizado de forma adequada, pois a presença de partículas finas favorece a retenção de água, o que pode acarretar complicações de aeração, compactação e encharcamento. Problemas com compactação e encharcamento podem inibir a propagação do oxigênio na leira, fazendo com que predomine a anaerobiose no processo e tendo como consequência o desprendimento de gases como o gás sulfídrico, que provoca odores desagradáveis durante a compostagem. Quanto à aeração, esta tende a estar mais presente na massa de compostagem se o material utilizado apresentar granulometria grosseira, pois os espaços vagos presentes no meio vão favorecer a troca do gás carbônico pelo oxigênio (KIEHL, 2004).

No início do processo de compostagem, é recomendado que os resíduos sejam previamente triturados para atingir a granulometria recomendada, com a finalidade de promover a homogeneização da mistura a ser compostada, reduzir a compactação, melhorar a porosidade, elevar a eficiência da aeração e diminuir o tempo de compostagem (PEREIRA NETO, 2007).

3.6.9 Qualidade do Composto

O composto orgânico produzido no processo de compostagem atua como um excelente fertilizante orgânico para o solo com propriedades físico-químicas e biológicas favoráveis para o desenvolvimento de culturas vegetais, e por estes motivos desperta o interesse para uso agrícola (SANTOS et al., 2014).

Com relação às propriedades físicas, o material orgânico promove o aumento da capacidade de retenção de água que será um fator importante durante os períodos críticos de secas, devido à produção estar diretamente associada à quantidade de água disponível no solo. O material orgânico também pode favorecer as propriedades químicas e físico-químicas no sentido de aumentar a disponibilidade de macro e micronutrientes, a capacidade de troca catiônica e possibilita avanços nas propriedades biológicas, no que se refere à proliferação de microrganismos benéficos que trabalham no controle de fitopatógenos (SANTOS et al., 2014).

Para assegurar que o composto tenha as qualidades exigidas pelos vários usos

agrícolas, recomenda-se a realização de frequentes monitoramentos de parâmetros físico-químicos e biológicos (MASSUKADO; SCHALCH, 2010).

No Quadro 2 são apresentadas as fases em que um resíduo orgânico pode atingir no processo de compostagem e seus respectivos usos agrícolas.

Quadro 2 – Classificação do composto e seu respectivo uso agrícola.

Produto	Características	Uso agrícola
Matéria orgânica crua	Matéria prima que pode ser transformada em composto.	Não recomendável para uso direto como fertilizante.
	Material cru que até então não iniciou sua degradação.	
Composto imaturo	Matéria orgânica em decomposição incompleta.	Pode ser aplicado em culturas perenes, em covas de plantas arbóreas. Quando inserido no solo é recomendado aguardar um tempo para depois semear.
	Não é considerado um composto bioestabilizado.	
Composto semicurado ou bioestabilizado	Composto com relação C/N igual ou menor que 18:1, pH acima de 6 e que permaneceu por um bom período na fase termófila.	Pode ser aplicado no fundo do sulco de plantio juntamente com sementes ou em contato com as raízes das mudas transplantadas.

Composto maturado, humificado	Composto altamente bioestabilizado, tendo produzido húmus e sais minerais.	Pode ser utilizado para o preparo de substratos para vasos, canteiros de sementeiras de flores e hortaliças, culturas em sulco, covas ou em cobertura.
-------------------------------	--	--

Fonte: Kiehl (2004).

A fase mais adequada para a utilização ou aplicação do composto orgânico no solo é a dematuração ou estabilização, onde é encontrado um material orgânico com pH de 6,5 e relação C/N inferior a 18:1 (ABREU JUNIOR et al., 2005).

O monitoramento da compostagem pode ser realizado utilizando como parâmetro a condutividade elétrica, pois esta indica a liberação de íons através da mineralização da matéria orgânica e também por que a salinidade de fertilizantes pode afetar o desenvolvimento vegetal (JEONG, 2017). Para evitar danos às plantas pelo uso do composto, os sais solúveis totais não devem exceder 1,5 mS/cm (mili Siemens/ centímetro) para culturas de viveiro e 2,0 mS/cm para cultivo (TITTARELLI, 2011).

Segundo Abreu Junior et al. (2005), a aplicação de quantidades elevadas de composto numa plantação não é recomendado, para evitar perdas de nutrientes por lixiviação e por erosão superficial. Enquanto Oliveira, Lima e Cajazeira (2004) sugerem constantes aplicações em pequenas quantidades, obtendo assim resultados mais eficientes do que grandes quantidades aplicadas a longos intervalos.

4. Procedimentos Metodológicos

Como procedimentos metodológicos de pesquisa, foi utilizada a revisão bibliográfica de referenciais teóricos como livros e pesquisas indicados pelo orientador, mas também sites, artigos, teses e revistas científicas.

A partir da revisão da bibliografia e da junção destes conhecimentos, foi feita a análise dos dados, com o objetivo de identificar aspectos positivos e negativos referentes ao uso do composto estabilizado como meio de cultura para o crescimento de mudas.

Este trabalho acadêmico está inserido no âmbito do Projeto Temático Fapesp, processo número 2015/06246-7, intitulado: “Aplicação do conceito de biorrefinaria a estações de tratamentobiológico de águas residuárias: o controle da poluição ambiental aliado á recuperação de matéria energia”.

Os principais trabalhos científicos que foram consultados para compor os dados utilizados na presente pesquisa foram: (Paulino et al., 2003), (Alves et al., 1999), (Rigon et al.,2010), (Souza, 2012), (Gonçalves et al., 2014) e (Galbiatti et al., 2007).

Para a obtenção dos dados experimentais, foram utilizados majoritariamente tratamentos com quantidades diferentes de substrato, com apenas solo, até 25%,50%, 75% e100%, além de utilizar o adubo comercial. E para aumentar a confiabilidade dos dados, o delineamento experimental realizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições onde cada pesquisa utilizou mudasde espécies vegetais diferentes.

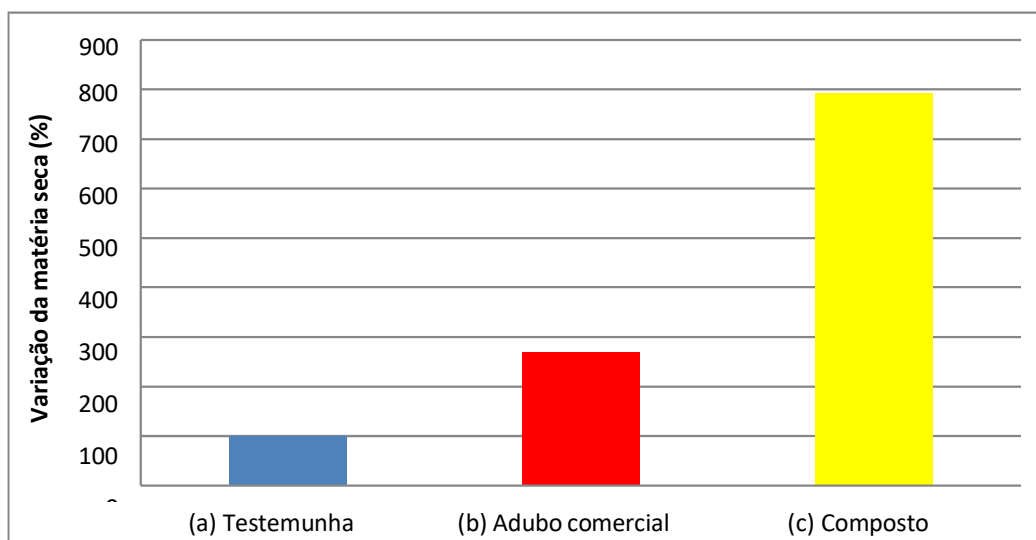
Os dados das espécies vegetais utilizados como padrão foi a pesagem da matéria seca, tanto da parte aérea quanto parte radicular das plantas. Para padronizara comparação dos dados,foi considerado de que o crescimento normal (natural ou esperado) de uma planta em uma porção de solo (testemunha) em condições rotineiras é de 100 %, de modo que os resultados quefossem maiores ou menores que o crescimento natural poderiam ser analisados como sendo positivos ou negativos, e a partir disso foi possível perceber as diferenças entre os resultados demonstrados por cada um dos estudos.

5. Resultados e Discussão

A seguir são apresentados e discutidos os dados levantados referentes ao crescimento de mudas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, Girassol, *Tecoma stans* (Ipê mirim), Alface Mimosa e Couve Manteiga da Georgia, *Sorghum bicolor* L. Moench variedade Ag 405 (Sorgo) e Eucalipto, em solo (testemunha), em solo com Adubo comercial (N,P,K) e em um recipiente contendo os resíduos sólidos domiciliares compostados (Composto).

O dado que foi comparado para cada uma das espécies vegetais foi o resultado da pesagem da matéria seca, tanto da parte aérea quanto parte radicular das plantas. Nas Figuras 1-7 a seguir são apresentadas as porcentagens de crescimento das mudas em cada meio de cultura.

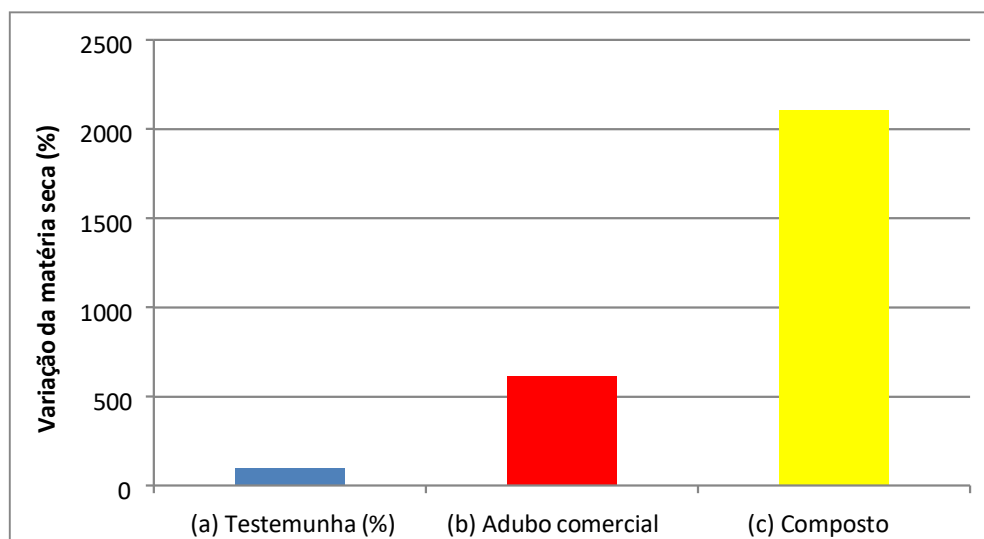
Figura 1: Crescimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de PAULINO et al. (2003).

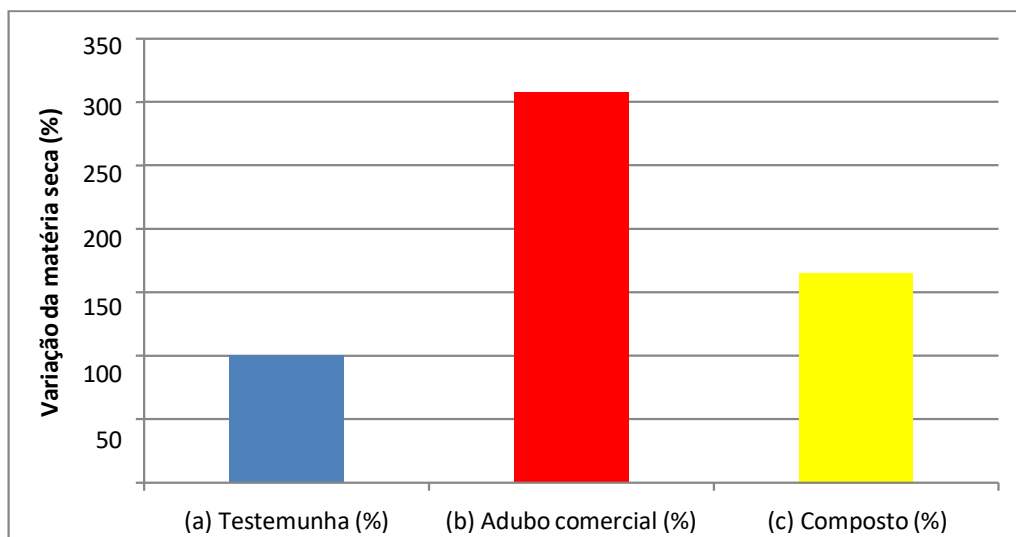
Figura 2: Crescimento de *Panicum maximum* cv. Tanzânia.



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de PAULINO et al. (2003).

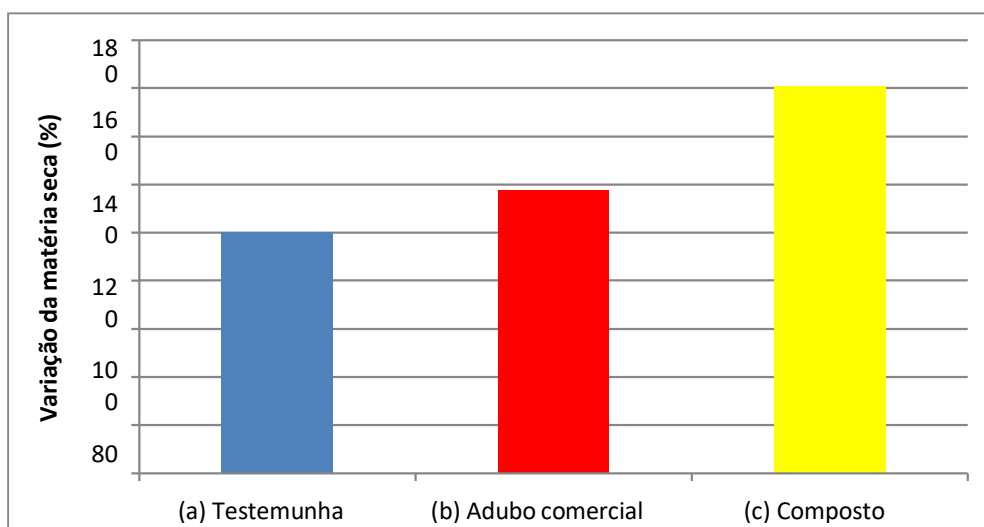
Figura 3: Crescimento do Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench variedade Ag 405).



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de ALVES et al. (1999).

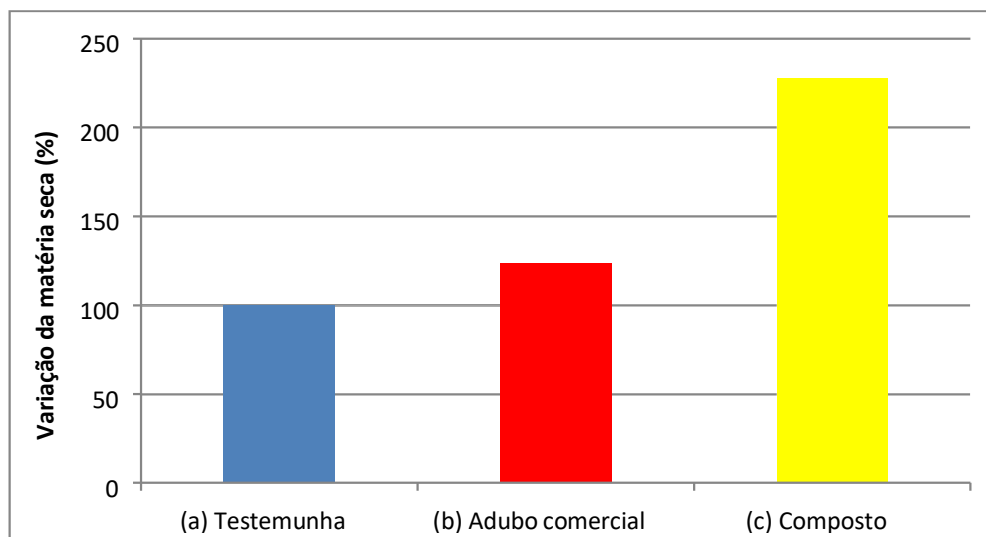
Figura 4: Crescimento do Girassol.



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de RIGON et al. (2010).

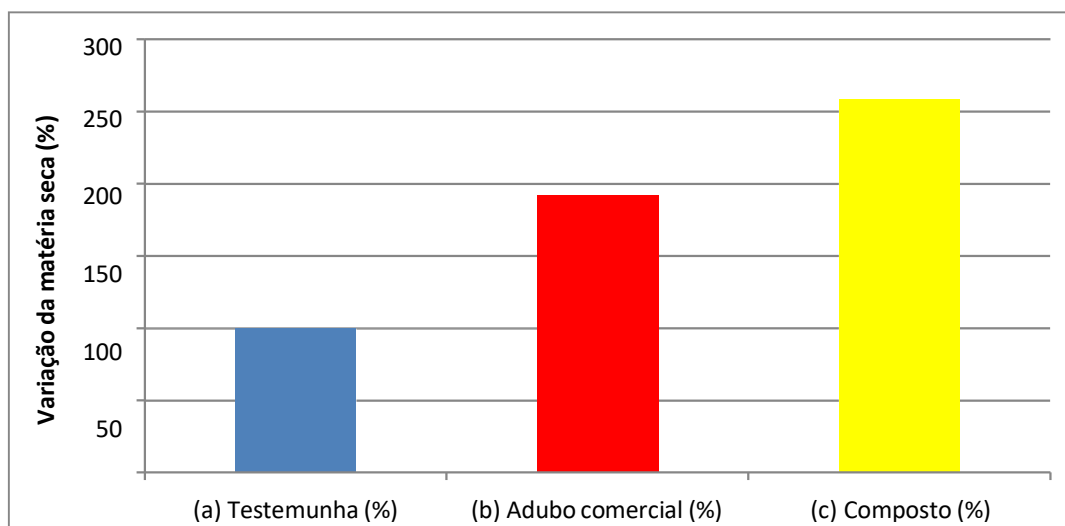
Figura 5: Crescimento do Ipê mirim (*Tecoma stans*).



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

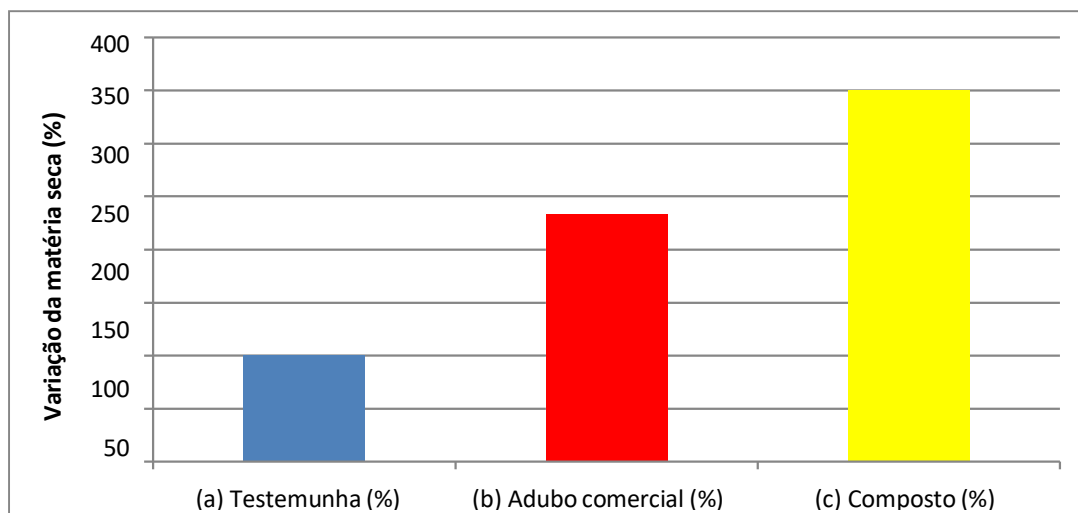
Fonte: Elaborado a partir de SOUZA (2012).

Figura 6: Alface Mimosa.



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de GONÇALVES et al. (2014).

Figura 7: Couve Manteiga da Georgia.

* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS.(c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de GONÇALVES et al. (2014).

Quadro 3: Respetivos resultados de matéria seca atingidos por cada espécie em cada meio de cultura.

Espécie Vegetal	Matéria Seca			Unidade
	Testemunha	Adubo comercial	Substrato	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	1,69	4,55	13,39	g / vaso
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	0,58	3,56	12,21	g / vaso
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench variedade Ag 405)	9,2	28,3	15,2	g / vaso
Girassol	588,74	691,8	945,56	kg / ha
Ipê mirim (<i>Tecoma stans</i>)	9,22	11,39	20,99	g
Alface Mimosa	0,12	0,23	0,31	g
Couve Manteiga da Georgia	0,12	0,28	0,42	g

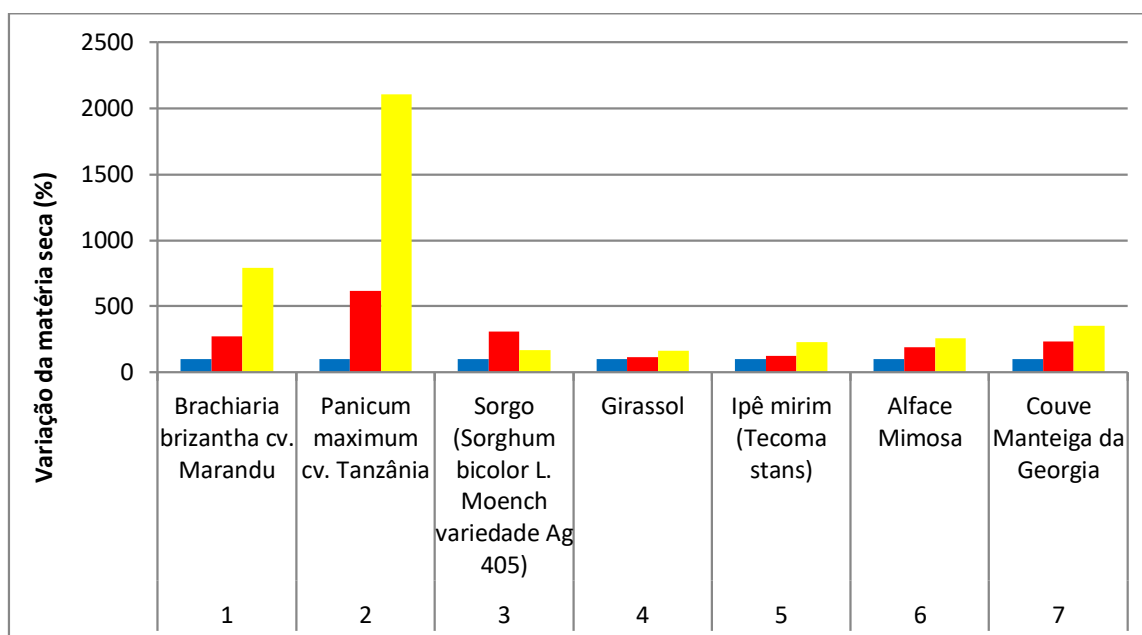
Fonte: Autor (2021).

Quadro 4: Apresentação das respectivas porcentagens de crescimento de acordo com o meio de cultura.

Espécie Vegetal	Testemunha (%)	Adubo Comercial (%)	Composto (%)
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	100	269,23	792,31
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	100	613,79	2105,17
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench variedade Ag 405)	100	307,61	165,22
Girassol	100	117,51	160,61
Ipê mirim (<i>Tecoma stans</i>)	100	123,54	227,66
Alface Mimosa	100	191,67	258,33
Couve Manteiga da Georgia	100	233,33	350,00

Fonte: Autor (2021).

Figura 8: Comparativo das Figuras 1 a 7



*Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubocomercial VS.(c) Composto.

Fonte: Autor (2021).

De acordo com os resultados apresentados foi verificado um crescimento significativona maioria das espécies analisadas pelo uso do composto em comparação com as amostras testemunha e adubo comercial, enquanto que em apenas um dos casos o crescimento das mudas foram superiores com o uso de adubo comercial.

A utilização do composto apresentou resultados positivos em ganho de matéria seca, como oque foi visto na espécie *Panicum maximum* cv. *Tanzânia* que apresentou um crescimentoaproximado de 2105 % comparado a porcentagem de 613 % obtida com a aplicação do adubo comercial, ambos superiores as amostras testemunhas, que é tida como o crescimento natural da espécie vegetal no solo.

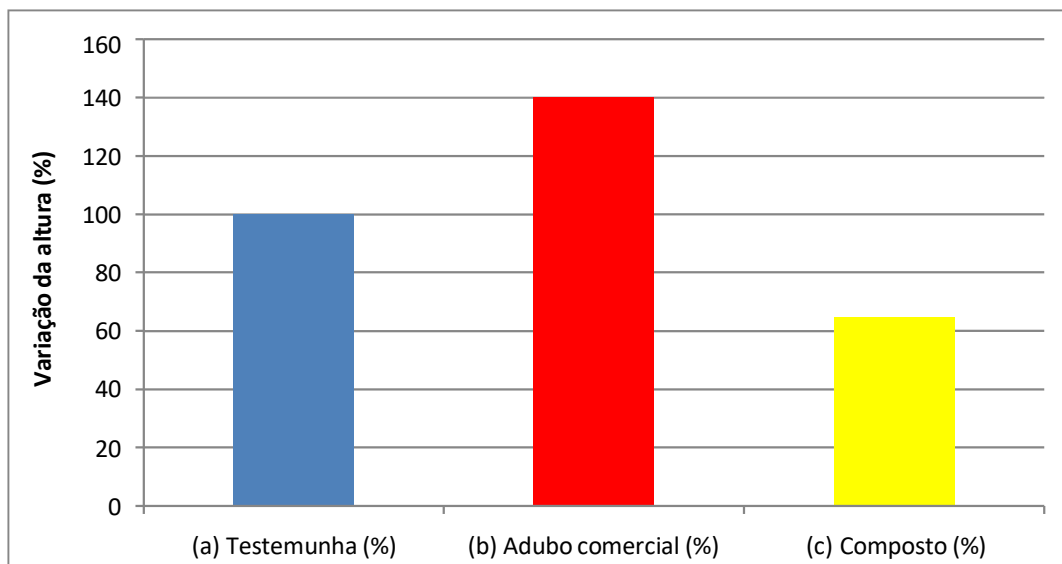
A espécie que apresentou o pior resultado em ganho percentual de matéria seca foio Girassol, com ganho de aproximadamente 160 % com aplicação de composto, e os que foram submetidos ao Adubo comercial apresentaram aproximadamente 117 %, quando comparadas as amostras testemunhas.

Vale ressaltar que a espécie de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. *Moench* variedade Ag 405)foi a que apresentou o menor crescimento das mudas com o uso do composto (aproximadamente 165 %) em relação a aplicação de adubo comercial (com aproximadamente 307 %).

O menor crescimento ou acúmulo de matéria seca provavelmente se deve a algumas variáveis, como as diferenças existentes entre as espécies vegetais, quantidade de irrigação, a quantidade de nutrientes presentes no substrato, incidência de luz solar, o favorecimento do plantio em estações do ano com condições climáticas mais favoráveis, variação na composiçãodos resíduos sólidos domiciliares de cada em região. Portanto, diversas variáveis que podem ter influenciado no resultado encontrado em cada trabalho.

Ainda há a possibilidade de que o composto pode ter inibido o crescimento das mudas de algumas culturas vegetais pela presença de substâncias tóxicas, como foi o caso da cultura deEucalipto, onde os dados comparativos da altura da parte aérea das mudas apresentaram um crescimento inferior que as amostras testemunhas (Figura 8).

Figura 9: Crescimento do Eucalipto.



* Porcentagens de crescimento das espécies nos meios de cultura (a) Testemunha VS. (b) Adubo comercial VS. (c) Composto.

Fonte: Elaborado a partir de GALBIATTI et al. (2007).

Sendo assim deve-se atentar para o fato de que aplicações sucessivas e doses elevadas de composto proveniente de resíduos sólidos domiciliares compostados, sem o devido monitoramento, podem causar efeitos negativos ao solo e às plantas (GALBIATTI et al., 2007).

6. Conclusão

Através deste estudo, foi possível concluir que a utilização de resíduos sólidos urbanos domiciliares compostados podem ser utilizados como substrato para o crescimento de mudas.

Verificou-se que com a utilização do composto, houve um crescimento maior das mudas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, Girassol, *Tecoma stans* (Ipê mirim), Alface Mimosa e Couve Manteiga da Georgia, do que com a aplicação de adubo comercial.

Sendo que o maior acúmulo de matéria seca percentual ocorreu na cultura de *Panicum maximum* cv. *Tanzânia* e o menor no Girassol.

No caso do *Sorghum bicolor* L. Moench variedade Ag 405 (Sorgo), as mudas cultivadas com composto apresentaram um desempenho inferior ao uso de adubo comercial.

Foi possível verificar que, devido a várias espécies vegetais terem apresentado um bom resultado de crescimento/acúmulo de matéria seca, o composto possui os nutrientes necessários para o desenvolvimento das espécies vegetais.

Foi comprovado que o composto pode ser uma alternativa com o potencial de substituir o adubo comercial para algumas espécies vegetais. Porém, vale ressaltar o caso das espécies Sorgo e Eucalipto, servem de indicadores de que o composto pode inibir o crescimento de determinadas culturas. Sendo assim, se houver interesse em substituir o adubo comercial pelo biocomposto deve-se realizar estudos de campo, para verificar se esta é uma opção viável para a espécie vegetal de interesse.

Diversas variáveis não foram monitoradas nos estudos abordados e tais variáveis podem apresentar algum efeito significativo no crescimento das culturas vegetais devendo serem temas de futuros trabalhos.

7. Referências Bibliográficas

ABRELPE. **Panorama do Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**, p. 13-18 e 64-65, 2019.

ABREU, M.F. de; ABREU, C.A. de; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A.M.C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.17-28, 2002.

ABREU JUNIOR., C. H.; MURAOKA, T. LAVORANTE A. F. & ALVAREZ, V. F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 635-647, 2000.

ABREU JUNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Ciência do Solo**, p.391-470, 2005.

ALVARENGA, P.; PALMA, P.; GONÇALVES, A. P.; FERNANDES, R. M.; CUNHA- QUEDA, A. C.; DUARTE, E.; VALLINI, G. Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. **Environmental International**, v.33, p.505-513, 2006.

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. **Efeito do Composto de Lixo Urbano em um Solo Arenoso e em Plantas de Sorgo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP, 1999.

ANDRADE, G. de C. **Efeitos da aplicação de composto orgânico de lixo urbano e de fertilizante mineral em povoamentos de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden**. Tese (Doutorado) - Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p.132, 2002.

ANDREOLI, Cleverson Vitorio. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

ANJOS, Ângela Santos de Jesus Cavalcante dos. **Substratos orgânicos no crescimento inicial de mudas de Cassia grandis L. f.** Monografia (Especialização - Curso de Tecnologia em Agroecologia) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, p.39, 2017.

ARAÚJO, Daniel Barbosa. **Produção de mudas de espécies ornamentais em substratos a base de resíduos agroindustriais e agropecuários**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Fortaleza-CE, p.72, 2010.

AYUSO, M.; PASCUAL, J.A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. Evaluation of Urban Wastes for Agricultural Use. **Soil Science Plant Nutrition**. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, v. 42, p. 105-111, 1996.

BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p.22, 2003.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, p.109, 1999.

BOENE, H. C. A. M., NOGUEIRA, A. C., SOUSA, N. J., KRATZ, D., & SOUZA, P. V. D de. (2013). Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Revista Floresta**, v. 43, n. 3, p. 407-420, 2013.

BRUGNARA, Eduardo Cesar. Cama de aviário em substratos para mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 3, p. 21-30, 2014.

CABRAL, Manoel Batista Grifo et al. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizados no sul do Estado do Espírito Santo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2011.

CAIONE, Gustavo; LANGE, Anderson; SCHONINGER, Evandro Luiz. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis/Forest Science**, v. 40, n.94, p. 213-221, 2012.

CARMO, Marina Conceição et al. Compostagem e borra de café como substrato na produção de mudas de jiló. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.15, n. 27, p.70-79, 2018.

CERRI, C. E. P.; OLIVEIRA, E. C. A. de; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Dissertação (Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba- SP, p. 19, 2008.

COOPER, M.; ZANON, A. R.; REIA, M. Y.; MORATO, R. W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba:ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2010. 35p.

COSTA, Mauro Corrêa da et al. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.19-24, 2005.

COSTA, Amanda Rodrigues Santos et al. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista Geama**, Recife, v. 2, n. 1, p.1-15, 2015.

COTTA, Jussara Aparecida de Oliveira et al. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária**, São Carlos, v. 20, n. 1, p.65-78, 2015.

DE BERTOLDI M. Composting in the European Union. **BioCycle**. p.74-75, 1998.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M. Factors that affect the process. In: Diaz, L. F.; De Bertoldi, M.; Bidlingmaier, W. (Org.). *Compost Science and Technology*. 1 ed. Stentiford. 2007, p. 49-65.

DICK, W.A.; MCCOY, E.L. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: Hoitink e Keener (editors). **Science and Engineering of Composting: design, environmental, microbial and utilization aspectos**. Wooster (Ohio): The Ohio State University; 1993, p. 622-644.

ECKHARDT, Daniel Pazzini. **Fertilizantes orgânicos: índice de eficiência e produção de alface, cenoura e mudas de eucalipto**. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, p. 98, 2015.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de Mimosa setosa Benth. **Ciência Florestal**, v.26,n. 4, p. 1075-1086, 2016.

FAVALESSA, M. **Substratos Renováveis e não renováveis na produção de mudas de Acacia mangium**. Monografia (Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Florestal. Jerônimo Monteiro-ES, p. 50, 2011.

FEHR, M.; CALÇADO, M. R. A coleta diferenciada do lixo domiciliar funciona. **Saneamento Ambiental**. São Paulo, n. 11, p.24-28, 2000.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Riode Janeiro: ABES ,1999.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FERREIRA, Aline Guterres; BORBA, Sílvia Naiara de Souza; WIZNIEWSKY, José Geraldo. Aprática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, p. 307-317, 2013.

FORTES NETO, P. **Compostagem manual de lixo domicilar urbano através de leiras estáticas e revolvidas**. 1992 . Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 1992.

FREITAS, Danilo Amadeu et al. Utilização de substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Cultivando Saber**, v.6, n.3, p.1-9, 2013.

GALBIATTI, João A. et al. Formação de Mudas de Eucalipto com Utilização de Lixo Orgânico e Níveis de Irrigação Calculados por Dois Métodos. **Engenharia Agrícola**, Jabotical - SP, v.27,n.2, p. 445-455, 2007.

GOMES, Ana Patrícia de Oliveira. **Monitorização de Uma Instalação Laboratorial de Compostagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Coimbra Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Coimbra, Portugal, p. 77, 2011.

GONÇALVES, Morgana Suszek et al. Produção de Mudas de Alface e Couve Utilizando Composto Proveniente de Resíduos Agroindustriais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, p.216-224, 2014.

JEONG, Kwang-Hwa et al. Evaluation of pilot-scale in-vessel composting for Hanwoo manure management. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 201-206, 2017.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4 ed. Piracicaba - SP, p. 173, 2004.

KLEIN, V. A.; SIOTA, T. A.; ANESI, A. L; BARBOZA, R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n.3, 2000.

KLEIN, Claudia. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, n. 3, p. 43-63, 2015.

KRATZ, D., WENDLING, I., NOGUEIRA, A.C., & SOUZA, P. V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.

LACERDA, J.J. de J.; SILVA, D.R.G. **Fertilizantes Orgânicos: Usos, Legislação e Métodos de Análise**. Lavras: Editora UFLA, Boletim Técnico, n. 96, p. 90, 2014.

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

LOPEZ-REAL, J.M. Agroindustrial waste composting and its agricultural significance. **Proceedings of the Fertilizer Society**, n. 293, p. 1-26, 1990.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; BÔAS, R. L. V. Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gérbera de vaso. **Horticultura Brasileira**, p. 184-189, 2014.

MAIA, A. F. C. de A.; MEDEIROS, D. C. de; LIBERALINO FILHO, J. Adubação orgânica em diferentes substratos na produção de mudas de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n.2, p. 89-95, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M.C.P; BARBOSA, J.C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 817-824, 2005.

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

MASSUKADO, Luciana Miyoko; SCHALCH, Valdir. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares: Compost quality assessment from organic household waste composting. **Revista - DAE**, Planaltina, v.5,n.3, p.1-7, 2010.

MELLO-PEIXOTO, Erika Cosendey Toledo; GODOY, Carlos Vergilio Crozzatti de; SILVA, Richard Mobiglia; GALDINO, Maria José Quina; CREMER, Edivaldo; LOPES, Valdir. Compostagem: Construção e Benefícios. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.

MERILLOT, J.M. Perspectives and state of the art of composting in France. In: Marco de Bertoldi, Paolo Sequi, Bert Lemmes, Tiziano Papi. **Science of Composting** Part 2. 1 ed. England: Chapman & Hall (edit.), 1996, p. 648 - 690.

MILANEZ, Bruno et al. Avaliação Integrada de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Uma proposta de metodologia. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v.2, n.2, p.1-11, 2013.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Aprova normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, conforme anexos a esta instrução normativa. Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2006.

Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 12 jul. 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf>>. Acesso em: 2 jan.2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Manual para implantação de compostagem e coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília - DF, 2010. 75 p.

MÜLLER, Danielle Helena. **Características de adubos orgânicos, efeitos no solo e no desempenho da bananeira**. Dissertação (Mestrado - Pós-Graduação em Agricultura Tropical) -Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. Cuiabá - MT, p. 83, 2012.

NEGREIROS, Jacson Rondinelli da Silva et al. Diferentes substratos na formação de mudas demaracujazeiro-amarelo. **Revista Ceres**, v. 51, n. 294, p. 243-345, 2004.

NEWMAN, D. Organic Waste Treatment in Italy, a European Leader. In: ISWA – Hacia um Sistema Integral de Residuos Solidos Urbanos, 2005, Buenos Aires, Argentina. 2005. **Anais CD...** Buenos Aires: 2005.

NOBILE, Fábio Oliveira; SPADONI, Thais Botamede; NUNES, Hugo Dias. Composto de lixo no comportamento de mudas nativas em diferentes substratos e regimes hídricos. **Ciência & Tecnologia Fatec-JB**, v. 5, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de “resíduo orgânico” e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado) - ESALQ, Piracicaba - SP, p. 247, 2000.

OLIVEIRA, S.C. **Estudos sobre métodos de compostagem de resíduos sólidos domésticos: grau de maturação e qualidade do composto**. Tese (Doutorado em Química). Universidade Estadual Paulista, Campus Araraquara – SP, 2001.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ABREU JR.; C.H. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, n.4, p. 529-538, 2002.

OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; LIMA, Hermínio José Moreira; CAJAZEIRA, João Paulo. **Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos**. Florianópolis: Embrapa Agroindústria Tropical, p.14, 2004.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Brasília-DF: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

PAGLIARINI, Maximiliano Kawahata; CASTILHO, Regina Maria Monteiro de; ALVES, Marlene Cristina. Caracterização físico-química de misturas de componentes de substrato com resíduo de celulose para fins de produção de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 160-169, 2012.

PARCHEN, C. A. P. **Condução, monitoração e avaliação do processo de compostagem natural de lixo urbano**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 1988.

PARR, J.F.; PAPENDICK, R.I. Strategies for improving soil productivity in developing countries with organic wastes. In: **Fourth International Conference of the International Federation of Organic Agriculture Movements**. Cambridge, Mass, 1982.

PAULINO, Valdinei Tadeu et al. Aproveitamento do Composto de Lixo Urbano como Fertilizante no Desenvolvimento de Plantas Forrageiras. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, São Paulo, v. 2, n.4, p. 1-6, 2003.

PEJON, Osni José; RODRIGUES, Valéria Guimarães Silvestre. Fase Sólida: Composição Mineral do Solo. In: NUNES, Ramom Rachide; REZENDE, Maria Olímpia de Oliveira. **Recurso do Solo: Propriedades e Uso**. São Carlos: Editora Cubo, p.54-184, 2015.

PEREIRA, Luiz Antônio Alves; FIALHO, Mirian Loureiro. Gestão da sustentabilidade: Compostagem otimizada em Resíduos Sólidos Orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma Usina de Compostagem de lixo no município de Santa Juliana - MG. **International Journal of Knowledge Engineering and Management**. Florianópolis -SC, v.2, n.2, p.52-85, 2013.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa -MG: UFV, 2007.

PIO, R.; RAMOS, J.D.; GONTIJO, T.C.A.; CARRIJO, E.P.; MENDONÇA, V.; FABRI, E.G.; CHAGAS, E.A. Substratos na produção de mudas de jabuticaba. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.4, p. 425-427, 2005.

PIRES, Isabela Cristina Gomes; FERRÃO, Gregori da Encarnação. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n.01, p. 01-18, 2017.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

REIS, Marisa Fernanda Power. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, p. 239, 2005.

REZENDE, F.A. **Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação defertilizante obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador - BA, 2005.

RIGON, João Paulo Gonsiorkiewicz et al. Potencial Agrícola da Utilização de Composto Orgânico de Lixo Urbano na Cultura de Girassol. **IV Congresso Brasileiro de Mamona e ISimpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa - PB, p. 731-735, 2010.

RODRIGUES, M.S. Resíduos orgânicos como matéria prima para compostagem. **Anais. ISICOM - Simpósio sobre compostagem**. Botucatu – SP, 2004.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, p. 26, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021.

ROTHENBERGER, S.; ZURBRÜGG, C.; ENAYETULLAH, I.; SINHA, A.H.M.M.

Decentralized Composting for cities of low-and Middle - Income Countries - A
users' Manual. Publisher: Waste Concern; Bangladesh and Switzerland. 2006. 109 p.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Universidade
deCoimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 2003.

SANTOS, Amanda Thirza Lima et al. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos
sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da**
Amazônia, v.3, n. 1, p. 15-28, 2014.

SAVAGE, G.M. The importance of waste characteristics and processing in the
production of quality compost. In: Marco de Bertoldi, Paolo Sequi, Bert Lemmes, Tiziano
Papi. **Science of composting**. Part 2. 1 ed., England: Chapman & Hall (edit.), 1996. p.
784-791.

SENESE N. Composted materials as organic fertilizers. **The Science of the Total**
Environment.p. 521-542, 1989.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA. Processing of Urban
and Agro-industrial residues by aerobic composting: Review. **Energy conservation and**
management. 1997. v.38, n.5, p.453-478.

SILVA, Flávia Gomes. **Substrato com composto de lixo e poda de árvore para produção**
de mudas de Pterogyne nitens. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Jaboticabal - SP, p. 53, 2011.

SOUZA, José Renato. **Influência da Utilização do Lixo Orgânico Urbano como Fonte de**
Biofertilizante e Composto para o Desenvolvimento de Ipê Mirim (Tecoma Stans) com
duas Lâminas de Irrigação. Dissertação (Doutorado em Agronomia e Ciência do Solo) -
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP, 2012.

SOUZA, W. M. de F. et al. Alternativas de Substratos Para Produção de Mudas de Piptadenia moniliformis Benth. In: IV CONEFLOR – III SEEFLOR. **Anais do IV CONEFLOR– III SEEFLOR**, Vitória da Conquista, 2013.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TITTARELLI, Fabio et al. Quality and Agronomic Use of Compost. In: Diaz, I. F.; de Bertoldi, M.; Bidlingmaier, W. (Ed.). **Compost science and technology**. Elsevier, 2011, p. 119-152.

TRANI, P.E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. **Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas**. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas - SP, 2013.

VICENTINI, L. S.; CARVALHO, K.; RICHTER, A. S. Utilização de microorganismos eficazes no preparo da compostagem. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3367-3370, 2009.

ZANELLO, Cesar Augusto; CARDOSO, Jean Carlos. Resíduos compostados como substrato para produção de Petunia X hybrida. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n.3, p. 46-53, 2016.