

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE LIXO URBANO COMO
SUBSTRATO DE BIODIGESTOR E COMO MATÉRIA-PRIMA
PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE QUARESMEIRA
(*Tibouchina granulosa*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Anaira Denise Caramelo
Bióloga

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**USO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE LIXO URBANO COMO
SUBSTRATO DE BIODIGESTOR E COMO MATÉRIA-PRIMA
PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE QUARESMEIRA
(*Tibouchina granulosa*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Anaira Denise Caramelo

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL-SÃO PAULO- BRASIL

Junho – 2010



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: USO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE LIXO URBANO COMO SUBSTRATO DE BIO DIGESTOR E COMO MATÉRIA-PRIMA PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE QUARESMEIRA (*Tibouchina granulosa*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

AUTORA: ANAIRA DENISE CARAMELO

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DANILO CÉSAR CHECCHIO GROTTA

Unifeb / Centro Universitário Da Fundação Educacional de Barretos


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 14 de julho de 2010.

C259u Caramelo, Anaira Denise
 Uso da fração orgânica de lixo urbano como substrato de biodigestor e como matéria-prima para formação de mudas de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) com duas lâminas de irrigação / Anaira Denise Caramelo. -- Jaboticabal, 2010
 xiv, 53 f. : Il. ; 28 cm

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
 Orientador: João Antonio Galbiatti
 Banca examinadora: Carlos Eduardo Angeli Furlani, Danilo Cesar Checchio Grotta
 Bibliografia

 1. Resíduos-quaresmeira. 2. *Tibouchina granulosa*. 3. Fertilizante-orgânico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 631.879.1:582.923.5

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANAIRA DENISE CAMELO – Nascida em Catanduva – SP – Brasil, em 05 de dezembro de 1986. Graduiu-se em Licenciatura no curso de Ciências Biológicas e Bacharel em Meio Ambiente pela UNIESP – Câmpus de Taquaritinga – SP, em 19 de dezembro de 2007. Realizou estágio em 2008 na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal – SP, no Departamento de Engenharia Rural, onde foi orientada pelo Professor Doutor João Antonio Galbiatti, colaborando, participando e desenvolvendo projetos de pesquisa sobre o uso e manejo de resíduos na agricultura e engenharia de água e solo, além de cursar disciplinas como aluna especial do Programa de Pós-graduação em Agronomia e colaborar no planejamento de aulas da disciplina intitulada “Recuperação ambiental do solo e da água para a produção agrícola”. Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia - Mestrado (Ciência do Solo) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal – SP, onde realizou diversas publicações e atividades de pesquisa, concluindo o curso em julho de 2010.

EPÍGRAFE

"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."

Bertold Brecht

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à minha mãe Angela Aparecida Ferracine Caramelo pelos gestos e palavras de incentivo, amor, dedicação, apoio e confiança. Ofereço também o término de mais essa etapa ao meu orientador Professor Doutor João Antonio Galbiatti pelos esforços inesgotáveis, companheirismo, paciência e conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me iluminar e dar forças para seguir meu caminho.

Aos meus pais, em especial minha mãe Angela Aparecida Ferracine Caramelo pelo grande incentivo e por acreditar em mim.

Ao meu Orientador Professor Doutor João Antonio Galbiatti, pela oportunidade de orientação, incentivo, paciência, dedicação e presença em todos os momentos difíceis.

À Capes pelo auxílio financeiro concedido.

Aos membros da banca, pelo apoio, orientação e oportunidade.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal – UNESP, em especial ao Departamento de Engenharia Rural, pela colaboração e apoio nas etapas deste trabalho.

Aos colegas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal – UNESP que de alguma maneira colaboraram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Matéria orgânica.....	3
2.2. Lixo orgânico urbano.....	4
2.3. Compostagem.....	5
2.4. Propriedades químicas e físicas do composto de lixo urbano.....	7
2.5. Biodigestão anaeróbia.....	9
2.6. Biogás.....	11
2.7. Biofertilizante.....	12
2.8. Utilização de fertilizantes orgânicos para produção de mudas.....	13
2.9. Irrigação.....	14
2.10. Caracterização da espécie.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Delineamento experimental.....	18
3.2. Instalação e condução do experimento.....	18
3.2.1. Produção do biofertilizante e do biogás.....	18
3.2.2. Produção do composto de lixo orgânico.....	20
3.3. Determinação dos teores de sólidos totais e voláteis.....	20
3.4. Volume e potencial de produção do biogás.....	21
3.5. Quantificação de minerais e carbono orgânico.....	21
3.6. Umidade do substrato e do efluente.....	21
3.7. Adubações.....	22
3.8. Irrigação.....	23

3.9. Análise das plantas.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Dados da caracterização do lixo orgânico urbano.....	25
4.2. Determinações da massa úmida e massa seca para as amostras.....	26
4.3. Análise dos teores de sólidos totais e voláteis.....	26
4.4. Dados da produção de biogás.....	27
4.5. Dados da análise do biofertilizante.....	29
4.6. Compostagem.....	30
4.6.1. Dados das análises do composto de lixo.....	30
4.6.2. Dados da temperatura.....	31
4.6.3. Dados do rendimento do composto de lixo orgânico urbano.....	32
4.7. Altura das plantas.....	32
4.8. Irrigação.....	34
4.9. Diâmetro dos colmos.....	35
4.10. Matéria seca.....	37
4.11. Avaliação dos parâmetros morfológicos.....	39
5. CONCLUSÕES.....	42
6. REFERÊNCIAS.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Dados da caracterização do material coletado.....	25
2. Determinações da massa úmida e massa seca para o lixo orgânico urbano (LOU); lixo orgânico urbano com 25% de esterco bovino (EB25%) e lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (EB50%).....	26
3. Teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) no início e ao término do experimento.....	27
4. Produção média de biogás, acumulada (A) e quinzenal (Q), em função dos substratos utilizados.....	28
5. Potencial de produção média diária de biogás por kg de resíduo.....	29
6. Caracterização química dos efluentes com lixo orgânico urbano (LOU); lixo orgânico urbano com 25% de esterco bovino (EB25%) e lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (EB50%).....	30
7. Análise do composto de lixo orgânico urbano.....	31
8. Rendimento do composto de lixo orgânico urbano aos 90 dias de compostagem.....	32
9. Dados de altura média das plantas para adubação em cada nível de água aos 180 dias após a semeadura.....	33
10. Dados da análise estatística pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade para irrigação.....	34
11. Dados médios do diâmetro dos colmos das plantas aos 180 dias após a semeadura.....	36
12. Dados médios da matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas 180 dias após a semeadura.....	38

13. Média das relações altura/diâmetro do colmo (H/D), massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca de raiz (MSPA/MSR), altura/massa da matéria seca da parte aérea (H/MSPA), e índice de qualidade de Dickson (IDQ) para mudas de *Tabouchina granulosa* em resposta a diferentes tratamentos, aos 180 dias após a semeadura e em dois níveis de irrigação (80% ET e 100% ET)..... 40

USO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE LIXO URBANO COMO SUBSTRATO DE BIODIGESTOR E COMO MATÉRIA-PRIMA PARA FORMAÇÃO DE MUDAS DE QUARESMEIRA (*Tibouchina granulosa*) COM DUAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO - A produção de lixo urbano está estreitamente relacionada com o crescimento populacional e industrial em todo o mundo, e o reaproveitamento desse resíduo torna-se uma alternativa eficaz para o desenvolvimento sustentável. Com o objetivo de caracterizar os resíduos orgânicos urbanos descartados por uma amostra populacional, avaliar a produção do biogás, biofertilizante, composto de lixo e os efeitos de adubações e irrigações para a formação de mudas de quaresmeiras (*Tibouchina granulosa*), realizou-se um experimento no Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal - SP, utilizando-se os seguintes tratamentos: 100% de lixo orgânico urbano; 75% de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino; 50% de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino; 10% de composto de lixo; 15% de composto de lixo; 20% de composto de lixo; adubação mineral e sem adubação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial com 8 fertilizações, 2 lâminas de irrigação (80 e 100% da evapotranspiração) e 3 repetições. Da caracterização dos resíduos, verificou-se que 58% são orgânicos; o potencial de produção do biogás foi superior para o tratamento contendo lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino; o crescimento das plantas, quando associado à irrigação calculada para 100% da evapotranspiração de referência e substrato contendo lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino, apresentou altura, diâmetro do colmo,

matéria seca da raiz e da parte aérea superiores aos demais tratamentos. O uso do resíduo orgânico urbano com 50% de esterco bovino aumentou o índice de produção de biogás, e o biofertilizante obtido atuou como condicionador, alterando as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Palavras-chave: condicionador de solo, esterco bovino, estresse hídrico, lixo urbano, resíduo orgânico

**USE OF ORGANIC FRACTION OF URBAN WASTE AS A SUBSTRATE OF
BIODIGESTOR AND AS RAW MATTER FOR FORMATION OF MUTE PERSONS OF
QUARESMEIRA (*Tibouchina granulosa*) WITH TWO SHEETS OF IRRIGATION**

SUMMARY - The production of urban waste is closely linked to population and industrial growth around the world, and recycle this waste becomes a very effective alternative for sustainable development. Aiming to characterize the organic waste discarded by a sample population, to evaluate the production of biogas, biofertilizer, compost and study the effects of fertilization and irrigation, an experiment was conducted at the Department Rural Engineering FCAV/UNESP - Campus of Jaboticabal – SP, using the following treatments: 100% Organic Waste Urban; 75% of Urban Organic Waste + 25% of cattle manure; 50% of Urban Organic Waste + 50% of cattle manure; 10% compost; 15% Composed of Junk; 20% compost; Mineral Fertilizer and Without Fertilization. The experimental design was randomized blocks in factorial with 8 fertilizations, two water slides (80 and 100% of potential evaporation) and three replicates. Of waste characterization, it was found that 58% are organic; the potential and the production of the biogas went superior to the treatment contends urban organic garbage with 50% of bovine manure, as well as for the growth of the plants, when associated to 100% of the evapotranspiration, presenting diameter of the stem, dry matter of the root and of the part aerial superiors to the others. The use of the urban organic residue with 50% of bovine manure increased the index of biogas production

and the obtained biofertilizer it acted as conditioning, altering the physical characteristics, chemistries and biological of the soil.

Keywords: conditioning of soil, bovine manure, water stress, urban waste, organic residue

1.INTRODUÇÃO

Um dos problemas da atualidade são a geração e a destinação final dos resíduos. Comumente, todos os tipos de resíduos são descartados de maneira imprópria, causando vários tipos de degradação ambiental, interferindo na qualidade do solo, da água, do ar e do meio ambiente como um todo.

Dentre os resíduos descartados diariamente, estão os orgânicos, que constituem uma grande parcela da produção total de lixo. Os resíduos orgânicos, quando descartados inadequadamente perdem totalmente suas potencialidades, atuando somente como um contaminante dos recursos naturais, porém, quando utilizado adequadamente, pode servir de grande fonte de nutriente e também para a geração de energia.

Devido aos benefícios proporcionados pela utilização dos resíduos orgânicos, é de extrema importância estabelecer e caracterizar os tipos de materiais que são descartados em centros urbanos, para que possa ser elaborado um plano de gerenciamento desses resíduos. A partir dos dados de caracterização, é possível estabelecer as possibilidades de utilizar esses resíduos para a produção de biogás, biofertilizante e composto de lixo.

Além da geração de energia, importante fator para o desenvolvimento sustentável, preservação dos recursos naturais e fonte de renda, o biofertilizante e o composto de lixo atuam como condicionadores do solo, disponibilizando para as plantas nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento, atuando na retenção de água, minimização de patógenos, controle de plantas daninhas e no fornecimento de condições peculiares que somente a matéria orgânica pode proporcionar.

Com base nas características dos resíduos orgânicos urbanos, é de fundamental importância estudos científicos que viabilizem a utilização desses materiais, para que deixem de ser um problema e se transformem em uma alternativa eficaz para o desenvolvimento. A expansão da geração de energia e a utilização de componentes orgânicos para a produção de mudas, além de ser uma solução para a destinação inadequada do lixo, é uma alternativa muito eficaz para o desenvolvimento ambiental,

proporcionando além da energia, benefícios físicos, químicos e biológicos ao solo, e conseqüentemente melhorando a qualidade das plantas.

A quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), da família Melastomataceae, é uma planta muito requisitada principalmente para a arborização urbana, pois além das características florais, possui compatibilidade com os centros urbanos e redes de eletricidade, porém, é necessário o desenvolvimento de novas alternativas para o desenvolvimento dessas plantas, pois possui diferentes características germinativas.

Além da utilização de compostos orgânicos para o desenvolvimento das mudas, é importante a determinação da irrigação a ser utilizada, pois com um planejamento adequado, é possível obter maiores benefícios, e somente através de testes experimentais, é possível estimar os níveis adequados de irrigação para a planta *Tibouchina granulosa*.

Com a finalidade de reutilizar o lixo orgânico urbano da cidade de Pirangi – SP, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar os resíduos descartados em uma amostra populacional e avaliar a produção de biogás, biofertilizante e composto de lixo orgânico urbano, para o desenvolvimento de mudas de quaresmeiras (*Tibouchina granulosa*) com duas lâminas de irrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Matéria orgânica

A matéria orgânica se apresenta em dois tipos, a ativa e a inativa, sendo que a matéria orgânica ativa pode se decompor através do processo de fermentação e formar o húmus, enquanto a matéria orgânica inativa ou humificada não está mais sujeita a decomposição intensa. A fração húmica age principalmente nas propriedades físicas e físico-químicas do solo, e a fração não húmica, que está em decomposição, é a principal fonte de nutrientes (GALBIATTI, 1992).

Os componentes vivos da matéria orgânica são as raízes das plantas, a fauna e os microrganismos do solo; os últimos correspondem de 60 a 80 % do total. Os componentes não-vivos incluem a matéria macrororgânica, constituída de resíduos de plantas em decomposição, as substâncias humificadas e as não-humificadas. As substâncias não-humificadas incluem carboidratos, lipídeos, aminoácidos, proteínas, ligninas, ácidos nucleicos, pigmentos e uma variedade de ácidos orgânicos. Por sua vez, as substâncias humificadas, que constituem de 70 a 80 % da matéria orgânica na maioria dos solos minerais, são compostas pelas frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, determinadas com base na solubilidade em ácido ou alcalino (THENG et al. 1989; PASSOS et al. 2007).

As substâncias húmicas são produtos das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais, assim como da atividade da microflora do solo (MICHEL et al. 1996). A elevada estabilidade das substâncias húmicas é atribuída à sua estrutura química complexa e às suas interações com minerais de argila e com cátions metálicos, que se expressa na formação dos agregados (THENG et al. 1989).

Os resíduos orgânicos surgem como uma alternativa para diminuir os custos com a adubação química. Na literatura são poucos trabalhos que relatam a disponibilidade dos nutrientes oriundos de materiais orgânicos, porém, FERREIRA et al. (1997) constataram que a adição de compostos orgânicos à terra de subsolo favoreceu o crescimento do eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. HILL ex. Maiden). Plantas de sibipiruna

(*Caesalpinia peltophoroides* BENTH.) produzidas nos substratos solo + esterco na proporção volumétrica de 1:1, apresentaram melhor qualidade, expressa principalmente pela relação altura/diâmetro, sendo as mudas mais adequadas para o transplântio (CAMPOS et al. 1986).

O efeito físico causado pela matéria orgânica no solo é muito importante para o desenvolvimento de espécies vegetais, melhorando a estrutura do solo e promovendo o aumento da resistência à compactação, diminuindo sua magnitude e efeitos (BRAIDA et al. 2010).

A matéria orgânica do solo tem sido por muito tempo objeto de investigação no ramo das ciências do solo e ambientais. Atribui-lhe atualmente, reconhecido papel em processos físicos, químicos e biológicos edáficos, fundamentais para a manutenção da produtividade agrícola, sustentabilidade de ecossistemas naturais ou manejados e equilíbrio global do ciclo do carbono. A busca por alternativas adequadas de manejo da matéria orgânica constitui em novo foco de atenção para os cientistas. Nesse sentido, em regiões agrícolas próximas a centros urbanos e onde há o uso intensivo dos recursos naturais, em especial do solo, a reciclagem agrícola como fonte de matéria orgânica para o solo aparece como alternativa promissora e recomendável (CANNELAS et al. 2001).

A matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica, é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas. Devem-se, ainda, considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como: redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter uma participação positiva dos materiais orgânicos (CORDELL & FILER JUNIOR, 1984).

2.2. Lixo orgânico urbano

Os resíduos constituem um dos principais problemas enfrentados pela humanidade. O acentuado crescimento demográfico seguido do grande desenvolvimento tecnológico vem aumentando consideravelmente a quantidade de

resíduos refugados pelo homem, problemática que assume proporções ainda maiores, na medida em que se verifica a redução da disponibilidade de áreas para a disposição de rejeitos e seu alto potencial de contaminação do meio ambiente (VERAS, 2004). O uso imediato desses resíduos pode ser a solução para a eliminação da contaminação dos lençóis freáticos, causada pelo acúmulo desse material de forma concentrada e localizada.

Problemas ambientais seriam reduzidos caso fosse possível utilizar o resíduo orgânico urbano na agricultura, ocorrendo economia e melhoria da qualidade de vida. As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como a agregação das partículas, a porosidade, a retenção de água, a condutividade hidráulica, a capacidade de campo e a fertilidade são favorecidas pelo uso de matéria orgânica. Esses fatores importantes para a melhoria das condições dos solos agricultáveis podem ainda tornar os solos pobres e de baixa sustentabilidade produtivo e economicamente viável (ANDRIOLI et al. 1991; RUIZ & TEIXEIRA, 1991).

Uma área de aplicação que não acarreta problemas à saúde humana é a utilização de tais resíduos como componentes de substratos para mudas de espécies ornamentais, reflorestamentos e arborização urbana. Em virtude da grande diversidade de materiais orgânicos, os efeitos de suas aplicações no solo são variáveis, necessitando de novas pesquisas, visando principalmente aqueles pouco estudados (MELLO & VITTI, 2002).

2.3. Compostagem

Com o surgimento de novos processos de tratamento que permitem a redução do potencial poluidor dos resíduos orgânicos, o uso agrônômico deles, como fonte de nutrientes às plantas e como condicionadores dos solos, tem se constituído em alternativa interessante na preservação da qualidade ambiental (MELLO & VITTI, 2002).

A compostagem pode ser definida como sendo uma decomposição de substratos orgânicos, em condições que permitam atingir temperaturas suficientemente elevadas. O aumento de temperatura surge como resultado da libertação de calor na degradação

biológica (aeróbia) de resíduo orgânico. O resultado deste processo é um produto final suficientemente estabilizado que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese, a que se dá o nome de composto (KOEPPF, 1976).

A compostagem de resíduos orgânicos em um país com as características do Brasil reveste-se de grande importância e necessidade. Trata-se de uma medida que atende a vários objetivos: sanitários (na eliminação de doenças, de vetores, etc), ambientais (pelo controle da poluição), econômicos (por gerar divisas para a economia da região), sociais (absorção de mão de obra, participação comunitária, eliminação de catadores, etc) e agrícolas (PEREIRA NETO, 1999).

A compostagem é uma forma de reciclagem, pois quase toda parte orgânica do lixo é reaproveitada. Esse processo, além de diminuir o volume, dá como produto final um composto que pode ser usado na fertilização do solo, reaproveitando-se os nutrientes contidos na fração orgânica do lixo. Entretanto, por ser o lixo de coleta não seletiva constituído de resíduos de toda ordem, antes da compostagem é conveniente a retirada de materiais não-orgânicos, para propiciar a geração de composto mais homogêneo. A compostagem oferece ainda, as vantagens de baixo custo operacional, ter uso benéfico dos produtos finais na agricultura e diminuir a poluição do ar e da água subterrânea (CRAVO et al. 1998).

A opção pela compostagem é natural, pois o lixo urbano possui cerca de 40% de matéria orgânica, 1% de nitrogênio total, 0,2% de fósforo e 0,5% de potássio, além de pequenas quantidades de outros macro e micronutrientes. A aplicação de composto de lixo aumenta o rendimento das culturas, na medida em que melhora a estrutura e a fertilidade do solo, supre nutrientes às plantas e corrige a acidez do solo (BERTON & VALADARES, 1991).

O lixo urbano pode afetar o desenvolvimento das plantas quando não for feita a compostagem para fazer a estabilização da matéria orgânica. Em um experimento com germinação de sementes para mostrar os efeitos do lixo orgânico, ficou bem evidente o problema da não compostagem da parte orgânica do lixo, pois lixo orgânico sem compostagem inibiu em 100% a germinação, enquanto que o lixo orgânico em que foi

feita a compostagem se comportou igual à testemunha, tendo uma boa germinação (GARCIA et al. 1992).

A aplicação agronômica do composto de lixo urbano, quando obtido de modo adequado, é viável devido a sua riqueza em matéria orgânica e nutriente, à ausência de microrganismos patogênicos e às melhorias das condições de cultivo do solo (aumento do teor de matéria orgânica, elevação do pH, redução da acidez potencial e aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio), da nutrição e produção dos vegetais (OLIVEIRA, 2000; ABREU JÚNIOR et al. 2000).

2.4. Propriedades químicas e físicas do composto de lixo urbano

Dentre os principais efeitos da aplicação de composto de lixo sobre os atributos químicos dos solos ácidos, destacam-se a elevação do pH, a neutralização da acidez trocável, a redução da acidez potencial, o aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e o aumento da capacidade de troca catiônica (KIEHL, 1985; OLIVEIRA, 2000).

A aplicação do composto de lixo em solos ácidos promoveu aumentos nos teores de potássio, cálcio, magnésio e sódio, em média, de 195%, 200%, 86% e 1.200%, respectivamente, e elevação da capacidade de troca catiônica em 42%. Nos solos alcalinos, esses efeitos foram menos pronunciados, refletindo, em média, na elevação da capacidade de troca catiônica em 8,4% (ABREU JÚNIOR et al. 2002).

ABREU JÚNIOR et al. (2002) estudaram os efeitos da aplicação do composto de lixo, proveniente da cidade de São Paulo (usina de compostagem São Matheus), na presença e ausência de calcário dolomítico (para elevar a saturação de bases a 70%) e de ambos minerais, sobre a condutividade elétrica, pH em Ca Cl_2 0,01 mol \cdot l $^{-1}$ e em água, e acidez potencial (H +Al) de 21 solos ácidos e cinco solos alcalinos, nos quais o calcário foi substituído por gesso. O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação e foi verificado que a aplicação do composto de lixo promoveu aumento da condutividade elétrica dos solos. A aplicação de composto de lixo promoveu, também, o aumento do pH e a redução da acidez potencial. Esse efeito do composto foi, em

média, superior aquele causado pela aplicação de calcário. A aplicação conjunta do composto e calcário promoveu um efeito aditivo de seus efeitos isolados sobre o pH e a acidez potencial do solo. A adição dos adubos minerais tendeu a reduzir o pH por causa da acidificação residual da uréia. Esse efeito foi bem evidente nos solos alcalinos. O aumento do pH e da condutividade elétrica foi acompanhado por uma diminuição na diferença entre os valores de pH medido em Ca Cl_2 e em água, notadamente nos solos ácidos. A aplicação do composto de lixo para melhorar a acidez do solo, manejando-se adequadamente o calcário e os adubos minerais nos solos ácidos ou gesso nos solos alcalinos, parece ser uma prática viável.

BARRETO (2004), trabalhando com amostras com estruturas indeformadas, coletadas em vasos onde foi conduzido um experimento de degradação da matéria orgânica de 4 resíduos (lodo de esgoto, composto de lixo, lodo petroquímico e torta de filtro) determinou a capacidade de retenção de água nas tensões de 1, 2, 5, 10 e 15 kPa. Para o solo de textura média, o autor observou aumento na retenção de água nas tensões de 10 e 15 kPa para todos os resíduos aplicados. Para o solo arenoso, no entanto, nenhum efeito foi observado.

O composto de lixo urbano curado utilizado na agricultura melhora as condições físicas e químicas, bem como os processos biológicos do solo. Os efeitos do composto de lixo nas propriedades microbiológicas do solo seriam: melhoria na fixação biológica do nitrogênio em leguminosas (atividade de nitrogenase, tamanho e número de nódulos) e aumento de biomassa microbiana. Tanto a atividade como a quantidade de bactérias e fungos aumentaram com a aplicação do composto, sendo que as maiores respostas são verificadas logo no primeiro dia após a incorporação do material orgânico ao solo. Em relação às propriedades química dos solos, face a aplicação do composto de lixo, além de fornecer matéria orgânica, possui também macro e micronutrientes e metais pesados. Assim, também se espera que os valores desses elementos aumentem no solo com essa adição. O aumento no teor da matéria orgânica no solo ocorre em aplicações freqüentes do composto de lixo, mesmo assim esse efeito tem curta duração, chegando a desaparecer em um ano após o término da sua aplicação. A associação do composto de lixo com adubos minerais proporciona um melhor

aproveitamento dos nutrientes, atuando como fonte primordial de nitrogênio, fósforo e potássio, trazendo reflexos na produção para as culturas mais exigentes (SILVA et al. 2002).

Nas propriedades físicas do solo os benefícios citados por KIEHL (1985), como redução da densidade aparente, maior retenção de água e maior estabilidade de agregados, são todos fatores importantes para a melhoria das condições dos solos agricultáveis, podendo ainda reverter a condições dos solos pobres, tornando economicamente viáveis. A aplicação do composto deve ser periódica e preferivelmente em área total para que a matéria orgânica possa atuar melhor nas propriedades físicas do substrato. Todavia, deve haver um monitoramento periódico do material orgânico utilizado, para aprimorar gradualmente esta recomendação e evitar um processo de acumulação de metais pesados até níveis de contaminação.

2.5. Biodigestão anaeróbia

O processo de digestão anaeróbia é influenciado por diversos fatores, podendo ser destacados a temperatura, a carga orgânica aplicada, a presença de materiais de natureza tóxica, etc. Em temperaturas altas, as reações biológicas ocorrem com maior velocidade, resultando possivelmente em uma maior eficiência do processo. No geral, o processo anaeróbio poderá ser desenvolvido em temperaturas a nível mesófilo (30 a 45⁰C), ou a nível termófilo (45 a 60⁰C). Quanto à carga orgânica, já foram testadas diferentes cargas para diferentes tipos de reatores e substratos. Em comparação com outros tipos de tratamentos, o processo anaeróbio responde satisfatoriamente bem às flutuações de carga, principalmente quando os reatores já se encontram operando em estado de equilíbrio dinâmico (LEITE et al. 2004).

No tocante à utilização do processo anaeróbio para tratamento de resíduos sólidos, foram intensificados estudos desde a década de 60, objetivando o desenvolvimento de tecnologias para recuperação de energia e a redução da massa de resíduos sólidos orgânicos (PERES et al. 1991).

O sistema mais usual de disposição e/ou tratamento de resíduos sólidos urbanos é o aterro sanitário. Diversas outras configurações de reatores precisam ser investigadas, levando-se em consideração a relação custo/benefício que possa se adequar às realidades regionais e locais (VAZOLLER, 1999).

Os biodigestores operados em batelada caracterizam-se por serem alimentados de uma só vez, com construção mais simples em relação a outros biodigestores e podem ser recomendados para dejetos que contenham restos de palhas e areia, e podem ser úteis para a obtenção de parâmetros de dimensionamento (XAVIER & LUCAS JÚNIOR, 2010).

A utilização de biodigestores contribui para integração e sustentabilidade das atividades agropecuárias aproveitando o dejetos ao qual, normalmente, é dado pouco ou mesmo nenhum valor comercial, convertendo-o em duas grandes fontes de desenvolvimento: em energia e adubo. Para cocção, o biogás é o combustível mais limpo de todos, seguido do GLP (gás liquefeito de petróleo) e querosene em fogão pressurizado, conforme a escada energética (SANGA, 2004; QUADROS et al. 2010). O biogás e o biofertilizante permitem aumento da produção agrícola e a transformação dos produtos tradicionais rurais, agregando valor, organizando a produção, aumentando a conservação dos produtos e melhorando a logística de comercialização para os agricultores familiares.

As principais fontes de energia para o consumo no segmento agropecuário foram óleo diesel (58%), lenha (26%), energia elétrica (15%) e outros (1%) (BRASIL, 2005). No triênio 2002-2004, dados oficiais disponíveis mostraram elevação dos preços pagos pela energia, visto que os preços do óleo diesel apresentaram aumento de 41%, da lenha de 52% e da energia elétrica este aumento foi de 36%, em média, no período.

Neste sentido, o desenvolvimento e a implementação de alternativas tecnológicas com vistas à geração de energia a custos reduzidos para este segmento, podem gerar impactos socioeconômicos positivos. Uma das alternativas tecnológicas mais promissoras diz respeito ao aproveitamento da biomassa para geração de energia. A tecnologia de biodigestão anaeróbia apresenta diversas vantagens, como a produção de biogás e biofertilizantes, produtos de elevado valor agregado, redução da poluição

dos recursos hídricos, facilidade de implantação e operação (ARAÚJO et al. 2007; FACTOR et al. 2008; SILVA et al. 2008).

2.6. Biogás

Atualmente, as nações em quase sua totalidade, são dependentes dos combustíveis derivados do petróleo e da energia elétrica para gerar energia térmica e mecânica. No Brasil, devido à disponibilidade de recursos hídricos para geração de energia elétrica, essa tem sido largamente empregada em unidades de aquecimento industriais e domésticas. O petróleo, não sendo uma forma renovável de energia e mediante a tendência de elevação de preço no mercado mundial, bem como a energia elétrica, não sendo disponível no meio rural das regiões mais remotas, conduzem ao desenvolvimento e utilização de novas formas energéticas, sobretudo as renováveis (SILVA et al. 2005).

O biogás tem origem nos efluentes dos setores agroindustrial, urbano (lodo das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de resíduos sólidos urbanos sendo resultado da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos (FRARE et al. 2009).

A composição do biogás, combustível resultante da biodegradação anaeróbia de matérias orgânicas, varia de acordo com as características do tipo de resíduo empregado como substrato de fermentação e as condições de operação do biodigestor. Os principais constituintes do biogás são o metano (60-80%) e o dióxido de carbono (20-40%); outros gases, como sulfeto de hidrogênio, nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono, também podem compor o biogás, porém em menores concentrações (SOUZA et al. 2010). O processo contínuo de produção de biogás já é bem conhecido, em especial a geração de gás metano a partir de esgotos sanitários e de dejetos de animais. Recentemente, pesquisadores se têm voltado para o uso de resíduos agrícolas como biomassa na geração do biogás.

BENINCASA et al. (1986) relatam que, a partir da produção média diária de esterco de um bovino adulto, cerca de 25 kg, pode-se obter 1,0 m³ de biogás, correspondendo a 0,6 L de diesel.

O valor calorífico do biogás é a função da sua qualidade sendo diretamente proporcional ao aumento da porcentagem de metano na mistura, SATHIANATHAN (1975). O poder calorífico do biogás é variável, sendo aproximadamente de 22.500 a 25.000 kJ m⁻³, assumindo o metano com cerca de 35.800 kJ m⁻³, significando um aproveitamento de 6,25 a 10 kWh m⁻³ (JORDÃO & PESSOA, 1995); sua potencialidade é demonstrada quando tratado (remoção de CO₂), pois seu poder calorífico pode chegar a 60% do poder calorífico do gás natural.

Segundo SILVA & LUCAS JÚNIOR (1992), a utilização do biogás no Brasil tem sido limitada pela falta de equipamentos de linha comercial especialmente desenvolvidos para o uso de biogás. Atualmente, boa parte dos equipamentos em operação com biogás são empiricamente adaptados a partir de equipamentos dimensionados para uso do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

2.7. Biofertilizante

O uso de produtos alternativos como os biofertilizantes vem crescendo em todo o Brasil. Na busca por insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura com menor dependência de produtos industrializados, vários produtos têm sido lançados no mercado (DELEITO et al. 2000). Além disso, esses produtos podem ser produzidos pelo agricultor, gerando economia de insumos importados e, ainda, promover melhorias no saneamento ambiental. Os biofertilizantes são preparados a partir da digestão anaeróbia ou aeróbia de material orgânico e mineral, visando o fornecimento de nutrientes.

A decomposição bacteriana da matéria orgânica sob condições anaeróbias é feita em três fases: 1) fase de hidrólise; 2) fase ácida; 3) fase metanogênica. Na fase de hidrólise as bactérias liberam no meio as chamadas enzimas extracelulares, as quais irão promover a hidrólise das partículas e transformar as moléculas maiores em

moléculas menores e solúveis ao meio. Na fase ácida as bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas gordurosas e carboidratos em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono e outros. E finalmente, na 3ª fase, as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em gás metano (CH₄). Esta fase limita a velocidade da cadeia de reações, devido principalmente à formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a do contato direto com a mistura em digestão. Razão pela qual a agitação no digestor é prática sempre recomendável, através de movimentos giratórios do recipiente ou do gasômetro (SEIXAS et al. 1980).

A composição química do biofertilizante varia conforme o método de preparo e o material que o origina. Uma das principais características do biofertilizante é a presença de microrganismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, que se resulta na produção de gás e liberação de metabólicos, especialmente antibióticos e hormônios (BETTIOL et al. 1998).

O biofertilizante tem sido usado na agricultura orgânica em substituição aos fertilizantes minerais como forma de manter o equilíbrio nutricional de plantas e torná-las menos suscetíveis ao ataque de pragas e de patógenos (FERNANDES et al. 2000; LUNA et al. 2009).

2.8. Utilização de fertilizantes orgânicos para produção de mudas

A intensa utilização da adubação torna o composto de resíduo orgânico urbano e o biofertilizante importantes fontes de matéria orgânica, com custos acessíveis. A importância ambiental e social da adequada produção de composto e biofertilizante, bem como a aplicação agrônômica como fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as culturas, é documentada por vários autores (CRAVO et al. 1998; JAHNEL et al. 1999; ABREU JÚNIOR et al. 2000).

Os resíduos orgânicos urbanos, produzidos em municípios cuja população varia de 3.000 a 15.000 habitantes, caracterizam-se por apresentar alto teor de matéria

orgânica (50% a 70%) e considerável porcentual de material reciclável (8% a 15%). Em média, uma pessoa adulta produz o equivalente a 600 gramas de lixo por dia, correspondendo em uma cidade com 20 mil habitantes, à produção de cerca de 12 mil kg/dia de lixo. Em cidades de pequeno porte, estima-se que a quantidade de lixo domiciliar produzida por habitante esteja entre 400 e 600 g diárias e que nos grandes centros esta quantidade pode chegar a 1,5 kg/habitante/dia (ALVES, 1996).

Os adubos orgânicos atuam como reserva de nutrientes e como condicionadores das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Este condicionamento se dá pela melhoria da estrutura do solo, pela liberação de nutrientes para as plantas e pela produção de substâncias estimulantes do crescimento (SANTOS & CAMARGO, 1999).

2.9. Irrigação

Com o advento da irrigação, tornou-se possível a produção agrícola em locais antes impossíveis pela falta de chuvas; entretanto, quando feita sem critério, causa o desperdício de grande quantidade de água. Métodos e sistemas modernos de irrigação estão diminuindo a quantidade de água aplicada, colocando o total necessário no local certo, por exemplo, a microaspersão e gotejadores (GALBIATTI et al. 2007).

Para a produção de mudas, há necessidade de tomarem-se alguns cuidados especiais, entre os quais se destacam a quantidade de água fornecida durante o processo de produção, pois, segundo MAROUELLI & SILVA (1993), a disponibilidade de água para a planta, na quantidade correta e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso da cultura. Para isso, é importante estudar os métodos de estimativas de evapotranspiração. Um dos métodos mais utilizados para a estimativa da evapotranspiração é o método do tanque classe A, no qual se mede o efeito integrado da radiação solar, vento, temperatura e umidade relativa sobre a evaporação de uma superfície livre de água, onde a planta responde às mesmas variáveis climáticas (KLAR, 1991).

A falta de água pode levar ao estresse hídrico e diminuir a absorção de nutrientes pelas plantas. Já o excesso pode favorecer a lixiviação dos nutrientes e ainda

proporcionar microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, além das questões sócio-ambientais relativas à economia de água e ao acúmulo de lixiviados no solo (LOPES, 2005).

A água é um dos fatores limitantes da produção agrícola, considerando sua participação nos vários processos metabólicos da planta. Portanto, a água deve ser fornecida às mudas na quantidade necessária e no tempo certo. Excesso de água pode propiciar condições anaeróbias em torno das raízes, reduzindo a respiração e limitando a fotossíntese e, ainda, favorecendo o aparecimento de doenças foliares e do solo. Por outro lado, o suprimento de água insuficiente provoca perdas excessivas de água por meio da transpiração, induzindo ao enrolamento, amarelecimento e queda de folhas. O ideal é manter um fornecimento de água adequado para evitar esses problemas (MARTINS et al. 1999).

Ao contrário dos cultivos em solo, o manejo da irrigação em recipientes pequenos como o caso dos tubetes, apresenta algumas particularidades como maior frequência de irrigação, em virtude do reduzido volume de substrato disponível para a planta, além da importância relativa aos fenômenos de advecção. Essas particularidades implicam no risco de estresse hídrico, o qual deve ser prevenido com um maior controle da irrigação. ABAD et al. (1992), comentaram que na prática, a irrigação em recipientes deve ser feita em excesso, visando conseguir uma uniformidade de distribuição de água no substrato e evitar o acúmulo de sais.

O tipo de substrato utilizado na produção de mudas é de fundamental importância na determinação da frequência de irrigação e do volume de água a ser aplicado. Em substratos com maior capacidade de retenção (terra do subsolo, composto orgânico, húmus, fibra de coco, etc), uma irrigação freqüente de baixa intensidade não é tão eficaz quanto uma aplicação prolongada e em intervalos mais longos. Irrigações frequentes umedecem somente alguns centímetros da camada superficial do substrato, resultando em maior perda por evaporação, principalmente em dias quentes e secos (WENDLING & GATTO, 2002).

CARNEIRO (1995) recomenda que após a sementeira, a camada superficial do substrato deve permanecer úmida para favorecer o processo germinativo. Por outro

lado, deve-se evitar o excesso de umidade que favorece a lixiviação de nutrientes e o possível surgimento de doenças como “damping-off” nas fases pré e pós emergentes. O excesso de umidade também cria condições desfavoráveis para a circulação do ar no substrato. A eficiência do sistema radicular é influenciada pela aeração, visto que a energia despendida no processo de crescimento é obtida pelas raízes por meio de respiração. Portanto, se a aeração for prejudicada por excesso de umidade, o desenvolvimento radicular também fica prejudicado. Com adequada aeração, as raízes tornam-se profusamente subdivididas, longas, tendo coloração clara e grande quantidade de pêlos absorventes.

2.10. Caracterização da espécie

A quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), planta da família Melastomataceae, é uma espécie da Mata Atlântica que pode crescer até os 12 m de altura, e seu tronco pode atingir 40 cm de diâmetro. Apresenta flores com tonalidades que vão do rosa ao roxo, com grande potencial para ser utilizada como planta ornamental, principalmente em floração, por isso é recomendável em projetos paisagísticos, bem como na arborização de ruas estreitas e sob redes elétricas (LORENZI, 1998).

A utilização de qualquer espécie florestal não tradicional, para plantios com finalidade produtiva ou ambiental, necessita de estudos para o desenvolvimento de tecnologia adequada de produção, iniciando-se pelo conhecimento da qualidade da semente (LEONHARDT et al. 2001).

A fase de máxima qualidade das sementes coincide com o ponto de maturação fisiológica, que compreende as transformações morfológicas, fisiológicas e funcionais que sucedem no óvulo fertilizado. A maturação é atingida quando a semente apresenta máximo conteúdo de matéria seca e acentuada redução no teor de água, alterações visíveis no aspecto externo de frutos e sementes, que culmina com máxima capacidade germinativa e vigor das mesmas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Os parâmetros a serem utilizados na identificação do ponto de maturidade fisiológica variam entre e dentro da espécie e de acordo com o habitat natural. Além de

permitir estabelecer o ponto de maturidade fisiológica da semente, auxiliam na avaliação da extensão de sua deterioração em condições de campo (BARDEBO et al. 1994).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP – Brasil, localizada a 575 metros de altitude, 21°15'22" S de latitude e 48°18'58" W de longitude.

A classificação climática para a região, segundo Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno. A precipitação e as temperaturas médias anuais situam-se próximas de 1.400mm e 21°C, respectivamente.

O período de realização do experimento foi de março de 2009 a junho de 2010 e o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, fatorial, com 8 adubações, 2 lâminas de irrigação e 3 repetições, totalizando 48 parcelas, sendo que cada parcela foi representada por 30 plantas.

3.2. Instalação e condução do experimento

Foram realizadas pesquisas e coletas de resíduos orgânicos urbanos na cidade de Pirangi – SP, por meio de amostragens aleatórias, no bairro denominado Centro. Em seguida, os materiais passaram por uma triagem e foram caracterizados quanto ao tipo e predominância de descarte populacional.

Após a obtenção do material orgânico, foram realizados experimentos para a produção do biogás, biofertilizante e composto de lixo.

3.2.1. Produção do biofertilizante e do biogás

Para a produção de biofertilizante e biogás, foram utilizados os resíduos orgânicos coletados na amostra populacional e esterco bovino nas seguintes proporções:

- 1- Lixo Orgânico Urbano (LOU);
- 2- Lixo Orgânico Urbano + 25% de Esterco Bovino (EB25%);
- 3- Lixo Orgânico Urbano + 50% de Esterco Bovino (EB50%);

Utilizou-se, para condução do experimento, uma bateria de 9 unidades de biodigestores, tipo batelada, com capacidade total de 60 L cada; os biodigestores se constituíram, basicamente, de dois cilindros circulares retos, um dos quais se encontrava implantado no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior, abrigava um volume de água denominado “selo d’ água”, que atingia a profundidade de 50 cm. Uma campânula flutuante emborcada no “selo d’ água” propiciava as condições anaeróbicas através das quais se desenvolveu o processo de fermentação, além de reter o gás produzido (GALBIATTI et al. 2010).

Os biodigestores foram preenchidos todos ao mesmo tempo e em sistema de batelada por 90 dias. O resíduo orgânico urbano e esterco bovino foram triturados e homogeneizados, diluído para 8% de sólidos totais, conforme as equações 1, 2, 3, 4 e 5.

$$MS = ES + INS \quad (1)$$

$$(ES + INS) = \frac{K.W}{100} \quad (2)$$

$$Eu = \frac{ES}{ST} . 100 \quad (3)$$

$$INC = \frac{INS.100}{STIn} \quad (4)$$

$$W = Eu + INC + A \quad (5)$$

Em que,

MS – Matéria seca total (kg);

ES – Massa seca do resíduo a ser adicionado no biodigestor (kg);

INS – Massa seca do inoculo que deverá ser adicionado no biodigestor (kg);

K – Porcentagem de sólidos totais que se pretende no afluente do biodigestor (%);

W – Massa do substrato a ser colocado no biodigestor (kg);

Eu – Massa do resíduo fresco a ser adicionado no biodigestor (kg);

ST – Porcentagem de sólidos totais contido no resíduo fresco (%);

INC – Inoculo que deverá ser adicionado (kg);

STIn – Porcentagem de sólidos totais contida no inoculo (%);

A – Massa de água a ser adicionada no efluente do biodigestor (kg).

3.2.2. Produção do composto de lixo orgânico

Parte do resíduo orgânico urbano coletado foi destinado à compostagem, onde foram dispostas 3 pirâmides com 400 kg do material orgânico, com dimensões de 3 metros de comprimento, 1,80 de largura e 1,70 de altura, em barracão coberto, com piso de alvenaria e declividade de 5%.

Foram realizados monitoramentos diários de temperatura e umidade. A irrigação das pilhas foi realizada sempre que amostragens revelavam que a umidade se encontrava abaixo de 50%. O revolvimento das pilhas foi realizado semanalmente no primeiro mês e quinzenalmente no segundo e terceiro mês.

3.3. Determinação dos teores de sólidos totais e voláteis

Os teores de sólidos totais, quantidade total de material sólido presente nos resíduos, sejam em solução ou suspensão, equivalente a matéria seca das amostras coletadas durante os ensaios de biodigestão e compostagem, foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (1995).

Os teores de sólidos voláteis e quantidade de sólidos vaporizados quando submetidos à combustão, foram determinados com os materiais secos obtidos após determinação do teor de sólidos totais.

3.4. Volume e potencial de produção do biogás

Diariamente foram determinados os valores de produção de biogás, medindo-se o deslocamento dos gasômetros e multiplicando-se pela área de seção transversal interna dos gasômetros. Todos os dias, após cada leitura, os gasômetros eram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás.

O potencial de produção foi medido utilizando-se os dados de produção diária e a quantidade de resíduo orgânico urbano “in natura” e esterco bovino, sólidos totais e sólidos voláteis adicionados nos biodigestores, além das quantidades de sólidos voláteis reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia.

3.5. Quantificação de minerais e carbono orgânico

Foram coletadas amostras do biofertilizante e composto de lixo e em seguida encaminhadas para o laboratório da ESALQ – USP – Piracicaba – SP, onde foram determinados o potencial hidrogeniônico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, relação carbono/nitrogênio, cobre, manganês, zinco, ferro, boro sódio, carbono total, carbono orgânico e matéria orgânica.

3.6. Umidade do substrato e do efluente

O cálculo da umidade foi feito pesando a amostra úmida, achando-se a massa úmida. Depois, colocando-se a amostra em uma estufa de aeração forçada até peso constante, obtendo-se a massa seca, obtido pela equação 6.

$$U = \frac{(P_u - P_s)}{P_u} \cdot 100 \quad (6)$$

Em que,

U = Umidade da amostra, em %;

Pu = Massa úmida da amostra, em g;

Ps = Massa seca da amostra, em g.

3.7. Adubações

Depois de obtidos o biofertilizante e o composto de lixo, foram montados os tratamentos para o desenvolvimento das plantas, em tubetes de polietileno com capacidade de 300 cm³.

1 - 60 cm³ de biofertilizante originado de lixo orgânico urbano (LOU);

2 - 60 cm³ de biofertilizante originado de lixo orgânico urbano + 25% de esterco bovino (EB25%);

3 - 60 cm³ de biofertilizante originado de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino (EB50%);

4 - 10% de composto de lixo orgânico urbano (CL10%);

5 - 15 % de composto de lixo orgânico urbano (CL15%);

6 - 20% de composto de lixo orgânico urbano (CL20%);

7 - Adubação mineral (AM);

8 - Sem adubação (SA).

Aos tratamentos 1, 2, 3 e 6 foram adicionados 240 cm³ de Latossolo Vermelho de textura arenosa, e aos tratamentos 4 e 5 foram adicionados 270 e 255 cm³ respectivamente. A adição dos compostos orgânicos e mineral foi realizada manualmente.

Os tubetes foram colocados sobre um suporte feito com tela de arame, sob sombrite com 30% de capacidade de retenção de luz e adicionadas 10 sementes de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) por tubete, pois o índice de germinação da planta avaliada é baixo. Para os tubetes que tiveram germinação e emergência de mais de uma planta, foi realizado o desbaste em torno dos 30 dias, deixando-se apenas uma planta por tubete. Sete dias após o desbaste, as mudas foram colocadas a pleno sol.

A adubação mineral inicial foi realizada segundo recomendações de GONÇALVES et al. (1994), através da análise de solo realizada. O autor menciona que, na fase de viveiro, os métodos, as doses e as épocas de incorporação de adubos nos substratos devem ser bastante criteriosos em função de suas características físico-químicas, utilizando-se, geralmente, o sulfato de amônio, o cloreto de potássio e o superfosfato simples.

3.8. Irrigação

A irrigação foi realizada por aspersão manual, diariamente, em níveis de 80 e 100 % da evapotranspiração potencial calculada, estimada por tanque classe A.

3.9. Análise das plantas

Durante a realização do experimento, foram observadas as seguintes características:

- Altura (H): distância da superfície do solo à gema apical, medindo-se as plantas com régua graduada em cm;
- Diâmetro do colmo (D): foram utilizados paquímetros digitais, onde foram realizadas medições no centro dos colmos das plantas.
- Matéria Seca (MS): no final do período da experimentação, foram efetuadas as pesagens das plantas coletadas, e, com base nos resultados foi calculada a massa seca das plantas.
- Análise dos parâmetros morfológicos das plantas.

As avaliações acima descritas foram realizadas 180 dias após a semeadura. As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, sendo esta subdividida em caule e folhas. Após a lavagem com água destilada, as partes foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°C, até massa constante. Foram, então, pesadas em balança analítica, obtendo-se a massa da matéria seca da raiz,

caule e folhas das mudas. Com os dados obtidos foram calculadas a massa da matéria seca da parte aérea (PMSPA), a massa da matéria seca do sistema radicular (PMSR), e os diferentes índices de qualidade de mudas, quais sejam massa da matéria seca total (PMSPA+PMSR), a relação da altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), a relação da altura da parte aérea/ massa da matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), a relação entre a massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca das raízes (PMSPA/PMSR) e o índice de qualidade de Dickson (IDQ), (DICKSON et al., 1960), conforme a equação 7.

$$IQD = \frac{PMST}{H / DC + PMSPA / PMSR} \quad (7)$$

Em que,

PMST = Massa da matéria seca total (g);

H = Altura da parte aérea (cm);

D = Diâmetro do colo (mm);

PMSR = Massa da matéria seca de raiz (g);

PMSPA = Massa de matéria seca da parte aérea (g).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados da caracterização do lixo orgânico urbano

Na Tabela 1, são apresentados os dados referentes à caracterização e quantificação dos materiais coletados na amostra populacional na cidade de Pirangi-SP.

Tabela 1. Dados da caracterização do material coletado.

Materiais coletados	(%)
Cascas diversas	14,08
Verduras	9,74
Legumes	10,61
Folhagens e podas	13,09
Restos de comida	10,75
Total de Resíduo Orgânico	58,27
Total de Resíduo Inorgânico	41,73

Nota-se que a quantidade de resíduos orgânicos é significativa, e que estudos objetivando avaliar as características e o reaproveitamento desses materiais é de fundamental importância para a sustentabilidade. Segundo ALMEIDA (2003), mistura desses materiais orgânicos ao solo tem efeito condicionador, alterando as suas características químicas, físicas e biológicas, de modo a criar um ambiente mais adequado para o desenvolvimento das raízes e da planta como um todo.

O levantamento do material orgânico caracterizou 58,27% de resíduo orgânico, valor superior ao encontrado por VIJAYARAGHAVAN, SHARIFF & MOHD (2003), que caracterizaram o lixo orgânico das cidades com 30% de resíduos orgânicos.

4.2. Determinações de massa úmida e massa seca para as amostras

De acordo com a Tabela 2, é possível observar a massa úmida e a massa seca para amostras de LOU, EB25% e EB50%, antes de serem adicionadas aos biodigestores.

Tabela 2. Determinações da massa úmida e massa seca para o lixo orgânico urbano (LOU); lixo orgânico urbano com 25% de esterco bovino (EB25%) e lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (EB50%).

	Massa Úmida (%)	Massa Seca (%)
LOU	56	44
EB25%	63	37
EB50%	72	28

Os dados apresentaram valores crescentes quanto à massa úmida para tratamentos em que a quantidade de esterco bovino foi maior, devido à maior concentração de líquidos nesses resíduos.

4.3. Análise dos teores de sólidos totais e voláteis

Para a diluição dos materiais introduzidos nos biodigestores, foram determinados os valores referentes aos sólidos totais e voláteis, no início e ao término do experimento, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) no início e ao término do experimento.

	Inicial			Final			Redução		
	LOU	EB25%	EB50%	LOU	EB25%	EB50%	LOU	EB25%	EB50%
ST (%)	6,38	7,14	7,63	2,89	3,58	3,91	54,70	49,85	48,75
SV (%)	4,69	4,83	4,98	1,56	2,41	2,98	66,73	50,10	40,16

É possível observar que a adição de esterco bovino ao lixo orgânico é caracterizado por menores valores de redução de ST e SV (Tabela 3), como pode ser visto em GORGATI (1996), onde se verificou também que quando aumentada a porcentagem de 5% de esterco em substratos contendo lixo “in natura” para 10%, as reduções dos teores de ST e SV foram inferiores.

4.4 Dados da produção do biogás

Os resultados do experimento apresentaram primeiro, dados da produção de biogás na forma de acúmulos quinzenais (média dos dados coletados diariamente) e totais, como observa-se na Tabela 4; por estes dados constatou-se que o substrato de lixo orgânico urbano + 50% de esterco bovino (EB50%), teve produção acumulada superior enquanto o lixo orgânico urbano (LOU) apresentou produção inferior à dos demais, no final do período estudado; ressalta-se que a partir dos 75 dias, este apresentava produção quinzenal superior à dos demais.

Tabela 4. Produção média de biogás, acumulada (A) e quinzenal (Q), em função dos substratos utilizados.

		Dias após o enchimento dos biodigestores (m ³)							
	Produção	15	30	45	60	75	90	Total	
LOU	Q	1,82	23,14	39,98	93,36	139,52	118,09		
	A	1,82	24,96	64,94	158,30	297,82	595,91	415,91 C	
EB25%	Q	3,78	31,56	132,08	197,43	81,91	38,30		
	A	3,78	35,34	167,42	364,85	446,76	515,21	485,06 B	
EB50%	Q	5,21	37,72	196,08	241,35	93,70	43,04		
	A	5,21	42,93	239,01	480,36	574,06	470,52	617,10 A	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

De maneira geral, o período de produção máxima dos substratos se iniciou aos 45 dias, começando a decair a partir do 75° dia após a colocação dos substratos nos biodigestores, com exceção do lixo orgânico urbano (LOU) que teve sua produção máxima no intervalo dos 60 aos 90 dias.

Através da análise estatística pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, observou-se que os 3 tratamentos diferiram entre si em relação à produção do biogás, sendo o tratamento EB50% o que apresentou melhores resultados, seguido pelo EB25% e LOU.

Através da realização dos testes de queima do biogás foi possível constatar que houve eficiência energética para o gás produzido, pois houve queima crescente de metano de acordo com o aumento da produção do biogás.

O potencial de produção de biogás por kg de resíduo obtido no experimento foi em média 0,07; 0,08 e 0,11 m³ diários para os substratos LOU, EB25% e EB50% respectivamente, como pode se observado na Tabela 5.

Tabela 5. Potencial de produção média diária de biogás por kg de resíduo.

Tratamentos	Potencial médio de produção de biogás (m ³)	
	Média Diária	Média Total por kg de resíduo
LOU	0,07	6,31 B
EB25%	0,08	7,28 AB
EB50%	0,11	9,93 A

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os dados estatísticos para o potencial de produção de biogás demonstraram que o lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (EB50%) apresentou os melhores resultados.

Um estudo realizado por AMARAL et al. (2004), apresenta dados de produção de biogás por kg de resíduo com média de 0,025m³, apresentando dados inferiores aos valores encontrados por LUCAS JÚNIOR (1987), que foram de 0,041m³ de biogás por kg de estrume, adotando-se 50 dias de retenção. TAKIZAWA et al. (1994) encontraram valores de produção de biogás, em m³ por kg de sólidos voláteis adicionados, próximos aos obtido neste estudo.

O melhor fator utilizado para refletir o potencial de determinada biomassa é aquele que expressa a produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, pois elimina a interferência do teor de água presente na biomassa (AMARAL et al. 2004).

4.5. Dados da análise do biofertilizante

A caracterização obtida a partir de análises dos três efluentes testados apresentou resultados conforme a Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização química dos efluentes com lixo orgânico urbano (LOU); lixo orgânico urbano com 25% de esterco bovino (EB25%) e lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino (EB50%).

	g/100g						µg/100g					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe	Co	Cu	Cr
LOU	0,02	0,21	2,76	1,53	0,58	0,51	19,71	33,69	198,36	8,68	7,90	6,02
IB25%	0,02	0,23	2,79	1,53	0,55	0,49	22,37	39,71	211,56	8,98	8,75	6,51
IB50%	0,03	0,29	2,88	1,57	0,52	0,48	26,59	44,02	223,45	9,96	10,79	7,09

De acordo com os dados de caracterização notam-se melhores resultados na maioria das composições químicas em tratamentos cuja introdução do esterco bovino foi maior. Valores nutricionais elevados aos tratamentos com maiores dosagens de esterco podem ser explicados devido à substituição da diluição com água, elevando-se assim, o número de nutrientes, pois quanto maior a adição de esterco, menor a necessidade de água para a diluição do tratamento (Tabela 6).

Em um estudo realizado por VILLELA JUNIOR (2003), análises químicas do biofertilizante de origem bovina apresentaram valores expressivos de nutrientes, o que pode ser observado nos dados da Tabela 6.

4.6. Compostagem

4.6.1. Dados das análises do composto de lixo

As análises realizadas do composto de lixo orgânico urbano apresentaram valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Análise do composto de lixo orgânico urbano.

	Quantificação da composição (%)										
	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	C	C org	MO
CL	6,9	1,44	0,92	0,28	4,03	0,37	0,21	13/1	18,31	17,11	32,96

*CL – Composto de lixo.

De acordo com a análise do material compostado, pode-se observar que o índice da relação C/N foi de 13, aos 90 dias de compostagem, indicando que houve uma boa condução do experimento, pois segundo CRAVO et al. (1998) os valores médios de C/N em compostos de lixo orgânico urbano variam entre 11-13.

Dados obtidos por ABREU JUNIOR et al. 2002, demonstram que a degradação do composto de lixo é reduzida à medida que aumenta seu grau de maturação. Considerando a relação C/N do composto, pode-se considerá-lo como um composto com fração humificada estável, pouco susceptível à degradação rápida em curto período e com elevado potencial de acúmulo no solo (OLIVEIRA, 2000).

4.6.2. Dados da temperatura

A partir dos dados de medições da temperatura das pirâmides de compostagem, obtiveram-se valores semanais (Figura 1).

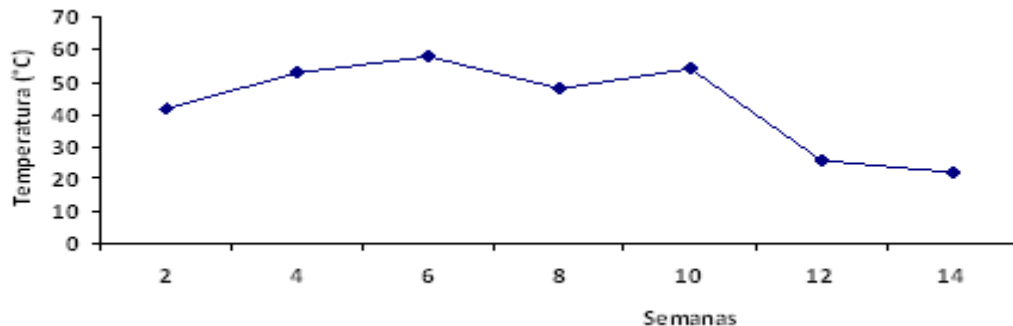


Figura 1. Variação da temperatura durante 14 semanas.

Observaram-se temperaturas acima de 40 °C durante quase todo o processo de compostagem, ou seja, até os 65 dias, evidenciando a importância dessa fase para a redução e/ou eliminação de patógenos. Após esse período houve queda da temperatura até níveis estáveis.

4.6.3. Dados do rendimento do composto de lixo orgânico urbano

Dos dados obtidos a partir da massa inicial e final, foi possível estabelecer o rendimento do lixo orgânico urbano como composto para a adubação de plantas, como demonstra a Tabela 8.

Tabela 8. Rendimento do composto de lixo orgânico urbano aos 90 dias de compostagem.

Massa inicial (kg)	Massa final (kg)	Rendimento (%)
1° dia	90° dia	Final
400	152	38

Observa-se que o rendimento do composto apresentou uma redução de 62% da massa total colocada na pirâmide de compostagem. O rendimento obtido foi semelhante aos quantificados por GORGATI (1996), que foi de 40% de composto a partir da compostagem da fração orgânica do lixo urbano.

4.7. Atura das plantas

De acordo com as análises estatísticas para os tipos de adubações, constatou-se que o tratamento EB50% apresentou os melhores resultados (A), seguido pelos tratamentos LOU, EB25%, CL10%, CL15% e CL20% (B), AM (C) e SA (D). O tratamento SA apresentou os piores resultados em relação à altura média da parte aérea das plantas, fato que pode ser explicado pelas menores quantidades de

nutrientes disponibilizados às plantas. Na Tabela 9, é possível verificar os índices de crescimento para cada tipo de adubação.

Tabela 9. Dados de altura média das plantas para adubação em cada nível de água aos 180 dias após a semeadura.

	Irrigação (%)	Bloco 1 (cm)	Bloco 2 (cm)	Bloco 3 (cm)	Média Total (cm)
LOU	80	15,9	9,7	16,8	14,13 B
	100	16,3	15,8	17,9	16,66 B
EB25%	80	16,1	14,1	17,1	15,76 B
	100	16,9	15,3	16,5	16,23 B
EB50%	80	19,1	21,7	18,2	19,66 A
	100	20,2	23,2	20,3	21,23 A
CL10%	80	15,8	12,3	14,7	14,26 B
	100	16,2	15,7	16,5	16,13 B
CL15%	80	13,9	14,3	12,9	13,70 B
	100	16,7	15,9	17,0	16,53 B
CL20%	80	15,1	14,9	16,3	15,43 B
	100	16,8	19,7	20,1	18,86 B
AM	80	9,1	8,6	8,9	8,86 C
	100	15,9	14,4	16,0	15,43 C
SA	80	7,1	6,3	6,1	6,50D
	100	9,8	9,1	11,7	10,20 D

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fator adubação (A): significativo ao nível de 1% de probabilidade (letras maiúsculas).

A partir dos dados de crescimento das plantas, é possível observar que o tratamento EB50% superou em 16,14; 21,77; 24,70; 25,68; 26,07; 40,60 e 59,14% os tratamentos CL20%, EB25%, LOU, CL10%, CL15%, AM e AS respectivamente. O uso

do resíduo orgânico permite melhoria na fertilidade do solo, além de atuar como condicionador, melhorando as características físicas, químicas e biológicas, do solo.

4.8. Irrigação

As análises estatísticas para o fator irrigação apresentaram melhores resultados para o nível de 100% da evapotranspiração potencial (a) seguidas por 80% (b), (Tabela 10).

Tabela 10. Dados da análise estatística pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade para irrigação.

	Irrigação 80%	Irrigação 100%
LOU	14,13 B	16,66 A
EB25%	15,76 B	16,23 A
EB50%	19,66 B	21,23 A
CL10%	14,26 B	16,13 A
CL15%	13,70 B	16,53 A
CL20%	15,43 B	18,86 A
AM	8,86 B	15,43 A
SA	6,50 B	10,20 A
Total	75,61B	79,75 A

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A planta *Tibouchina granulosa* apresentou melhores resultados de crescimento quando foram aplicadas lâminas de água baseadas em níveis de 100% da evapotranspiração calculada diariamente, conforme análise estatística. A transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potencial de água no solo. O consumo de água de uma cultura

depende diretamente da demanda energética atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera (PEREIRA et al., 1997).

4.9. Diâmetro dos colmos

Avaliando-se a Tabela 11, observa-se que assim como para a altura média das plantas, o diâmetro de caule também apresentou menores valores médios para as plantas emergentes no tratamento SA, e os maiores valores foram apresentados pelo tratamento EB50%.

Tabela 11. Dados médios do diâmetro dos colmos das plantas aos 180 dias após a semeadura.

Adubação	180 dias após a emergência	
	Irrigação (%)	Diâmetro do colmo (mm)
LOU	80	17,14 Eb
	100	18,31 Ea
EB25%	80	17,63 Bb
	100	18,91 Ba
EB50%	80	18,11 Ab
	100	20,28 Aa
CL10%	80	17,31 Eb
	100	18,12 Ea
CL15%	80	17,49 Eb
	100	18,17 Ea
CL20%	80	17,51 Cb
	100	18,77 Ca
AM	80	11,87 Fb
	100	13,94 Fa
SA	80	10,26 Gb
	100	11,24 Ga

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras maiúsculas representam adubação e letras minúsculas representam a irrigação.

Os tratamentos utilizados diferiram significativamente entre si quanto ao diâmetro dos colmos pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade (Tabela 11). O tratamento EB50% apresentou valor de 43,98; 32,75; 7,68; 7,08; 5,47 e 4,79% superior aos tratamentos SA, AM, CL10%, CL15%, CL20% e EB25% respectivamente. Assim, nota-se que a adição de biofertilizante proveniente de esterco bovino e lixo orgânico urbano

em proporções semelhantes apresentou melhores resultados quanto ao desenvolvimento das plantas avaliadas, oferecendo ao solo maior disponibilidade de nutrientes (Tabela 6).

Os índices de irrigação apresentaram diferenças significativas quanto ao desenvolvimento dos colmos, como pode ser observado ainda na Tabela 11, onde é percebida a interação entre a adubação e a lâmina de irrigação, com valores de diâmetros inferiores quando os níveis para a irrigação utilizados foi de 80% da evapotranspiração potencial.

4.10. Matéria seca

Os dados relativos à matéria seca da raiz e parte aérea estão representados na Tabela 12. Destes dados pode-se observar através dos resultados da análise estatística, que houve diferença significativa para a matéria seca da espécie avaliada (*Tibouchina granulosa*) pelo teste de Tukey, tanto para matéria seca da parte aérea quanto para matéria seca da raiz.

Tabela 12. Dados médios da matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas 180 dias após a semeadura.

	Irrigação (%)	Matéria seca da raiz (g)	Matéria seca da parte aérea (g)
LOU	80	11,23 Cb	12,81 Bb
	100	10,83 Ca	12,18 Ba
EB25%	80	12,35 Bb	11,98 Bb
	100	10,71 Ba	13,32 Ba
EB50%	80	14,91 Ab	13,42 Ab
	100	13,28 Aa	15,26 Aa
CL10%	80	9,74 Eb	8,57 Db
	100	9,02 Ea	11,71 Da
CL15%	80	9,19 Fb	7,87 Eb
	100	8,21 Fa	9,21 Ea
CL20%	80	10,21 Db	10,03 Cb
	100	9,98 Da	12,81 Ca
AM	80	6,02 Gb	5,78 Fb
	100	5,59 Ga	7,82 Fa
SA	80	4,95 Hb	4,74 Gb
	100	4,18 Ha	7,06 Ga

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre a 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fator adubação (A): significativo ao nível de 1% de probabilidade (letras maiúsculas); Fator irrigação (B): significativo ao nível de 1% de probabilidade (letras minúsculas); Interação AxB: significativo.

Para esta espécie, as plantas do tratamento EB50% apresentaram maior valor de matéria seca da raiz e parte aérea. Este fato provavelmente é devido a mais adequada relação entre ar, água e fornecimento de nutrientes, nestes substratos do que nos demais. Quando comparados os resultados das variáveis analisadas (diâmetro do

colmo e altura da parte aérea) com os resultados dos substratos da variável matéria seca, pode-se verificar que houve manutenção destes resultados para esta espécie.

Os tratamentos que tiveram índices de irrigação a 100% da evapotranspiração potencial obtiveram maior desenvolvimento do sistema radicular, fato este que pode ser explicado devido ao maior fornecimento de nutrientes e condições para o desenvolvimento.

Várias pesquisas demonstram que a incorporação de matéria orgânica ao solo promove melhoria nas suas propriedades físicas, repercutindo favoravelmente na produtividade agrícola (GALBIATTI, 1992; NUVOLARI et al. 1996). O efeito físico causado pela matéria orgânica no solo é muito importante para o desenvolvimento dos vegetais, e segundo HENIN et al. (1976), esta melhoria está relacionada, também, com o regime de água pois melhorando a capacidade de infiltração, acelera o processo dinâmico da água no solo. Seu efeito na melhoria da estrutura do solo constitui um fator positivo para o desenvolvimento das raízes. Isso ficou evidente para a espécie avaliada.

4.11. Avaliação dos parâmetros morfológicos

Para a avaliação dos índices de desenvolvimento e sobrevivência da planta em condições de campo, foi realizado o índice de qualidade de Dickson (IDQ), onde foram considerados índices de robustez e equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando os resultados de vários atributos importantes empregados na qualidade da planta (FONSECA et al., 2002). Na Tabela 13, foram avaliados os parâmetros morfológicos da planta avaliada pelo IQD.

Tabela 13. Média das relações altura/diâmetro do colmo (H/D), massa da matéria seca da parte aérea/massa da matéria seca de raiz (MSPA/MSR), altura/massa da matéria seca da parte aérea (H/MSPA), e índice de qualidade de Dickson (IDQ) para mudas de *Tabouchina granulosa* em resposta a diferentes tratamentos, aos 180 dias após a semeadura e em dois níveis de irrigação (80% ET e 100% ET).

TRAT	80%ET					100%ET				
	H/D (cm)	MSPA+ PMSR (g)	H/PMS PA	PMSPA/ PMSR	IDQ	H/D (cm)	MSPA + PMSR	H/PMS PA	PMSPA/ PMSR	IDQ
LOU	8,26	24,04	110,46	1,14	2,59	9,10	23,01	136,78	0,84	2,31
EB25%	8,95	24,33	131,55	0,97	2,45	8,58	24,03	121,84	1,13	2,47
EB50%	10,86	28,33	146,48	0,90	2,41	10,50	28,54	139,12	0,92	2,49
CL10%	8,24	18,31	166,39	0,87	2,00	8,91	20,73	137,74	1,68	1,95
CL15%	7,87	17,06	174,07	0,85	1,95	11,01	17,42	179,47	2,00	1,32
CL20%	8,81	20,24	153,83	0,98	2,06	10,08	22,79	147,22	1,68	1,93
AM	7,50	11,80	153,28	0,96	1,39	11,10	13,41	197,31	1,06	1,10
SA	6,37	9,69	137,13	0,95	1,32	9,10	11,24	144,47	0,93	1,12

Na avaliação da qualidade das mudas de espécies arbóreas, em condições para o plantio, foram levados em consideração os aspectos morfológicos, que são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas, tendo uma compreensão de forma mais intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carente de uma definição mais acertada para responder as exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio.

Segundo dados de CARNEIRO (1976), valores variando de 5,4 a 8,1 são os ideais para a relação H/D, visto que esta relação constitui-se num dos mais importantes atributos morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio no campo. Através dos resultados, os valores de H/D foram próximos aos estabelecido pelo autor, entre 6,37 a 11,10.

Para a espécie avaliada, 50% dos tratamentos, apresentaram valores de IDQ maiores que 2,0. A relação entre a massa da matéria seca da parte aérea pela massa da matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR) é considerada como índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade de mudas, propondo-se que 2,0 seria a melhor relação entre estes atributos (BRISSETE, 1991), sem, no entanto, definir a espécie.

5. CONCLUSÕES

No município de Pirangi – SP, 58% dos resíduos descartados pela amostra populacional são orgânicos.

O potencial de produção do biogás foi superior para o tratamento contendo lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino.

O período de produção máxima de biogás para os tratamentos estudados foi entre 45 e 74 dias, com exceção do lixo orgânico urbano, que teve produção máxima entre 60 e 90 dias.

As análises químicas dos tratamentos LOU, EB25% e EB50% apresentaram maiores concentrações de nutrientes quando aumentadas as doses de esterco bovino.

Para a compostagem, concluiu-se que houve uma redução de 62% da massa total utilizada, obtendo-se um rendimento de 38%.

Para os tipos de adubações e irrigações utilizadas, concluiu-se que para o crescimento das plantas, diâmetro do caule, matéria seca da raiz e da parte aérea, o tratamento com lixo orgânico urbano com 50% de esterco bovino e lâmina de irrigação a 100% da evapotranspiração apresentou índices superiores aos demais tratamentos.

Para a espécie *Tibouchina granulosa*, 50% dos tratamentos apresentaram Índice de Qualidade de Dickson com valores superiores a 2,0.

6. REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; MARTINEZ-HERRERO, M. D; MARTINEZ-GARCIA, P. F.; MARINEZCARTE, J. Evaluacion agronômica de los substratos de cultivo. Acta Horticulturae, Wageningen, v.11, p.141-154, 1992.
- ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 26, p.769-780, 2002.
- ABREU JÚNIOR, 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 Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.635-647, 2000.
- ALMEIDA, A. Composto de lixo urbano na composição química do solo e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L). Revista de Biociência, Taubaté, v.9, n.2, p.7-15, 2003.
- ALVES, W. L. Compostagem e vermicompostagem no tratamento do lixo urbano. Jaboticabal: Funep, 1996. 47p.
- AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRA, D. S.; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, 2004.
- ANDRIOLI, I.; SACCHI, E.; NISHIDA, L. T.; CENTURION, J. F. Efeito de modalidades de preparo e da aplicação de um composto orgânico nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média nas culturas de soja e milho. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.143.

APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th. ed. Washington: American Public Health Association , 1995. 619p.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTES, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.5, p.466-470, 2007.

BARBEDO, A. S. C.; ZANIN, A. C. W.; BARBEDO, C. J.; NAKAGAWA, J. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.12, p.14-18, 1994.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A.G. Métodos e sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. (Org). *Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p.125-171.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A. F.; LUCAS JÚNIOR, J. Biodigestores convencionais. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 25p.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S. Potencial agrícola de composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. *O Agrônomo*, Campinas, v. 43, p.87-93, 1991.

BETTOIL, W.; TRATCH, R.; GALVÃO, J. A. H. Controle de doenças de plantas com biofertilizantes. Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, 1998. 22p. (Circular técnico, 02).

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a suscetibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. *Revista*

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.2, p.131-139, 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional. 2005. Disponível em: (<http://www.mme.gov.br>) Acesso: 02 jun. 2008

BRISSETE, J. C.; BARNETT, T. D. Container Seedlings. In: DURYEA,; M. L., DOUGHERTY, P. M. (Ed.) Forest regeneration manual. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.117-141.

CAMPOS, L. A. A. A influência de profundidade de semeadura e substratos no desenvolvimento inicial de sibipiruna (*Caesalpinia peltrochoroides* Benth). Científica, Jaboticabal, v.14, n.1/2, p.101-103, 1986.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; MORAES, A. A.; RUMJANEK, V. M; OLIVARES, F. L. Avaliação de características ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: métodos espectroscópios (UV- Vis, VI, RMN13 C-CP/MAS) e microscopia eletrônica de varredura, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinustaeda* L. par a plantio definitivo. 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Paraná , 1976.

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfológicos que indicam sua qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUNEP, Campos dos Goytacazes: UENF, 1995. 451p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CORDELL, C. E.; FILER JUNIOR, T. H. Integrated nursery pest management. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANDBOOK: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, p.1-17, 1984.

CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M. F. Poluição do solo e qualidade ambiental - Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v.22, n.3, p.547-553, 1998.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, G. F.; ABOUND, A. C. S.; FERNANDES, M. A.; 2000. Sucessão microbiana durante o processo de fabricação do biofertilizante Agrobio. In: FERTBIO 2000. *Resumos...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo e da Sociedade Brasileira de Microbiologia. CD-ROM.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forest Chronicle, v.36, p.10-13, 1960.

FACTOR T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.12, n.2, p.143-149, 2008.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FERREIRA, M. G. M.; CANDIDO, J. F.; CANO, M. A. O. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas- I: Germinação. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.1, n.2. p.61-67, 1997.

FONSECA, E. P.; VALERI, S. V.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FRARE, L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA, N. C. Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v.14, n. 2, p. 167-172, 2009.

GALBIATTI, J. A.; CAMELO, A. D.; SILVA, F. G.; GERARDI, E. A. B.; CHICONATO, D. A. Estudo quali-quantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.4, p.432-437, 2010.

GALBIATTI, J. A. Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestores sobre algumas características físicas do solo e o comportamento do milho (*Zea Mays* L.). 1992. 212 f. Tese (Livre Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

GALBIATTI, J. A.; LUI, J. J.; SABONARO, D. Z.; BUENO, L. F.; SILVA, V. L. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.2, p.445-455, 2007.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F.; PASCUAL, J. A. Phytotoxicity due to the agricultural use of urban wastes. Germination experiments. *Journal Science Food Agriculture*, v.59, p.313-9, 1992.

GONÇALVES, J. L. M. Relatório de pesquisa sobre nutrição mineral de espécies nativas. Piracicaba: CESP-ESALQ-IPEF, 1994. 25 p.

GORGATI, C. Q. Fração orgânica de lixo urbano como substrato para biodigestor e como matéria prima para compostagem e vermicompostagem. 1996. 79f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1996.

HENIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. Os solos agrícolas. Rio de Janeiro: Forense, Universitária, 1976. 327 p.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.56, p. 301-304, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: AC, 1985. 492p.

KIEHL, E. J.; PORTA, A. Análise de lixo e composto. métodos de amostragem, preparo da amostra, análises, cálculos e interpretações dos resultados analíticos. Piracicaba: ESALQ, USP, 1980. 62p.

KLAR, A. E. Irrigação: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KOEPEF, H. H. Composto. O que é – como é feito – o que faz. Artigo “Bio-dinâmica” n° 77, Associação Beneficente Tobias. Botucatu, 1976. 22p.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA J. T.; PRASAD, S. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 9, n.4, p.280-284 , 2004.

LEONHARDT, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; MATTEI, V. L. Maturação fisiológica de sementes de tarumã-deespinho (*Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke – Verbenaceae), no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.23, p.100-107, 2001.

LOPES, J. L. W. Efeitos na irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.1, n. 68, p. 97-106, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v.1. 352p.

LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês. 1987. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1987.

LUNA, M. L. D.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.1, p.113-121, 2009.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, v.16, n.1, p.24-30, 1999.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Adequação da época de paralisação das irrigações em tomate industrial no Brasil Central. Horticultura Brasileira, Brasília, v.11, n.2, p.118-21, 1993.

MEELO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.2, p.200-206, 2002.

MICHEL, K.; MARITXU, G.; RENÉ, B. J.; REVEL, J. C. Influencia de las substancias húmicas sobre las características bio-físico-químicas de los suelos. Consecuencias sobre la nutrición mineral de las plantas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. Conferencias... Águas de Lindóia: Embrapa, 1996. CD-ROM

NUVOLARI, A.; P.S. FADINI; B. CORAUCCI-FILHO. Ensaio de respirometria na aplicação de lodo de esgoto doméstico no solo: uso de respirômetro alternativo. In: CONBEA, 25., 1996, Bauru. Anais... 14p.

OLIVEIRA, F. C. Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. 2000. 247f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba , 2000.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E. S.; CANTARUTTI, R. B.; SOUZA, A. P. Substancias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.31, n.5, p.1109-1118 , 2007.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. São Paulo: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA NETO, J. T. Quanto vale nosso lixo: projeto verde vale. Viçosa: MG: UNICEF, 1999.

PERES, C. S. et al. Anaerobic biodegradability of the organic components of municipal solid waste. Paper preprints. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ANAEROBIC DIGESTION, 6., 1991, São Paulo. Proceedings...

QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.3, p.326-332, 2010.

RUIZ, H. A.; TEIXEIRA, E. A. Retenção de água em materiais de solos tratados com dois compostos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.

SANGA, G. A. Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para cocção em residências urbanas na Tanzânia. 2004. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. 491p.

SATHIANATHAN, M. A. Biogas achievements challenges. New Delhi: Association of Voluntary Agencies for Rural Development, 1975. 192p.

SEIXAS, J; FOLLE, S.; MACHETTI, D. Construção e funcionamento de biodigestores. Brasília: Embrapa-DID, 1980. 60P. (Circular Técnica, 4).

SILVA, F. M.; LUCAS JUNIOR, J. Biogás: produção e utilização. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1992. 7p. Mimeografado.

SILVA, F. M.; LUCAS JUNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 608-614, 2005.

SILVA, F. C. da; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALESTEIRO, S. D. Uso agrícola do composto de lixo no Estado de São Paulo: recomendações técnicas. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Circular Técnica).

SILVA, T. N.; CAMPOS, L. M. S. Avaliação da produção e qualidade do gás de aterro para energia no aterro sanitário dos Bandeirantes – SP. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.88-96, 2008.

SOUZA, O.; FEDERIZZI, M.; COELHO, B.; WAGNER, T. M.; WISBEK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.4, p.438-443 , 2010.

TAKIZAWA, N. et al. Temperature effects on continuously expanding anaerobic digester with dairy manure slurry. Research Bulletin of Obihiro University, v.19, n.1, p.31-6, 1994.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Ed.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Hawaii: NifTAL Project, 1989. p.5-32.

VAZOLLER, R. F. Microbiologia e saneamento ambiental. Disponível em:

(<http://www.bat.org.br/martinez/padct.bio/cap.9/rosana>): Acesso em: 02 agosto 1999.

VERAS, L. R. V. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciado com composto de lixo urbano. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v.9, n.3, p.218-224, 2004.

VILLELA JUNIOR, L. V. E.; ARAUJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Efeito do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.1, p.72-79, 2003.

VIJAYARAGHAVAN, K., SHARIFF, A. R. M., MOHD, A. M. M. S. Conversão do lixo urbano em energia por meio da digestão anaeróbia. Revista de Agricultura Urbana, n. 10, 2003.

WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2002. 166 p.

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n.2, p.212-223, 2010.