



Bruno Ricardo Marques Dutra

**Resíduo Sólido Orgânico Doméstico da Moradia
Estudantil da UNICAMP: potencial de geração e
plano de gerenciamento**

**CAMPINAS
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Bruno Ricardo Marques Dutra

**Resíduo Sólido Orgânico Doméstico da Moradia Estudantil
da UNICAMP: potencial de geração e plano de
gerenciamento**

Orientadora: Prof^a Dr^a Eglé Novaes Teixeira

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO BRUNO RICARDO MARQUES DUTRA E ORIENTADO PELA PROFA. DRA. EGLÉ NOVAES TEIXEIRA.

ASSINATURA DA ORIENTADORA

CAMPINAS
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

D953r Dutra, Bruno Ricardo Marques, 1977-
Resíduo sólido orgânico doméstico da moradia estudantil da UNICAMP :
potencial de geração e plano de gerenciamento / Bruno Ricardo Marques Dutra. –
Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Eglé Novaes Teixeira.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Resíduos orgânicos. 2. Compostagem. 3. Gerenciamento de resíduos. 4.
Resíduos sólidos. 5. Estudantes universitários - Moradia. I. Teixeira, Eglé
Novaes, 1955-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Organic solid waste of the student dorm of UNICAMP : the potential for
generation and management plan

Palavras-chave em inglês:

Organic wastes

Composting

Waste management

Solid waste

College students - Housing

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Eglé Novaes Teixeira [Orientador]

Bruno Coraucci Filho

Mohamed Ezz El Din Mostafa Habib

Data de defesa: 18-03-2013

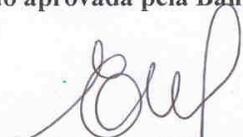
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

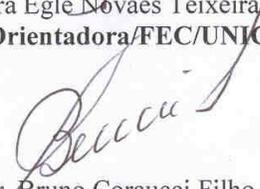
**Resíduo Sólido Orgânico Doméstico da Moradia Estudantil da
UNICAMP: potencial de geração e plano de gerenciamento**

Bruno Ricardo Marques Dutra

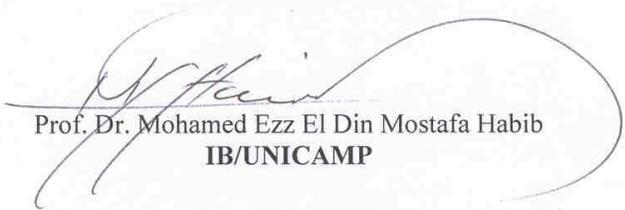
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Profa. Dra. Eglé Novaes Teixeira/
Presidente e Orientadora/FEC/UNICAMP**



**Prof. Dr. Bruno Coraucci Filho
FEC/UNICAMP**



**Prof. Dr. Mohamed Ezz El Din Mostafa Habib
IB/UNICAMP**

Campinas, 18 de março de 2013

Agradecimentos

Agradeço à Prof^a Dr^a Eglé Novaes Teixeira pela orientação neste trabalho, conduzida com paciência, compreensão e perseverança.

Agradeço ao George Leandro Monte Barbosa, "Porcão", um grande amigo que me conduziu e me ensinou muito durante a realização deste trabalho.

Agradeço ao Francisco, *in memoriam*, um auxiliar de campo muito importante para realização deste trabalho.

Agradeço muito a José Benedito de Castro Henrique, "Benê", quando responsável pela Divisão do Meio Ambiente, que nunca negou ajuda desde o período de iniciação científica.

Agradeço aos funcionários da Moradia, "Mineiro", Arsineu, Luiz Donizete ("Galo"), "Ceará", Valter, Paulo Fozzati, Vera, Marcelo, Sara, Donizete, aos diversos seguranças, varredores e principalmente ao "Seu Flor" que me ajudaram bastante na realização das atividades de campo.

Agradeço aos coordenadores executivos da Moradia Prof^a Dr^a Josely Rimoli, Prof. Dr. Luiz Antônio Viotto e Kátia Stancato que me apoiaram muito na realização deste trabalho.

Agradeço aos bolsistas da Moradia, Ademilton, "Palha", e Aneci Serra.

Agradeço a Ana Pereira, Marco Andrei, Lucas (“Lilladhar”), Renata Gadelha, Fabiano Crespilho, Anne Binder, Fernanda Corghi e a todos amigos que realizaram projetos de extensão envolvendo questões ambientais na Moradia.

Agradeço a Cristina Smidarle, Júlia Maykot Pucci, Alan Carneiro e a todos amigos que me ajudaram principalmente no período de redação deste trabalho.

Agradeço a Roberta Rizzi, amiga indispensável no período de qualificação.

Agradeço aos integrantes do Grupo de Pífanos Flautins Matuá, que indiretamente me ajudaram muito no período de condução deste trabalho.

Agradeço aos meus pais e ao meu Pai Mário pela base, sustentação durante a realização deste trabalho.

Agradeço, à Mirna Rolim, pela ajuda e paciência principalmente nos momentos finais de realização deste trabalho.

RESUMO

DUTRA, Bruno Ricardo Marques. **Resíduo Sólido Orgânico Doméstico da Moradia Estudantil da UNICAMP: potencial de geração e plano de gerenciamento**. 2013. 264 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2013.

A fração de matéria orgânica biodegradável pode atingir patamares superiores a 50 % do resíduo sólido gerado em diversas localidades. Sua disposição inadequada está associada a diversos problemas ambientais como: proliferação de vetores, contaminação de recursos hídricos e desprendimento de gases que podem ter odor desagradável e causar efeito estufa. Uma das formas para minimizar este impacto é pelo processo de compostagem, que pode ser realizado em Unidades de Compostagem, onde a fração orgânica do resíduo sólido doméstico produzida por agrupamentos humanos pode ser tratada o mais próximo possível do local onde foi gerado. Realizou-se a caracterização gravimétrica do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP com o objetivo de identificar o potencial de geração da fração orgânica compostável. Além disto, com base nos dados obtidos por esta identificação, tanto no trabalho de iniciação científica realizado pelo autor desta pesquisa, como neste trabalho, estudo bibliográfico e no levantamento histórico do sistema de coleta e segregação de resíduo da Moradia elaborou-se uma proposta de plano para otimização do sistema de gerenciamento do resíduo sólido orgânico doméstico para o local. Com isto, verificou-se que a geração per capita de resíduo sólido doméstico pelos estudantes da Moradia foi muito inferior à de diversas localidades estudadas, pois uma percentagem significativa dos estudantes permanece grande parte do dia na Universidade e por isto grande parte do resíduo gerado é ali descartado. Ainda assim, a produção de resíduo sólido orgânico predominou, correspondendo a 41 % do resíduo sólido doméstico gerado. Observou-se também, que a Moradia possui área disponível à instalação de uma Unidade de Compostagem e que, se implementada, ainda que em caráter experimental, no contexto universitário, pode ser de suma importância, pois a Universidade é o local onde se formam pessoas que têm papel fundamental em difundir valores e práticas de sustentabilidade, assim como a formação de futuras gerações que precisam vislumbrar, endossar e implementar propostas sustentáveis.

Palavras chave: Resíduos sólidos orgânicos, Compostagem, Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos domésticos; Moradia Estudantil

ABSTRACT

DUTRA, Bruno Ricardo Marques. **Resíduo Sólido Orgânico Doméstico da Moradia Estudantil da UNICAMP: potencial de geração e plano de gerenciamento.** 2013. 264 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2013.

The fraction of biodegradable organic matter can reach levels higher than 50% of solid waste generated in some locations. The improper disposal is associated with various environmental problems such as: the proliferation of vectors, contamination of water resources, and loosening gases of unpleasant odor and that cause the greenhouse effect. One way to minimize this impact is the composting process, which can be held in Composting Units. In this Units the organic fraction of domestic solid waste produced by communities, neighborhoods, condominiums can be treated as close as possible to where it was generated. In this sense, it was carried out the gravimetric characterization of the domestic solid waste generated in the Student Dorm. It was made in order to identify the potential for generation of compostable organic fraction. Beside that, a plan for optimize and expand the system of segregation, collection and treatment of organic household solid waste was organized. It has been made based on the work of undergraduate research conducted by the author of this research, the literature research and the survey history of the collection and segregation system of the Student Dorm. With this, it was found that the production of *per capita* domestic students housing was much lower than the values found for other locations. It happens because a big part of the students stays almost the hole day in the University, and most of the waste is discarded on this site. Nevertheless, the organic solid waste production prevailed, corresponding to 41% of solid domestic waste generated. It was also observed that the Student Dorm has an available area to install a Composting Unit and if it is implemented, even experimentally, in the University context, can be very important, because the University is a place where occurs the formation of people with a fundamental part in spreading sustainability values and practices, as well as the formation of future generations, who needs to discern, endorse and implement sustainable approaches.

Key Words: Organic solid waste, Composting, Domestic organic solid waste, Student Dorm

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.	
Figura 3.1	Composição gravimétrica do resíduo sólido domiciliar do município de Campinas, o resíduo analisado foi proveniente do serviço de coleta regular, a metodologia utilizada para análise foi quarteamento	47
Figura 3.2	Interações alimentares entre organismos no composto	60
Figura 3.3	Formato de leiras aeradas para a absorção máxima e mínima de água. (a) leira côncava que aumenta a absorção de água e (b) leira convexa, que reduz a absorção de água	64
Figura 3.4	Sequência de montagem de uma leira estática com aeração passiva para a compostagem de resíduos de restaurantes, cama de biotério e aparas de grama do campus da UFSC, Florianópolis	71
Figura 3.5	Gráfico de médias de temperatura, em duas profundidades (20 cm e 40cm) em leiras de compostagem estáticas com aeração passiva	73
Figura 3.6	Composição média do resíduo sólido doméstico das 60 residências analisadas do distrito de Barão Geraldo, Campinas (oito meses de análises semanais)	118
Figura 3.7	Taxa de geração de matéria orgânica no período de coleta de resíduo de 60 residências do distrito de Barão Geraldo, Campinas (32 análises de semanas corridas em oito meses)	119
Figura 3.8	Distribuição dos alunos (por categoria – graduação diurno, graduação noturno e pós graduação) em função do número de vezes que almoçam na UNICAMP	137
Figura 3.9	Distribuição dos alunos (por categoria – graduação diurno, graduação noturno e pós graduação) em função do número de vezes que fazem refeições à noite na UNICAMP	138
Figura 5.1	Imagem de satélite da Moradia Estudantil da UNICAMP em destaque: I -Praça de Vivências Ambientais	153
Figura 5.2	Destaque da imagem de satélite da Moradia Estudantil da UNICAMP onde evidencia-se Pátio Experimental de Compostagem (A), Horta (B), Fogão e Forno de Barro(C), Viveiro/Estufa (E) o Parque Infantil (D) e Centro de Vivência 3 (CV3) (F)	153
Figura 5.3	Placa de identificação das lixeiras de resíduo potencialmete reciclável e rejeitos (lixo comum) da Moradia Estudantil da UNICAMP, desenvolvida pelo grupo Recicladia em 1999	156
Figura 5.4	Lixeiras projetadas por Olavo Luppi integrante do grupo Soucateiros para a Moradia Estudantil da UNICAMP em 2001	156

	PÁG.	
Figura 5.5	Mutirões realizados na Moradia Estudantil da UNICAMP. (a) construção do espiral de ervas medicinais e culinárias (setembro de 2006), (b) construção da horta em forma de mandala (outubro de 2006)	158
Figura 5.6	Logotipo desenvolvido para o programa de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP	159
Figura 5.7	Modelo de lixeira de alvenaria para a Moradia Estudantil da UNICAMP	160
Figura 5.8	Apresentação dos três diferentes recipientes usados na separação de resíduo da Moradia Estudantil da UNICAMP	163
Figura 5.9	Lixeiras com as placas de identificação: lixeiras cinza para “lixo” comum, lixeiras laranja para resíduo reciclável e lixeira marrom para resíduo sólido orgânico, na Moradia Estudantil da UNICAMP	164
Figura 5.10	Detalhe das lixeiras próximas à portaria II com placas de identificação na Moradia Estudantil da UNICAMP	164
Figura 5.11	Placas de identificação das lixeiras da Moradia Estudantil da UNICAMP	165
Figura 5.12	Fluxograma da proposta de segregação e sistema de coleta de resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP	168
Figura 5.13	Atividade experimental no pátio de compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP: segunda segregação, pesagem e deposição do material na leira	172
Figura 5.14	Montagem das leiras na Moradia Estudantil da UNICAMP, (a) resíduo produzido em uma coleta de segunda-feira (11/ago/2008), (b) leira aberta e (c) leiras fechadas com espessa camada de grama	173
Figura 5.15	Fluxograma do processo de montagem das leiras na Moradia Estudantil da UNICAMP	174
Figura 5.16	Peneirador de composto da Moradia Estudantil da UNICAMP	175
Figura 5.17	Fluxograma do processo de pós-tratamento e escoamento do composto curado (maduro) na Moradia Estudantil da UNICAMP	176
Figura 5.18	Quantidade total de resíduo sólido doméstico gerado nas 13 carreiras de caracterização realizadas na Moradia Estudantil da UNICAMP	178
Figura 5.19	Composição total de resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP em 13 carreiras de caracterização realizadas de abril de 2009 a junho de 2010	179
Figura 5.20	Amostras do desperdício de alimentos na Moradia Estudantil da UNICAMP	185
Figura 5.21	Distribuição percentual semanal média do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP correspondente às 13 carreiras de caracterização de 2009 e 2010	186
Figura 5.22	Distribuição da geração de resíduo sólido doméstico (RSD) por categorias nas 13 carreiras (semanas) de caracterização	190
Figura 5.23	Taxa de geração per capita de resíduo sólido na Moradia Estudantil da UNICAMP: total e por categoria (“orgânico”, “demais resíduos”, “patogênico”, “varrição” e “volumoso”) nas 13 carreiras de caracterização. Para os cálculos, foram usadas as populações, para 2009, de 908 habitantes e, para 2010, de 1057 habitantes	191
Figura 5.24	Composição do erro de descarte nas lixeiras marrons da Moradia Estudantil da UNICAMP	197
Figura 5.25	Composição do erro de descarte nas lixeiras laranja da Moradia Estudantil da UNICAMP	200

LISTA DE TABELAS

		PÁG.
Tabela 3.1	Definições de Resíduo Sólido (Lixo)	32
Tabela 3.2	Fatores que influenciam as características do resíduo sólido urbano doméstico	41
Tabela 3.3	Resíduo sólido urbano coletado diariamente e produção per capita de resíduo sólido doméstico, público e urbano, segundo os estratos populacionais dos municípios em 2000. A produção de resíduo sólido urbano corresponde à soma do resíduo doméstico com o público	44
Tabela 3.4	Evolução da composição do resíduo doméstico na cidade de São Paulo, em %	49
Tabela 3.5	Composição gravimétrica do resíduo sólido urbano de alguns municípios do Brasil (dados em %)	50
Tabela 3.6	Processos de transformação usados no gerenciamento de resíduo sólido	51
Tabela 3.7	Porcentagem de resíduo coletado tratado/disposto, por regiões, no Brasil, em 2000	54
Tabela 3.8	Informações comparativas entre métodos de compostagem (vantagens)	75
Tabela 3.9	Informações comparativas entre métodos de compostagem (desvantagens)	76
Tabela 3.10	Especificações do fertilizante orgânico misto e composto Classe "C" de acordo com o Anexo III da Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009	79
Tabela 3.11	Limites máximos admitidos em fertilizantes orgânicos de acordo com o Anexo V da Instrução Normativa nº 27 de 5 de junho de 2006	80
Tabela 3.12	Proposta de classificação do composto em função do uso agrícola	81
Tabela 3.13	Tempo de sobrevivência de micro-organismos patógenos no resíduo sólido urbano	85
Tabela 3.14	Temperaturas e tempo de manutenção requeridos para a destruição de alguns organismos patogênicos comuns e parasitas	86
Tabela 3.15	Tempo de sobrevivência de diversos tipos de patógenos no solo e nas plantas	88
Tabela 3.16	Teor de nitrogênio (N), fósforo (P ₂ O ₅) e potássio (K ₂ O) para diferentes dosagens considerando um fertilizante orgânico com percentagem de N-P-K iguais a 1,0 %-0,6 %-0,8 %, respectivamente	91
Tabela 3.17	Recomendações de uso do composto orgânico na agricultura, na jardinagem e em vasos	94
Tabela 3.18	Modelos de gestão/gerenciamento de unidades de compostagem	100
Tabela 3.19	Algumas usinas de triagem e compostagem instaladas no Brasil e suas situações de operação em 2003	104
Tabela 3.20	Apresentação dos valores médios, mínimos de máximos de massa, volume e densidade, percentagem de resíduo rico em nitrogênio e rico em carbono para o resíduo coletado e para o composto peneirado	125

	PÁG.	
Tabela 3.21	Distribuição dos locais de refeições dos estudantes residentes em moradia estudantil. Campinas, SP, 2004	134
Tabela 3.22	Classificação de refeições consumidas por estudantes residentes em moradia estudantil em Campinas, SP, 2004	135
Tabela 3.23	Distribuição da qualidade das refeições dos estudantes residentes em moradia estudantil em Campinas, SP, 2004	135
Tabela 3.24	Distribuição (%) dos estudantes residentes em moradia estudantil, segundo padrão de compra de alimentos em Campinas, SP, 2004	136
Tabela 4.1	Modelo de planilha utilizada na obtenção de dados na Moradia Estudantil da UNICAMP	147
Tabela 5.1	Informações sobre a estrutura física da Moradia Estudantil da UNICAMP	152
Tabela 5.2	Moradores da Moradia Estudantil da UNICAMP entre 2000 e 2010	154
Tabela 5.3	Lixeiras próximas à portaria I da Moradia Estudantil da UNICAMP	162
Tabela 5.4	Lixeiras que se localizavam em frente ao ponto de ônibus próximo à portaria II da Moradia Estudantil da UNICAMP	162
Tabela 5.5	Datas das carreiras de caracterização realizadas entre 13 de abril de 2009 e 18 de junho de 2010 na Moradia Estudantil da Unicamp	177
Tabela 5.6	Composição total do Resíduo Sólido Gerado nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 na Moradia Estudantil da UNICAMP	179
Tabela 5.7	Geração de Resíduo Sólido nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 e avaliação da influência do resíduo de "varrição" de áreas comuns na Moradia Estudantil da UNICAMP	180
Tabela 5.8	Geração de "Resíduo Orgânico" (RO) nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 na Moradia Estudantil da UNICAMP	182
Tabela 5.9	Taxa de geração per capita de resíduo sólido na Moradia Estudantil da UNICAMP: total e por categoria ("orgânico", "demais resíduos", "patogênicos", "varrição" e "volumosos") nas 13 carreiras (semanas) de caracterização, médias, valor máximo, valor mínimo e desvio padrão	192
Tabela 5.10	Erro de descarte percentual e em massa devido ao resíduo "patogênico" e devido aos "demais" resíduos depositados nas lixeiras marrons da Moradia Estudantil da UNICAMP nas 13 carreiras de caracterização realizadas em 2009 e 2010	196
Tabela 5.11	Erro de descarte percentual e em massa devido ao resíduo "orgânico" e devido ao resíduo "patogênico" depositados nas lixeiras laranja da Moradia Estudantil da UNICAMP	199
Tabela 5.12	Cálculos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP	215

LISTA DE ABREVIATURAS

%	percentagem
°C	Unidade de Temperatura, grau Celsius
Ab	Área da base da leira de compostagem
Abl	Área da base quadrada da leira com paredes laterais
Abl_{UFSC}	Área da base da leira incluindo as paredes laterais com o método UFSC
Abf	Área da base da leira incluindo área de folga
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos
Acp	Área ocupada pelo composto pronto
Af	Área de folga para reviramento da leira de compostagem.
Ag	Área mínima do galpão
Agr	Área necessária para disposição de grama
Agr_{14UFSC}	Área necessária para disposição de grama para o período de 14 semanas com método UFSC
Al	Área ocupada pelas leiras
Al_{UFSC}	Área ocupada por leiras montadas com o método UFSC de compostagem
Acp	Área ocupada pelo composto pronto
Aq	Área da base quadrada da leira
As	Área da seção transversal da leira de compostagem
At	Área total para disposição das leiras de compostagem
At_{UFSC}	Área total para disposição das leiras de compostagem com o método UFSC de compostagem
Atr	Área necessária para disposição de triturado
Atcr	Área total para a disposição das leiras de compostagem com revolvimento
At_{UFSC}	Área total para disposição das leiras com o método UFSC de compostagem.
Au	Área útil das leiras de compostagem
Au_{UFSC}	Área útil das leiras de compostagem com método UFSC
Auc	Área da Unidade de Compostagem
Aucr	Área útil das leiras de compostagem com revolvimento
Auc_{MORA}	Área da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil
Auc_{UFSC}	Área da Unidade de Compostagem na Moradia aplicando-se o método UFSC de compostagem.
Au_{UFSC}	Área útil para as leiras de compostagem com o método UFSC de compostagem.
b	Lado do quadrado da base da leira.
b_{UFSC}	Lado do quadrado da base da leira com método UFSC
c	Comprimento da leira de compostagem

C/N	Relação carbono/ nitrogênio
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CGU/UNICAMP	Coordenadoria Geral da Universidade (UNICAMP)
CH₄	Metano
CL	Comprimento da leira de compostagem
cm	unidade de medida, centímetro
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO₂	Gás carbônico
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CO_x	Óxidos de carbono
CP	Composto pronto (massa aproximada da geração semal de composto pronto)
cs	Coefficiente de segurança
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio.
Desv.	Desvio
DLU	Departamento de Limpeza Urbana
dm	Densidade da mistura de material rico em carbono e rico em nitrogênio
dro	Densidade do resíduo sólido orgânico
dS/m	Decisiemens por metro (condutividade)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Est	Baia (ou local) de estocagem de composto maturado
ETA	Estação de Tratamento de Água
et al.	e outro(s)
etc	e outro(s)
ES	Espírito Santo
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
Fe	Ferro
g	Unidade de massa, grama
h	Altura da leira
H₂O	Água
Hg	Mercurio
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN	Instrução Normativa
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Jr	Júnior
K	Potássio
K₂O	Óxido de potássio
kg	Quilograma
kg/ha	Quilograma por hectare
kg/ hab.dia	Quilograma por habitante por dia
kg/m³	Quilograma por metro cúbico
kg/t	Quilograma por tonelada
km	Quilômetro
L	litro
lb/yd³	libras por jarda cúbica (<i>pounds per cubic yard</i>)

LESA	Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa
LIMPURB	Departamento de Limpeza Urbana do município de São Paulo
m	Unidade de comprimento, metro
m²	Unidade de área, metro quadrado
m³	Unidade de volume, metro cúbico
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
máx.	Máximo
mc	Material rico em carbono
mg	Unidade de massa, miligrama
Mg	Magnésio
MG	Minas Gerais
mg/kg	Miligrama por quilograma
mín.	Mínimo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
Mn	Manganês
mro	Massa de resíduo sólido orgânico
N	Nitrogênio
N total	Nitrogênio total
Na	Sódio
NBR	Norma Brasileira Registrada
Ndisp	Nitrogênio disponível
Ni	Níquel
NO₃	Nitrato
NOx	Óxido de nitrogênio
N-P-K	Nitrogênio-fósforo-potássio
NPM/g de MS	Número mais provável por grama de matéria seca
O₂	Gás oxigênio
ONG	Organização Não Governamental
P	Fósforo
Pad.	Padrão
PAG.	Página
P₂O₅	Pentóxido de fósforo
Pb	Chumbo
PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
PMC	Prefeitura Municipal de Campinas
PME	Programa de Moradia Estudantil
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PREAC	Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários
PR	Paraná
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RO	Resíduo Orgânico
RSD	Resíduo Sólido Doméstico
RSO	Resíduo Sólido Orgânico
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SAE	Serviço de Apoio ao Estudante
Sd	Sede Administrativa
Se	Selênio

SE	Sergipe
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SO₄	Sulfato
SO_x	Óxido de enxofre
SP	São Paulo
ST	Sólidos totais
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
t/ha	Tonelada por hectare
TCI	Trote da Cidadania
Tr	Área do local de triagem de resíduo sólido orgânico
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USEPA	United States Environmental Protection
V_c	Volume ocupado pelo composto pronto
VL	Volume da Leira
VL_{UFSC}	Volume da Leira com o método UFSC
VLC	Volume da leira com cobertura
VLC_{UFSC}	Volume da leira com cobertura com o método UFSC
V_{gr}	Volume de grama gerado semanalmente
V_{gr14}	Volume de grama para um período de 14 semanas de compostagem
V_{gr14UFSC}	Volume de grama para um período de 14 semanas de compostagem com método UFSC
V_{grUFSC}	Volume de grama a ser utilizado semanalmente com o método UFSC
V_{ro}	Volume do resíduo sólido orgânico gerado semanalmente
V_{tr}	Volume de triturado de podas, a ser utilizado semanalmente
V_{tr14}	Volume de .triturado (de podas) para um período de 14 semanas
V_{tr14UFSC}	Volume de .triturado (de podas) para um período de 14 semanas, com método UFSC
V_{trUFSC}	Volume de triturado de podas, a ser utilizado semanalmente com método UFSC
Zn	Zinco

SUMÁRIO

	PÁG.
1	INTRODUÇÃO 27
2	OBJETIVOS 29
2.1	OBJETIVOS GERAIS 29
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS 29
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 31
3.1	RESÍDUO SÓLIDO 31
3.1.1	<u>Definição de resíduo sólido</u> 31
3.1.2	<u>Classificação do resíduo sólido</u> 34
3.1.2.1	Classificação quanto aos riscos potenciais de contaminação do ambiente 35
3.1.2.2	Classificação quanto à sua tratabilidade, origem ou natureza..... 35
3.2	PRODUÇÃO DE RESÍDUO 40
3.2.1	<u>Fatores que interferem na produção e composição do resíduo sólido doméstico</u> 40
3.2.2	<u>Produção de resíduo sólido urbano</u> 42
3.3	ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO 45
3.4	RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO E A COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO 47
3.5	TÉCNICAS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO 51
3.5.1	<u>Incineração</u> 54
3.5.2	<u>Aterro</u> 55
3.5.3	<u>Compostagem</u> 57
3.5.3.1	Definição e classificação do processo de compostagem..... 57
3.5.3.2	Fases do processo de compostagem..... 61
3.5.3.3	Fatores que afetam o processo de compostagem..... 63
3.5.3.4	Métodos de compostagem..... 66
3.5.3.5	Leiras Estáticas com Aeração Passiva - Método UFSC de compostagem..... 69

	PÁG.	
3.5.3.6	Legislação brasileira: definições e qualidade do composto.....	77
3.5.3.7	Composto como produto da compostagem: aplicação e qualidade do composto.....	80
3.5.3.8	Fatores que interferem na qualidade do composto.....	83
3.5.3.9	Taxa de aplicação do composto.....	90
3.6	GESTÃO/GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO.....	95
3.7	TRATAMENTO/DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO.....	96
3.7.1	<u>Unidades de triagem e compostagem centralizadas.....</u>	101
3.7.2	<u>Unidades descentralizadas de compostagem.....</u>	105
3.8	MERCADO E DISTRIBUIÇÃO DO COMPOSTO.....	107
3.9	RECURSOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE/USINA DE COMPOSTAGEM.....	108
3.10	ORGANIZAÇÃO DE UNIDADES/USINAS DE COMPOSTAGEM.....	109
3.11	CÁLCULOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM COM SEGREGAÇÃO NA FONTE	112
3.12	ESTUDOS ENVOLVENDO PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO E COMPOSTAGEM.....	116
3.12.1	<u>Resíduos sólidos domésticos: potencial de minimização (redução na fonte, reutilização e reciclagem) em termos de matéria orgânica no distrito de Barão Geraldo, Campinas.....</u>	116
3.12.2	<u>Experiências de compostagem em leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC).....</u>	119
3.12.3	<u>Unidades descentralizadas de compostagem do município de São Carlos/S.P.....</u>	122
3.12.4	<u>Pátio Experimental de Compostagem da Universidade de Santiago de Estero, Argentina.....</u>	126
3.12.5	<u>A experiência de compostagem descentralizada em Dhaka, Bangadesh.....</u>	128
3.13	GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO NO CONTEXTO UNIVERSITÁRIO	129
3.14	COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS.....	133
4	METODOLOGIA.....	141
4.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	141
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE E DO LOCAL DE ESTUDO.....	142
4.3	LEVANTAMENTO HISTÓRICO DA COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	142
4.4	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DE COLETA DE RESÍDUO DA MORADIA DA UNICAMP.....	142

	PÁG.	
4.5	DESCRIÇÃO DO PÁTIO EXPERIMENTAL DE COMPOSTAGEM E DO PROCESSO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO.....	143
4.6	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO GERADO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	144
4.6.1	<u>Escolha das datas das carreiras de caracterização do resíduo produzido na Moradia Estudantil da UNICAMP.....</u>	144
4.6.2	<u>Composição gravimétrica do resíduo sólido doméstico e avaliação do potencial de geração de resíduo sólido orgânico na Moradia Estudantil da UNICAMP.....</u>	145
4.6.3	<u>Tratamento dos dados de caracterização.....</u>	148
4.7	PROPOSTA DE PLANO PARA OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO DOMÉSTICO PARA A MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	149
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	151
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	151
5.1.1	<u>Estrutura Física.....</u>	152
5.1.2	<u>Comunidade da Moradia da UNICAMP.....</u>	154
5.2	LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO SISTEMA DE COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	155
5.3	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DE COLETA DE RESÍDUO DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	161
5.3.1	<u>Estrutura para a coleta de resíduo.....</u>	161
5.3.2	<u>Segregação e sistema de coleta de resíduos da Moradia Estudantil da UNICAMP.....</u>	162
5.3.3	<u>Processo operacional de compostagem.....</u>	169
5.3.3.1	<u>Estrutura física do pátio experimental de compostagem.....</u>	169
5.3.3.2	<u>Material para a coleta de resíduo sólido orgânico e montagem das leiras.....</u>	170
5.3.3.3	<u>Procedimento de coleta do resíduo sólido orgânico.....</u>	170
5.3.3.4	<u>Segunda segregação do resíduo sólido orgânico.....</u>	171
5.3.3.5	<u>Montagem das leiras.....</u>	173
5.3.3.6	<u>Pós-tratamento, armazenamento e escoamento do composto maduro.....</u>	175
5.4	RESULTADOS OBTIDOS NA CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO GERADO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	176
5.4.1	<u>Datas das carreiras de caracterização.....</u>	177
5.4.2	<u>Geração e composição em massa do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP.....</u>	178

	PÁG.	
5.4.3	<u>Composição percentual do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	185
5.4.4	<u>Distribuição e taxa de geração de resíduo sólido doméstico nas carreiras (semanas) de caracterização na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	190
5.4.5	<u>Eficiência do sistema de coleta seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	195
5.4.5.1	Erro de descarte nas lixeiras marrons na Moradia Estudantil da UNICAMP.....	195
5.4.5.2	Erro de descarte nas lixeiras laranja na Moradia Estudantil da UNICAMP.....	198
5.5	PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP.....	201
5.6	EXEMPLO PRÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM DA MORADIA ESTUDANTIL NA UNICAMP.....	202
5.6.1	<u>Cálculo da área de disposição das leiras de compostagem com revolvimento</u>	202
5.6.2	<u>Cálculo da área de disposição das leiras de compostagem sem revolvimento</u>	206
5.6.3	<u>Cálculo da área do local de armazenamento do composto pronto</u>	210
5.6.4	<u>Cálculo da área de disposição do triturado e da grama</u>	211
5.6.5	<u>Cálculo da área total da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	213
5.6.6	<u>Mão de obra necessária para a operação da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	216
5.6.7	<u>Sugestões para o estabelecimento da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	218
5.6.8	<u>Campanhas educativas para a Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP</u>	220
6	CONCLUSÕES	221
7	RECOMENDAÇÕES	223
7.1	RECOMENDAÇÕES GERAIS	223
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	224
	REFERÊNCIAS	225
	ANEXOS	241
ANEXO A -	JORNAL "AMOR À MORADIA"	242
ANEXO B -	DESENHO DO PROJETO DE LIXEIRAS METÁLICAS PARA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	245
ANEXO C -	JORNAL COM REPORTAGEM SOBRE A COOPERATIVA DE TRIAGEM DE RESÍDUO RECICLÁVEL DE BARÃO GERALDO	248
ANEXO D -	FOLHETO INFORMATIVO SOBRE COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	250

	PÁG.	
ANEXO E	FOLHETOS DE ATIVIDADES ENVOLVENDO COMPOSTAGEM E COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	253
ANEXO F	DOCUMENTO REFERENTE A FUNCIONÁRIO DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	256
ANEXO G	ADESIVOS DESENVOLVIDOS PARA IDENTIFICAR DIFERENTES RECIPIENTES PARA RESÍDUO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	259
ANEXO H	DOCUMENTO REFERENTE A DOAÇÃO DE RECIPIENTES PARA SEPARAÇÃO DE RESÍDUO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	261
ANEXO I	ATA DE REUNIÃO DO CONSELHO DELIBERATIVO DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP	263

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ocasionados pela geração de resíduo tornam-se cada vez mais graves, à medida em que aumenta a densidade populacional urbana, acompanhada pelo incremento da geração per capita de resíduo e pela introdução de contaminantes devido ao uso de novas tecnologias na indústria e/ou em novos produtos.

A proporção de matéria orgânica biodegradável na composição do resíduo sólido de diversas localidades é bastante expressiva, atingindo patamares superiores a 50 % em diversas localidades (MAHMOUD et al., 2007).

Os problemas ocasionados pela intensa geração de resíduo sólido orgânico doméstico e sua disposição inadequada podem ser minimizados. Diversos estudos demonstram que o resíduo sólido doméstico pode apresentar um potencial de minimização significativo somente com a matéria orgânica, podendo ser superior a 50 % em massa (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000; em 2007, PEREIRA NETO, 2010). Esta minimização pode ser obtida evitando-se, por exemplo, os desperdícios de compra, preparo e consumo de alimentos. Assim, esgotadas as possibilidades educacionais para a diminuição do resíduo sólido orgânico gerado, o restante da matéria orgânica pode ser tratada por meio do processo de compostagem (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000). A deposição em aterro sanitário, sem aproveitamento energético, deve ser a última alternativa, porém é a única ação comumente adotada pelas prefeituras municipais.

A compostagem pode ser definida como o ato ou a ação de transformar o resíduo sólido orgânico, por meio de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais

estável e resistente à ação das espécies consumidoras (LIMA, 1995). Assim, a massa heterogênea de resíduo sólido orgânico pode ser tratada (estabilizada) e transformada em composto que pode ser aplicado em diversas culturas (agricultura, jardinagem, reflorestamento, etc.), eliminando vários problemas ambientais e sanitários associados (em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Algumas pesquisas sobre compostagem têm sido desenvolvidas no contexto universitário nas últimas décadas e a Moradia Estudantil da UNICAMP, inserida no contexto universitário, pode ser um modelo de gerenciamento da fração orgânica do resíduo sólido doméstico gerado principalmente pelos estudantes.

Desta forma, identificou-se nesta pesquisa o potencial de geração da fração orgânica compostável contida no resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil da UNICAMP. Com os dados obtidos nesta identificação, com o levantamento histórico da coleta seletiva da Moradia e com o levantamento bibliográfico de estudos envolvendo caracterização e gerenciamento de resíduo sólido orgânico doméstico foi elaborada uma proposta otimização do gerenciamento de resíduo sólido orgânico doméstico para o local.

A prática de segregação de resíduo sólido orgânico, contando com um sistema de coleta de resíduo orgânico e um pátio experimental de compostagem foi incorporada na Moradia Estudantil desde 2005. Este sistema resultou do trabalho de iniciação científica “Desenvolvimento de um pátio de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduo orgânico na Moradia Estudantil da UNICAMP” realizado sob orientação do prof. Mohamed Habib (MAHMOUD et al., 2007; DUTRA; HABIB; BARBOSA, 2006; DUTRA, 2005 e 2006).

Este modelo de gerenciamento de resíduo sólido orgânico da Moradia Estudantil, desenvolvido desde o período de iniciação científica (2005) pode ser replicado em diversos tipos de agrupamentos humanos como: comunidades, bairros, condomínios, universidades, ou até mesmo em outras residências universitárias. Isto pode significar o gerenciamento da fração orgânica do resíduo sólido doméstico o mais próximo possível do local onde foi gerado; reduzindo, desta forma, a quantidade de resíduo orgânico a ser disposto em aterros sanitários. Além disto, é importante considerar como resultado deste trabalho o papel exercido pela universidade como difusora de práticas sustentáveis.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho estão divididos em:

- objetivos gerais; e,
- objetivos específicos.

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais são identificar o potencial de geração da fração orgânica compostável contida no resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil da UNICAMP e elaborar uma proposta de plano para otimização do sistema de gerenciamento do resíduo sólido orgânico para o local.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- levantar o histórico do gerenciamento de resíduo da Moradia;
- caracterizar gravimetricamente o resíduo sólido doméstico gerado na Moradia;e,
- fazer o levantamento bibliográfico de estudos envolvendo caracterização e gerenciamento de resíduo sólido orgânico doméstico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi dividida em 14 itens: definição e classificação de resíduo sólido; produção de resíduo; acondicionamento de resíduo sólido doméstico; resíduo sólido orgânico e a composição do resíduo sólido urbano; técnicas para tratamento de resíduo sólido urbano; gestão/gerenciamento de resíduo sólido urbano; tratamento/disposição final de resíduo sólido orgânico, mercado e distribuição do composto; recursos para implantação de uma unidade/usina de compostagem; organização de unidades/usinas de compostagem; cálculos para o dimensionamento de uma unidade de compostagem com segregação na fonte; estudos envolvendo produção e tratamento de resíduo sólido orgânico e compostagem; gerenciamento de resíduo sólido no contexto universitário; e, comportamento alimentar de estudantes universitários.

3.1 RESÍDUO SÓLIDO

Para introduzir o tema resíduo sólido são apresentadas definições e algumas classificações.

3.1.1 Definição de resíduo sólido

O termo resíduo sólido pode ser definido de acordo com a conveniência e preferência de cada um (TEIXEIRA, 2009).

Verifica-se na Tabela 3.1, em diversas fontes, que o termo lixo é popularmente utilizado e bastante difundido como sinônimo ao termo resíduo sólido (LIMA, 1995; IBGE, 2012b; DLU CAMPINAS, 2012; e, CETESB, 2012). Contudo, neste trabalho, será adotado preferencialmente o termo resíduo sólido, por corresponder a uma forma de linguagem técnico-científica (TEIXEIRA, 2009).

Tabela 3.1 Definições de Resíduo Sólido (Lixo)

Definição	Referência
Lixo: “todo e qualquer resíduo que resulte das atividades diárias do homem na sociedade. Estes resíduos compõem-se basicamente de sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeira, latas, vidros, lamas, gases, vapores, poeiras, sabões, detergentes e outras substâncias descartadas pelo homem no meio ambiente.”	Lima (1995,p.11)
Resíduo Sólido: “todo material sólido ou semi-sólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, em qualquer recipiente destinado a este ato”.	IBAM (2010, p. 25, em 2001)
Resíduos Sólidos: “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.	ABNT (2004, p.1)
Lixo: “restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido (com o conteúdo líquido insuficiente para que possa fluir livremente)”.	IBGE (2012b, p.201, em 2004)
Resíduos sólidos: “os materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que se apresentam nos estados sólido ou semi-sólido, como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes, ou ainda os gases contidos.”	SÃO PAULO (2012, em 2006)

continua

Tabela 3.1 Definições de Resíduo Sólido (Lixo) conclusão

Definição	Referência
Resíduo sólido: "material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível."	BRASIL, (2012c, p. 3, em 2010)
Lixo: "é todo e qualquer resíduo sólido resultante das atividades diárias do homem em sociedade. Pode encontrar-se nos estados sólido, líquido e gasoso".	DLU CAMPINAS, (2012)
Resíduos Sólidos: "também conhecidos popularmente como lixo, são despejos sólidos, restos, remanescentes putrescíveis e não putrescíveis (com exceção dos excrementos) que incluem papel, papelão, latas, material de jardim, madeira, vidro, cacos, trapos, lixo de cozinha e resíduos de indústria, instrumentos defeituosos e até mesmo aparelhos eletrodomésticos imprestáveis".	CETESB, (2012)

Fonte: atualizado de Barbosa (2005)

Em diversas referências verifica-se dentro de suas definições a inclusão do resíduo no estado semi-sólido, líquido (IBAM, 2010; ABNT, 2004; SÃO PAULO, 2012; DLU CAMPINAS, 2012) e até gasoso (SÃO PAULO, 2012; DLU CAMPINAS, 2012) como resíduo sólido. É um equívoco incluir dentro das definições o resíduo no estado semi-sólido e líquido como resíduo sólido. Sugere-se em IPT/CEMPRE (2000) que junto a estas definições poderia ser incluído como adendo que o conteúdo líquido que não flui livremente do resíduo sólido, faria parte da coleta deste material. Teixeira; Nunes; Oliveira (1991) indicam, neste sentido, que o resíduo no estado semi-sólido, líquido poderiam ser incluídos "juntamente com o resíduo sólido, para efeito de manejo e tratamento, mas não denominá-los como sólidos".

A definição oficial de resíduo sólido no Brasil é a da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012c) e é a definição adotada neste trabalho.

O termo "resíduo sólido" foi utilizado no singular quando utilizado de forma genérica pois é substantivo coletivo.

É interessante destacar a relatividade da característica inservível do resíduo sólido. Ou seja, aquilo que não possui nenhuma serventia, passa a ser um problema, ou um resíduo para quem o descarta. Para outro, no entanto, pode se tornar matéria-prima para um novo produto ou processo, deixando de ser um problema (em 2001, IBAM, 2010, TENÓRIO; ESPINOSA, 2009; TEIXEIRA, 2009).

Contudo, para este trabalho de pesquisa, é importante entender que o resíduo sólido corresponde ao descarte resultante das atividades diárias do homem na sociedade, independente das diferentes concepções de serventia ou valor econômico do material.

3.1.2 Classificação do resíduo sólido

Classificar o resíduo sólido é importante para conceber, projetar, implantar e explorar qualquer operação em seu gerenciamento (em 2001, IBAM, 2010).

Conhecer a composição e as características do resíduo sólido é de suma importância para o planejamento e avaliação da eficiência dos sistemas de coleta, tratamento e sua disposição final além de fornecer informações para uma correta avaliação de suas potencialidades econômicas (LIMA, 1995; TEIXEIRA, 2009).

O resíduo sólido deve ser classificado de acordo com o objetivo desejado (TEIXEIRA, BIDONE, 1999; IPT/CEMPRE, 2000; TEIXEIRA, 2009). Há várias maneiras de se classificar o resíduo sólido, tais como: quanto aos riscos potenciais de contaminação do ambiente e quanto à sua tratabilidade, origem ou natureza.

3.1.2.1 Classificação quanto aos riscos potenciais de contaminação do ambiente

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), o resíduo sólido é classificado em:

- classe I (perigoso), aquele que, devido à sua periculosidade, ou seja, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar risco à saúde pública ou ao ambiente e que apresente pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade; e,

- classe II (não perigoso), subdividido em:

- classe IIA (não perigoso e não inerte), aquele que não se enquadra na classe I e classe IIB e que pode ter propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; e,

- classe IIB (inerte), aquele que, quando submetido ao teste padrão de solubilidade em água destilada à temperatura ambiente, apresente constituintes dissolvidos em concentrações abaixo dos padrões de potabilidade (exceto quanto a aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor).

3.1.2.2 Classificação quanto à sua tratabilidade, origem ou natureza

Para classificar o resíduo sólido quanto à sua tratabilidade, deve-se tomar os seguintes aspectos em consideração (TEIXEIRA; BIDONE, 1999):

- biodegradação, podendo ser classificado em facilmente biodegradável, moderadamente biodegradável e dificilmente biodegradável;

- incineração, podendo ser classificado em combustível e não combustível; e,

- reciclabilidade, podendo ser reciclável e não reciclável.

Tratando especificamente de resíduo sólido doméstico, em 2004 Nagle (2010) usou a classificação nas seguintes categorias e subcategorias:

a) resíduo biodegradável de alimentação:

- desperdício de compra: corresponde a produtos descartados que não tenham sido consumidos, por exemplo, maços inteiros de verduras, pães inteiros, produtos com as embalagens invioladas, etc;

- desperdício de preparo: são alimentos identificados tais como arroz com formato da panela, cascas muito grossas de frutas e legumes, etc.; e,

- desperdício de consumo: são alimentos parcialmente consumidos, pães pela metade, embalagens contendo produtos, frutas inteiras, etc;

b) resíduo potencialmente reciclável (exceto matéria orgânica):

- papel;

- plástico;

- metal; e,

- vidro; e,

c) "demais resíduos":

- perigoso: correspondendo ao resíduo patogênico e químico;

- têxtil;

- embalagem multicamadas: do tipo longa vida;

- poda e capina: correspondente a poda, varrição, etc; e,

- outros: que corresponde a todo resíduo que não se encaixa nas categorias anteriores, couro, pedra, terra, cerâmica, etc.

De acordo com IPT/CEMPRE (2000) e IBAM (2010, em 2001), o resíduo sólido pode ser classificado quanto a origem ou natureza em:

- resíduo domiciliar: é aquele gerado nas atividades diárias das residências, apartamentos, condomínios e outras edificações residenciais;

- resíduo comercial: é originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, cujas características dependem das atividades ali desenvolvidas;

- resíduo público: é gerado nos serviços de limpeza pública urbana e de limpeza de áreas de feiras livres, em geral corresponde a varrição, capina, material deixado nas ruas ou através de serviços de remoção especial;

- resíduo de serviços de saúde: corresponde ao resíduo gerado nas instituições destinadas

à preservação da saúde da população;

- portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários: constituído por resíduo séptico, que contém, ou pode conter, micro-organismos patogênicos veiculados nos portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Basicamente, constitui-se por material de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados ou países;

- resíduo industrial: é gerado nas atividades dos diversos ramos da indústria, é bastante variado e apresenta características diversificadas, já que depende do tipo de produto a ser manufaturado e do processo de fabricação;

- resíduo agrícola: é originado nas atividades agrícolas e da pecuária; e,

- resíduo de construção civil (antigo entulhos): composto por material de demolições, restos de obras e solos de escavações diversas.

Além disto, alguns resíduos tais como o radioativo e o de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários podem ser classificados como resíduo de fontes especiais (em 2001, IBAM, 2010).

Destaca-se a definição de resíduo urbano e industrial dentre as categorias apresentadas no Artigo 6º da Lei Estadual nº 12.300 de 16 de março de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos (SÃO PAULO; 2012; p.6):

- resíduo urbano, proveniente de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, da varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana; e,

- resíduo industrial, proveniente de

"atividades de pesquisa e de transformação de matérias-primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústria e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETA's e Estações de Tratamento de Esgotos - ETE's."

Com relação à origem ressalta-se que Teixeira (2009, p. 27) diferencia resíduo sólido domiciliar e doméstico. Define resíduo domiciliar ou residencial (sinônimos) como o resíduo gerado pela população, no seu cotidiano, em sua moradia. O resíduo sólido doméstico corresponde ao resíduo sólido domiciliar “mais o resíduo a este semelhante, tais como comercial, uma parcela do resíduo industrial (aquele proveniente de administração, refeitórios, banheiros etc.), o resíduo de feiras e de serviços, tais como varrição de ruas, limpeza de bocas de lobo etc.” Esta é a definição de resíduo sólido doméstico que será adotada neste trabalho. Contudo, vale ressaltar que há outras definições em que, por exemplo, os resíduos de feiras e serviços não são incluídos, em função do tipo de serviço de coleta público adotado, sendo denominados desta forma como resíduo público.

Em diversas referências como Tenório; Espinosa (2009), Instituto Brasileiro de Administração Municipal (em 2001, IBAM, 2010), Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2000 e PNSB 2008 - (IBGE 2012a, 2012c) utilizou-se o termo domiciliar para o resíduo sólido que, segundo a definição de Teixeira (2009), deveria ser classificado como doméstico. Portanto, para todas as bibliografias analisadas, o resíduo sólido gerado nas residências e o resíduo semelhante a este gerado no comércio e na indústria, foram tratados como doméstico seguindo a definição de Teixeira (2009).

O resíduo sólido urbano, segundo Teixeira (2009), é aquele produzido dentro da área urbana de um município. Em termos práticos, corresponde ao resíduo sob responsabilidade do município. No entanto há divergências quanto às fontes geradoras e composições do resíduo sólido urbano destes diferentes municípios. Isto ocorre, já que cada cidade tem sua própria estrutura política e administrativa e seu próprio sistema de gerenciamento para seus diferentes resíduos. Há municípios, por exemplo, que segregam completamente o resíduo industrial, não computando como urbano, a parcela deste resíduo, que tem características semelhantes ao domiciliar. Outro exemplo, é quando o município contrata empresas diferentes para realizar a coleta de resíduo sólido e de esgoto, em que o resíduo sólido proveniente da limpeza de bocas de lobo não costuma ser incluído como resíduo sólido urbano.

As prefeituras dos municípios brasileiros ao adotarem a coleta seletiva utilizam diversas

denominações para diferenciar o resíduo potencialmente reciclável daquele que não é reciclável. Alguns municípios utilizam os termos "resíduos secos" e "resíduos úmidos (ou molhados)" ou mesmo "resíduos recicláveis" e "resíduos orgânicos" para diferenciar respectivamente o resíduo que deve ser levado para as unidades de triagem de resíduo sólido daquele que deve ser destinado para o aterro sanitário (em 2001, IBAM, 2010; TEIXEIRA, 2009). Estes termos, embora muito difundidos, são inadequados e induzem a conceitos errôneos. É preferível segundo Teixeira (2009) o uso de "resíduo reciclável" e "resíduo não reciclável". Ainda assim, o termo "resíduo reciclável" pode gerar dúvidas, já que compostagem pode ser entendida como uma forma de reciclagem. O que dirime todas estas dúvidas, conforme Teixeira (2009), é deixar claro durante campanhas informativas/ sensibilizadoras que o que define o resíduo como reciclável é a existência de mercado para sua reciclagem.

O termo rejeito é utilizado para definir e categorizar o resíduo não reciclável sem possibilidade de reaproveitamento destinado ao aterro sanitário (em 2001, IBAM, 2010).

Verifica-se na norma NBR 13.591 (ABNT, 1996, p. 3), cujo objetivo é definir os termos empregados exclusivamente em relação à compostagem de resíduo sólido domiciliar, a definição de rejeito, ou refugo como o material remanescente durante o processo de tratamento por ser indesejável ao produto final, ao equipamento e/ou à operação da usina de compostagem.

Destaca-se do artigo 3^o da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS - (BRASIL; 2012c) a definição de rejeitos. De acordo com a PNRS de 2010, rejeito é o resíduo sólido que, "depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2012c, p.2) .

Verifica-se tanto na norma NBR 13.591 quanto no artigo na PNRS de 2010 que o rejeito corresponde ao resíduo sólido destinado para o aterro sanitário após esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação disponíveis e economicamente viáveis (ABNT, 1996, p. 3 ; BRASIL, 2012a). Na Moradia Estudantil da UNICAMP, adotou-se desde a implantação da coleta seletiva o termo "lixo comum" para o resíduo que era destinado para o aterro sanitário.

Verifica-se, por meio das diversas bibliografias apresentadas, que há diferentes concepções com relação às definições e classificações do resíduo sólido doméstico, urbano e outras categorias de resíduo.

3.2 PRODUÇÃO DE RESÍDUO

O item produção de resíduo foi dividido em: fatores que interferem na produção e composição do resíduo sólido doméstico e na produção de resíduo sólido urbano.

3.2.1 Fatores que interferem na produção e composição do resíduo sólido doméstico

Diversos são os fatores que influenciam na origem e composição do resíduo sólido doméstico: número de habitantes, área relativa de produção, variações sazonais, condições climáticas, hábitos e costumes da população, nível educacional, poder aquisitivo, tipo de equipamento de coleta, segregação na origem, sistematização da origem, disciplina e controle dos pontos produtores e pelas leis e regulamentações específicas (LIMA, 1995).

Lima (1995) e Nagle (2010, em 2004) ressaltam que a componente econômica corresponde ao fator que mais influencia na quantidade e qualidade do resíduo sólido doméstico. Por exemplo, se determinada cidade ou país está em ascensão, há um maior consumo e, em consequência, uma maior quantidade de material para descartar e uma maior quantidade de resíduo. Há uma complexa rede de atores sociais e de eventos naturais que interferem neste processo. Há uma forte correlação entre a quantidade de resíduo gerada e a renda per capita dos habitantes de uma unidade doméstica: quanto maior a renda, maior a quantidade de resíduo produzido (POLPRASERT, 1996).

Na Tabela 3.2 estão listados alguns fatores que influenciam a produção e composição do

resíduo sólido doméstico.

Tabela 3.2 Fatores que influenciam as características do resíduo sólido urbano doméstico

Fatores que influenciam as características do resíduo doméstico	
FATORES	EXEMPLOS DE POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS
1. Climáticos	Chuvas- aumento do teor de umidade Outono- aumento da quantidade de folhas Verão- aumento da quantidade de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos)
2. Épocas especiais	Carnaval- aumento da quantidade de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos) Natal/Ano Novo/Páscoa- aumento de embalagens (papel/papelão, plásticos maleáveis e metais) e de matéria orgânica Dia dos Pais/Mães - aumento de embalagens (papel/papelão e plásticos maleáveis e metais) Férias Escolares - esvaziamento de áreas da cidade em locais não turísticos e aumento populacional em locais turísticos
3. Demográficos	População urbana - quanto maior a população urbana, maior a geração per capita
4. Socioeconômicos	Desenvolvimento tecnológico - introdução de material cada vez mais leve, reduzindo o valor do peso específico aparente do resíduo Lançamento de novos produtos - aumento de embalagens e folhetos de propaganda Promoções de lojas comerciais - aumento de embalagens Campanhas ambientais - redução de material não-biodegradável (plástico) e aumento de material reciclável e/ou biodegradável (papel, metal e vidro)

Fonte: modificado de IBAM (2010, em 2001)

A caracterização física ou estudo gravimétrico do resíduo sólido determina o percentual de cada componente em relação à massa total de resíduo, através do qual pode-se obter diagnóstico da geração e classificação do resíduo gerado nas unidades estudadas. Este estudo é importante para orientar a segregação, a coleta, o tratamento e a destinação final do resíduo sólido, sendo base para o desenvolvimento de programas de gerenciamento de resíduo (TEIXEIRA, 2009).

Os períodos de caracterização devem contemplar as variáveis correspondentes às estações e meses do ano; semanas do mês e dias da semana e, antes do início, deve ser feito um calendário de coletas, tendo como base os dias de coleta convencional (em 2004, STREB, NAGLE, TEIXEIRA, 2010; BARBOSA, 2005; em 2007, BARBOSA, 2010; em 2008, HENRIQUE, 2010).

Portanto, é importante levar em consideração os elementos que concorrem para a geração do resíduo sólido, na caracterização e na preparação de qualquer plano de gerenciamento de resíduo (TEIXEIRA, 2009). Porém, a distinção desses elementos, se desejada, é uma tarefa complexa e de difícil realização (LIMA, 1995).

3.2.2 Produção de resíduo sólido urbano

A explosão demográfica observada nas últimas gerações está associada a uma surpreendente demanda por matérias-primas, alimentos, bens de consumo e energia. Isto gera um considerável volume de resíduo. O tratamento inadequado desta massa de resíduo pode contribuir significativamente para a degradação ambiental e comprometer a qualidade de vida das gerações futuras (LIMA, 1995; TENÓRIO e ESPINOSA, 2009).

Esta intensa geração de resíduo está associada não apenas ao padrão de produção e consumo, mas também está ligada à cultura do desperdício. Segundo Portilho (1997), esta cultura do desperdício ultrapassa as camadas de alta renda e, paradoxalmente, atinge até as camadas populares.

O tratamento e disposição inadequados do resíduo sólido pode determinar problemas ambientais, como: o assoreamento de rios e canais, causado pelo lançamento de detritos nesses locais; a contaminação de lençóis de água, comprometendo seu uso domiciliar; a poluição da atmosfera com o desprendimento de odor desagradável e de gases que causam efeito estufa e a proliferação de vetores como insetos e roedores transmissores de doenças. Além disto, há os

problemas sociais ligados à presença de catadores nos locais onde o resíduo sólido é depositado (LIMA, 1995; IPT/CEMPRE, 2000, SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

Destacou-se de IPT/CEMPRE (2000) outros problemas envolvendo a geração de resíduo sólido principalmente em locais de grandes aglomerações humanas densamente ocupadas e conurbadas, como:

- a escassez ou inexistência de locais para a disposição final do resíduo;
- os conflitos de usos de solo, com a população estabelecida no entorno das instalações de tratamento, aterros e lixões; e,
- as resistências geradas pela exportação de resíduo a municípios vizinhos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realiza periodicamente a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), por meio da qual se investiga as condições de saneamento básico de todos os municípios brasileiros. A pesquisa é realizada por meio de questionários a todas prestadoras de serviços de saneamento do País, pública e privada, garantindo assim, a cobertura nacional de investigação (IBGE, 2012a, 2012c).

Verificou-se por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 a quantidade de resíduo sólido doméstico, público e urbano coletado nos municípios brasileiros segundo estratos populacionais (IBGE, 2012a). Destaca-se da Tabela 3.3 que a massa de resíduo sólido doméstico coletado: nos municípios com até 20.000 habitantes estava entre 0,42 e 0,46 kg por dia, para municípios com população entre 20.000 e 200.000 habitantes a quantidade per capita coletada variou entre 0,48 e 0,69 kg por dia e para cidades com mais de 200.000 habitantes essa quantidade aumentou para a faixa entre 0,78 e 1,16 gramas por dia. (IBGE, 2012a). Observa-se, portanto, uma tendência de aumento da geração per capita informada de resíduo doméstico em proporção direta com o número de habitantes. No período em que foi realizada a pesquisa, foram coletadas 125.281 toneladas de resíduo doméstico e 161.827 toneladas de resíduo sólido urbano diariamente no Brasil.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008, dos 5.564 municípios brasileiros analisados, em apenas duas localidades não havia serviço de

manejo de resíduo sólido. Nestes 5.562 municípios foram coletados diariamente 183.488 toneladas de resíduo sólido urbano (IBGE, 2012c).

Tabela 3.3 Resíduo sólido urbano coletado diariamente e produção per capita de resíduo sólido doméstico, público e urbano, segundo os estratos populacionais dos municípios em 2000. A produção de resíduo sólido urbano corresponde à soma do resíduo doméstico com o público

Estratos populacionais (número de habitantes)	Resíduo Sólido Urbano (t/dia)	Produção per capita (kg/hab.dia)		
		Resíduo Doméstico	Resíduo Público	Resíduo Urbano
Total	161.827,1	0,74	0,22	0,95
Até 9.999	9.184,8	0,46	0,20	0,66
De 10.000 a 19.999	11.473,1	0,42	0,16	0,58
De 20.000 a 49.999	18.281,6	0,48	0,16	0,64
De 50.000 a 99.999	14.708,1	0,56	0,15	0,71
De 100.000 a 199.999	13.721,7	0,69	0,15	0,84
De 200.000 a 499.999	21.177,3	0,78	0,14	0,91
De 500.000 a 999.999	21.645,3	1,29	0,43	1,72
Mais de 1.000.000	51.635,2	1,16	0,35	1,50

Fonte: IBGE (2012a)

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011) realiza periodicamente um levantamento de dados sobre o resíduo sólido urbano (RSU) junto aos municípios com a aplicação de questionários. Em 2010, as estimativas das quantidades de resíduo sólido coletado, basearam-se em uma pesquisa que abrangeu um universo de 350 municípios entrevistados, atingindo 49,6 % da população urbana total do Brasil, ou seja, a população urbana dos municípios pesquisados foi de 79.789.648 habitantes para um total populacional no Brasil, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012d) de 160.879.708 habitantes.

Desta forma, segundo dados estimados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011), em 2010, foram coletados no Brasil diariamente 173.583 toneladas de resíduo sólido urbano, determinando uma geração per capita de 1,079 kg/hab.dia. No Estado de São Paulo, neste mesmo ano, foram coletados diariamente

54.650 toneladas de resíduo sólido urbano, determinando uma geração média per capita de 1,382 kg/hab/dia. Já no município de Campinas, também 2010, foram coletadas 1.045,30 toneladas de resíduo sólido urbano diariamente determinando uma geração média per capita de 0,984 kg/hab.dia.

A população, principalmente nos grandes centros, já tem conhecimento de que o resíduo sólido (doméstico, industrial ou agrícola) é uma das mais sérias formas de desperdício de recursos naturais, energia e água (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009; em 2007, PEREIRA NETO, 2010). Ainda assim, a geração de resíduo sólido é bastante expressiva e vem aumentando ao longo do tempo.

3.3 ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO

TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL (1993) consideram que os tipos e capacidades dos recipientes dependem da característica do tipo de resíduo sólido a ser coletado, tipo de sistema de coleta, frequência da coleta e do espaço disponível para colocar o recipiente.

O resíduo sólido doméstico, de acordo com IPT/CEMPRE (2000), é geralmente tratado e disposto em locais afastados do seu ponto de geração. O envio de resíduo a estes locais envolve, uma fase interna e uma fase externa. A fase interna fica sob responsabilidade do gerador (residência, estabelecimento comercial, etc.) e a fase externa sob responsabilidade das administrações municipais.

Na fase interna, o resíduo deve ser acondicionado em locais e recipientes adequados, devendo atender aos seguintes requisitos (IPT/CEMPRE, 2000; em 2001, IBAM, 2010):

- atender às condições sanitárias, evitando por exemplo a proliferação de vetores (moscas, ratos, baratas);
- não ser feio, repulsivo ou desagradável, minimizando um impacto visual e olfativo;
- ter a capacidade para conter o resíduo gerado durante o intervalo entre coletas;

- possibilitar uma manipulação segura por parte da equipe de coleta, evitando acidentes;
- permitir uma coleta rápida, aumentando com isso a produtividade do serviço; e,
- atender à heterogeneidade do resíduo, no caso de haver coleta seletiva.

Deve-se levar em consideração ainda as diretrizes adotadas pela administração da cidade e o preço do recipiente (em 2001, IBAM,2010).

Nos municípios brasileiros utiliza-se os mais diversos tipos de recipientes para conter o resíduo doméstico (em 2001, IBAM, 2010):

- vasilhames metálicos (latas) ou plásticos (baldes);
- sacos plásticos para resíduo sólido;
- caixotes de madeira ou papelão;
- latões de óleo, algumas vezes cortados ao meio;
- contêineres metálicos ou plásticos, estacionários ou sobre rodas; ou,
- embalagens feitas de pneus velhos.

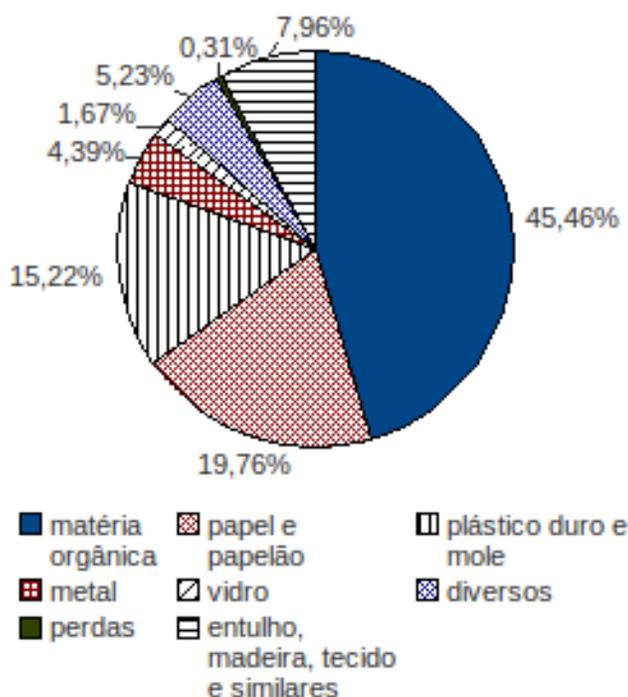
As lixeiras comunitárias (ou coletores comunitários) recebem o resíduo de diversas unidades habitacionais (condomínios, prédios, favelas, etc.), comerciais (“shopping centers”, centros comerciais, etc) (IPT/CEMPRE, 2000), industriais (para conter o resíduo doméstico gerado na indústria) ou institucionais (escolas, *campus* universitários, etc.). Estas lixeiras devem ser posicionadas próximas a um ponto de passagem do caminhão coletor e devem permitir a retirada manual dos sacos ou serem movimentáveis mecanicamente para descarga no caminhão (IPT/CEMPRE, 2000).

A implantação de coletores para grande volume de resíduo sólido doméstico pode se tornar um problema, devido à deposição de entulhos, animais mortos e outro resíduo incompatível com o sistema de coleta. Outros problemas frequentemente observados são ateamamento de fogo ao resíduo contido nestes recipientes e a transformação do local em um pequeno lixão, com o resíduo sendo depositado ao seu redor (IPT/CEMPRE, 2000).

3.4 RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO E A COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO

A composição do resíduo sólido urbano de Campinas, publicada oficialmente, apresentada na Figura 3.1, foi determinada por uma caracterização realizada pela prefeitura de Campinas, em 1995. A análise dos dados da Figura 3.1 permite observar uma expressiva geração de matéria orgânica, 45,46 %. O percentual de resíduo potencialmente reciclável gerado no município, neste período foi de 41,04 %; entulho, madeira, tecido e similares determinaram um percentual de 7,96% enquanto perdas e diversos totalizaram 5,54 % (PMC, 1996).

Figura 3.1 Composição gravimétrica do resíduo sólido domiciliar do município de Campinas, o resíduo analisado foi proveniente do serviço de coleta regular, a metodologia utilizada para análise foi quarteamento



Fonte: PMC (1996)

A disposição inapropriada do resíduo sólido orgânico, segundo Pereira Neto (1999, p. 47), leva:

"à putrefação (pela anaerobiose), gerando forte emanção de gases fétidos. Além de poluir, os gases propiciam a atração de vetores (moscas, mosquitos, baratas, ratos), que encontram nesses locais condições favoráveis de abrigo, reprodução e farta alimentação. Este fator traz consequências perversas para a saúde pública, particularmente em relação à mortalidade infantil. Soma-se a isto o fato de que as reações anaeróbias, ocorrentes na massa orgânica do lixo, levam também à produção do 'chorume', líquido altamente poluente, de composição variada, que contém sólidos, dissolvidos em suspensão, ácidos orgânicos, micro-organismos patogênicos e substâncias químicas. Por conter ácidos orgânicos, o chorume dissolve tintas, resinas, impressos, corrói metais, pilhas e absorve esses produtos; além disto, apresenta DBO da ordem de 10 a 30mil mg/L, ou seja, trata-se de um grande contaminante do solo e dos mananciais, capaz de causar poluição irreversível, tanto nos aquíferos subterrâneos quanto em córregos, lagoas e rios."

Pereira Neto (1999) ainda complementa que as substâncias químicas dissolvidas no chorume podem entrar, direta ou indiretamente, na cadeia alimentar, contaminando o homem.

Em um estudo realizado no distrito de Barão Geraldo (município de Campinas), foi constatada a produção média de 56 % de resíduo sólido orgânico em unidades domiciliares, 15,5% de resíduo potencialmente reciclável (papel, vidro, metal, plástico), 15,5 % de resíduo de jardins (podas de grama, pedras terra e outros materiais que correspondem à limpeza de jardins residenciais), 8,5% de resíduo perigoso (fezes de animais, fraldas, absorventes, papéis higiênicos, curativos, produtos químicos, pilhas, pérfuro-cortantes, etc.) e 5,1% de outros resíduos (TEIXEIRA, FASSINA, CASTRO, 2000).

O resíduo sólido doméstico no Brasil era composto, em 2001, por 52,5 % de matéria orgânica, 24,5 % de papel e papelão, 2,9 % de plástico, 1,6 % de vidro e 16,2% foi categorizado como outros (TIVERON, 2001).

Verificou-se no município de São Paulo que a percentagem de matéria orgânica no resíduo sólido doméstico foi a mais expressiva. Contudo este valor reduziu consideravelmente ao longo do tempo, de 82,5% na década de 20 passou a 48,2 % em 2000. Paralelamente, verificou-se um significativo aumento no percentual de plástico, que inexistia antes da década de 60, e em 2000, já correspondia ao segundo valor mais expressivo, 16,8 %, superando a geração de papel,

16,4 %, Tabela 3.4 (LIMPURB, 2002 apud TENÓRIO, ESPINOSA, 2009).

Tabela 3.4 Evolução da composição do resíduo doméstico na cidade de São Paulo, em %

Resíduo	1927	1957	1969	1976	1991	1996	1998	2000
Matéria Orgânica	82,5	76	52,2	62,7	60,6	55,7	49,5	48,2
Papel e Assemelhados	13,4	16,7	29,2	21,4	13,9	16,6	18,8	16,4
Embalagem longa vida	-	-	-	-	-	-		0,9
Plásticos (isopor, PET, plásticos mole e duro)	-	-	1,9	5	11,5	14,3	22,9	16,8
Metais Ferrosos	1,7	2,2	7,8	3,9	2,8	2,1	2	2,6
Alumínio	-	-	-	0,1	0,7	0,7	0,9	0,7
Retalhos, couro e borrachas	1,5	1,7	3,8	2,9	4,4	5,7	3	-
Pilhas e baterias	-	-	-	-	-	-		0,1
Vidros	0,9	1,4	2,6	1,7	1,7	2,3	1,5	1,3
Terra e Pedras	-	-	-	0,7	0,8	-	0,2	1,6
Madeira	-	-	2,4	1,6	0,7	-	1,3	2
Diversos	-	0,1	-	-	1,7	2,6		9,3

Fonte: LIMPURB (2002) apud TENÓRIO; ESPINOSA, 2009

Tenório e Espinosa (2009) apontam esta mesma redução na parcela de matéria orgânica em países mais desenvolvidos, acompanhada, geralmente, de aumento no percentual de plástico e papel. Na Europa, segundo os autores, a percentagem de matéria orgânica no resíduo sólido doméstico, no período de elaboração do artigo, foi de 28% e nos Estados Unidos 13,6%.

Apesar desta redução na percentagem de resíduo sólido orgânico na composição do resíduo sólido doméstico ao longo do tempo, verifica-se que sua geração é ainda bastante expressiva em diversas localidades.

Esta geração de matéria orgânica está associada ao desperdício que, segundo Barbosa (2005), poderia ser evitado durante o preparo dos alimentos, no seu armazenamento, além da utilização de sobras nos preparos das refeições.

Observou-se em Pereira Neto (2010, em 2007) por meio da Tabela 3.5 a composição

gravimétrica do resíduo sólido urbano de alguns municípios do Brasil em que verificou-se um percentual de matéria orgânica compostável variando entre 56,02% e 64,40% e o percentual de resíduo potencialmente reciclável (papel e papelão, plástico duro, plástico fino, latas de aço, metais diversos e vidros) variando entre 18,00 % e 27,78 %.

Tabela 3.5 Composição gravimétrica do resíduo sólido urbano de alguns municípios do Brasil (dados em %)

Resíduo	São Tiago (MG)	Montanha (ES)	Sairé (PE)	Nossa Senhora do Socorro (SE)	General Carneiro (PR)	Belo Horizonte (MG)	Média
Papel e Papelão	14,21	10,90	10,28	12,64	10,84	12,50	11,89
Plástico Duro	4,82	3,59	2,72	2,51	3,79	2,50	3,32
Plástico Fino	1,47	1,86	1,26	1,50	4,73	2,80	2,27
Latas de aço	1,88	1,85	2,22	2,45	4,96	-	2,23
Metais Diversos	0,85	1,00	-	0,60	1,13	2,70	1,05
Vidros	2,60	1,44	1,52	0,72	2,33	1,20	1,64
Borracha	0,68	0,21	-	0,12	0,45	0,40	0,31
Madeiras	0,79	1,98	1,74	0,36	1,18	0,60	1,11
Couro	2,00	-	0,22	-	0,33	0,20	0,46
Trapos	1,39	0,55	2,22	1,51	2,88	1,30	1,64
Louças	-	-	0,30	-	0,38	-	0,11
Matéria Orgânica	56,04	63,77	63,45	63,84	56,02	64,40	61,23
Outros	13,27	12,85	14,07	13,75	10,98	11,50	12,74

Fonte: LESA (2006) apud PEREIRA NETO (2010)

Desta forma, nas diversas localidades apresentadas, Brasil, município de São Paulo, Minas Gerais, distrito de Barão Geraldo, a geração de resíduo sólido orgânico é expressiva e em torno de 50 %.

Este resíduo sólido orgânico, quando disposto inadequadamente, por exemplo em lixões ou aterros mal controlados, pode causar impactos negativos significativos no solo, na água (pela geração de chorume) e no ar (pela geração de gases), entre outros (desvalorização da área, diminuição da afluência turística, etc.) (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

3.5 TÉCNICAS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO

Os processos de transformação do resíduo sólido urbano podem ocorrer tanto por intervenção humana como naturalmente. Estas transformações podem ser física, química ou biológica, como se pode observar na Tabela 3.6 (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993)

Tabela 3.6 Processos de transformação usados no gerenciamento de resíduo sólido

Processos de Transformação	Métodos de Transformação	Principal conversão em produtos
Físicos		
Separação de componentes	Manual e/ou mecânica	Componentes individuais encontrados misturados no resíduo sólido doméstico
Redução de volume	Aplicação de energia na forma de força ou pressão	Redução de volume do material inicial
Redução em tamanho	Aplicação de energia na forma de trituração, pulverização ou moagem	Redução de tamanho dos componentes iniciais
Térmicos		
Combustão	Oxidação térmica	CO _x , SO _x , NO _x , outros produtos da oxidação, cinzas e escórias
Esterilização	Microondas	Eliminação de micro-organismos patogênicos
Pirólise	Destilação destrutiva	Diversos gases alcatrão e/ou óleos e cinzas
Biológicos		
Compostagem aeróbia	Conversão biológica aeróbia	Composto humificado
Digestão anaeróbia	Conversão biológica anaeróbia	CH ₄ , CO _x , outros gases, húmus

Fonte: Modificado de Tchobanoglous; Theisen; Vigil (1993) e Tenório; Espinosa (2009)

De maneira geral, as transformações físicas, químicas e biológicas são usadas para

melhorar a eficiência das operações e sistemas de gerenciamento de resíduo sólido urbano; para recuperar o material reutilizável e reciclável; e, para recuperar a conversão de produtos e energia. Além disto, o tipo de transformação do resíduo sólido urbano influencia diretamente no projeto e na organização do gerenciamento integrado de resíduo sólido (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

O resíduo sólido doméstico, pode, por exemplo, ser primeiramente enviado para um tratamento físico (triagem), em seguida, a parte orgânica pode seguir para um tratamento térmico (incinerador) ou para um tratamento biológico (compostagem), enquanto os recicláveis podem ser triturados e compactados (tratamento físico) para a venda. Contudo, não existe nenhum sistema padrão de gerenciamento de resíduo sólido urbano (TENÓRIO; ESPINOSA, 2009). Deve-se considerar a diversidade de resíduo gerado e, para cada tipo de resíduo, os diferentes métodos de tratamento e disposição final existentes (TEIXEIRA, 2009), cabendo ao município escolher, de acordo com as condições locais, o melhor conjunto de operações de gerenciamento (TEIXEIRA, 2009; TENÓRIO; ESPINOSA, 2009).

Verifica-se na publicação IBAM (2010), de 2001, que o tratamento de resíduo sólido urbano corresponde a uma série de procedimentos destinados a impedir o descarte do resíduo no ambiente ou em local inadequado ou transformá-lo em material inerte ou biologicamente estável, reduzindo sua quantidade e seu potencial poluidor.

Destaca-se da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008 que o tratamento e/ou disposição final do resíduo sólido é realizado em: vazadouros a céu aberto, ou lixões; vazadouro em áreas alagadas, aterros sanitários; aterros controlados e de resíduos especiais; unidades de compostagem; ou usinas de incineração (IBGE, 2012c).

Teixeira (2009) aponta que, antes do tratamento e/ou disposição, deve-se dar preferência a sistemas que utilizem a minimização como princípio básico. A minimização consiste em diminuir a quantidade de resíduo gerado por meio da redução, reutilização e/ou reciclagem e seu potencial de contaminação (minimizando a sua toxicidade e/ou periculosidade). Tratando com mais detalhes, Teixeira (2009) define:

- redução na fonte, como a diminuição na geração de resíduo, por meio programas que promovam a redução no consumo ou a não geração de resíduo, correspondendo assim, à diminuição da quantidade a ser disposta, antes mesmo de sua geração;

- reutilização, como o aproveitamento do resíduo, nas condições em que é descartado, através de limpeza, embelezamento e identificação, submetendo-o, assim, a pouco ou mesmo nenhum tratamento; e,

- reciclagem, correspondendo ao processo artesanal ou industrial através do qual o resíduo retorna ao sistema produtivo e que pode ser considerada como tratamento de parte do resíduo sólido gerado.

Além disto, é interessante ressaltar a valorização energética como alternativa de minimização. A valorização energética consiste na recuperação da energia calorífica do resíduo, por meio de um processo térmico de tratamento controlado, e na sua transformação em energia elétrica (em 2004, STREB, 2010a). Streb (2010a) considera também, em 2004, que a valorização energética pode ser determinada via reciclagem evitando-se o consumo de energia.

Observa-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 - PNRS - (BRASIL; 2012c, p. 3) por meio do artigo 3º as definições de:

"VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;"

Observa-se por meio da Tabela 3.7 a utilização, no Brasil, de alguns métodos de tratamento/disposição de resíduo, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 (IBGE, 2012a).

Tabela 3.7 Porcentagem de resíduo coletado tratado/disposto, por regiões, no Brasil, em 2000

Região	Lixões	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Usina de Compostagem	Incineração
Norte	56,7	28,3	13,3	0,045	0,073
Nordeste	48,3	14,6	36,2	0,2	0,054
Sudeste	9,71	46,5	37,1	3,8	0,67
Sul	25,7	24,3	40,5	1,7	0,15
Centro-Oeste	21,9	32,8	38,8	4,8	0,18
Brasil	21,2	37,0	36,2	2,9	0,5

Fonte: IBGE (2012a)

Nota: valores expressos em porcentagem de resíduo coletado

Qualquer método de tratamento de resíduo sólido depende do empenho da população em reduzir a quantidade de resíduo gerada, evitar o desperdício, reaproveitar o material, separar o resíduo reciclável na fonte e se desfazer do resíduo que produz de maneira correta (IBAM, 2010, em 2001). Contudo, é imprescindível que estas ações sejam desempenhadas e fomentadas, também, por outras esferas da sociedade como, instituições de ensino, associações comunitárias, organizações não governamentais (ONG), empresas privadas, etc.

3.5.1 Incineração

A incineração é um processamento térmico do resíduo sólido, que visa à redução do seu volume e à recuperação de energia (TENÓRIO; ESPINOSA, 2009; TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

Tenório; Espinosa (2009) destacam a utilização do processo de incineração na atualidade para eliminação de resíduo tóxico e perigoso.

Teixeira (2009) diferencia incineração e sistema de incineração. "Incineração" segundo a autora, corresponde a um processo em que há um controle do processo de combustão e algum controle das emissões lançadas à atmosfera. Enquanto, "sistema de incineração" corresponde a

um processo de combustão controlada, em que todas suas emissões gasosas, sólidas, líquidas geradas no tratamento dos gases são controladas, tratadas e dispostas adequadamente. Segundo a autora, este tipo de tratamento não é comumente aplicado no Brasil para o resíduo sólido doméstico, por enquanto, por sua relação custo/benefício e necessidade de mão de obra altamente especializada e qualificada.

3.5.2 Aterro

De acordo com a NBR 8419 (ABNT,1984, p.1), define-se aterro sanitário como:

“técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário”.

Verifica-se em ABNT (1984) a definição de aterro sanitário como uma forma de disposição final. Neste sentido, Teixeira (2000) trata a questão de forma diferenciada considerando o aterro sanitário como uma forma de disposição para o resíduo sólido urbano e de tratamento para a parcela orgânica ali contida.

Dentre os métodos de tratamento/disposição de resíduo citados na Tabela 3.7 (item 3.5) destacam-se as definições de lixões, aterros controlados e aterros sanitários, a seguir (IBGE, 2012a):

- lixões (ou vazadouros a céu aberto) correspondem aos locais para disposição do resíduo sólido, em bruto, sobre o terreno sem qualquer cuidado ou técnica especial; caracteriza-se pela falta de medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública;

- aterro controlado corresponde ao local utilizado para o despejo do resíduo sólido coletado, em bruto, com o cuidado de, após a jornada de trabalho, cobrir esse resíduo com uma camada de terra diariamente; e,

- aterro sanitário corresponde ao local destinado para a disposição final do resíduo sólido,

em que são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais específicas para confinar o resíduo com segurança, do ponto de vista do controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Verifica-se por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 (IBGE, 2012a) que dos 5.507 municípios brasileiros existentes em 2000, as 13 maiores cidades (0,24 % do total de municípios), com população acima de 1 milhão de habitantes, eram responsáveis pela coleta de 31,9 % (51.635 t/dia) de todo resíduo urbano brasileiro, dos quais apenas 1,8 % (832 t/dia) era destinado a lixões enquanto o restante era depositado em aterros controlados ou sanitários. Em contrapartida, 4.026 municípios, ou seja, 73,1%, com população até 20.000 habitantes, depositavam 68,5 % do resíduo coletado em lixões e alagados. Isto significa que esses municípios depositavam 14.151 t/dia de resíduo urbano em lixões e alagados.

Na região metropolitana de Campinas¹, segundo Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 (IBGE, 2012a), 2.485,1 toneladas são destinadas diariamente a aterro sanitário, 63 toneladas a lixão, 10 toneladas aos vazadouros em áreas alagadas e 920 toneladas a aterros controlados.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2012c), no Brasil, 73,3% do resíduo sólido doméstico estavam sendo dispostos inadequadamente em lixões e aterros controlados.

Teixeira (2009) considera o aterro sanitário, dentre os diferentes tipos de disposição final de resíduo no solo utilizados no Brasil, como a única forma adequada de disposição de resíduo sólido urbano já que evita e/ou minimiza a poluição e contaminação ambiental. O aterro controlado, segundo a autora, tem um potencial altamente contaminador e "diferencia-se de lixão apenas pelo recobrimento esporádico do resíduo com terra", controlando, desta forma, somente a presença de vetores e uma pequena parcela da emissão gasosa à atmosfera.

1 Municípios que integram a Região Metropolitana de Campinas: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos, Vinhedo (PMC. 2010)

No entanto, a deposição em aterro sanitário deveria ser a última opção para o tratamento do resíduo, mas é a comumente adotada primeiro pelas prefeituras municipais. Além disto, pensar em “enterrar”, segundo Pereira Neto (1999, p. 46), mesmo que em aterros sanitários, todo resíduo sólido urbano com potencial de reciclagem e compostagem significa um “contra senso” considerando a necessidade de preservação do ambiente e de seus recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida das populações”.

3.5.3 Compostagem

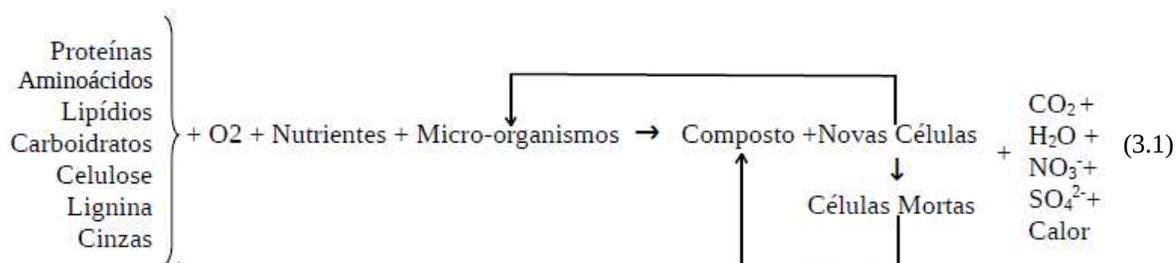
O item compostagem está subdividido em: definição, classificação, fases do processo de compostagem, fatores que afetam o processo de compostagem, métodos de compostagem, leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC de compostagem), legislação brasileira: definições e qualidade do composto; composto como produto da compostagem: aplicação e qualidade do composto; fatores que interferem na qualidade do composto e taxa de aplicação do composto.

3.5.3.1 Definição e classificação do processo de compostagem

O processo de compostagem é tão antigo quanto a agricultura (RAVEN; EVERT; SUSAN, 2001). Povos gregos e romanos já sabiam que o resíduo orgânico podia retornar ao solo. Orientais utilizavam composto orgânico para a produção de cereais (LIMA, 1995; PROSAB, 1999). Rocha (2000) acrescenta que os diversos métodos tradicionais de compostagem foram, e frequentemente ainda são, implantados de forma bastante empírica. Contudo, a partir de 1920, o processo de compostagem passou a ser sistematizado e pesquisado quando Albert Howard, na Índia, desenvolveu o processo Indore (LIMA, 1995, TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993). Desde então, diversos trabalhos científicos serviram de base para esta técnica, que hoje pode ser aplicada em escala industrial (PROSAB, 1999).

A fração orgânica do resíduo sólido urbano, segundo Tchobanoglous; Theisen; Vigil

(1993), é composta de proteínas, aminoácidos, lipídios, carboidratos, celulose, lignina e cinzas. E na Equação 3.1 descrevem o processo de decomposição microbiana aeróbia da fração orgânica do resíduo sólido urbano.



Verifica-se por meio da norma NBR 13.591 (ABNT,1996, p. 2) que define termos empregados à compostagem de resíduo sólido doméstico, a definição de compostagem como:

“processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.”

Já Kiehl (1998) cita que o vocábulo “compost”, da língua inglesa, deu origem à palavra composto, para indicar o fertilizante orgânico preparado a partir de restos vegetais e animais através de um processo denominado compostagem. Na natureza o processo de estabilização destes restos orgânicos ocorre espontaneamente mas em prazo indeterminado, de acordo com as condições apresentadas. Na compostagem o processo é controlado, as condições são otimizadas, resultando em decomposição em menor tempo. Neste processo, quando aeróbio, ocorre uma decomposição microbiana com oxidação e oxigenação da massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, obtendo desta forma, sua estabilização.

A compostagem pode ser entendida como um processo de reciclagem do material orgânico presente no resíduo, ou seja, corresponde ao ato ou à ação de transformar o resíduo orgânico, por meio de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras; o composto corresponde à denominação

genérica dada ao fertilizante orgânico resultante do processo de compostagem (LIMA, 1995).

Segundo Pereira Neto (2010, p.16), em 2007, "a forma mais eficiente de se obter a biodegradação controlada do resíduo orgânico é por meio da compostagem".

A compostagem pode ser um meio bastante útil, pois reduz grandemente o volume do resíduo orgânico. Kiehl (1998) indica que com a compostagem a redução do volume da leira pode variar de 1/6 a 1/3 ou de 17 % a 33 %, respectivamente. Segundo RAVEN; EVERT; SUSAN (2001), folhas decompostas em um local do município de Scarsdale, Nova York, foram reduzidas a um quinto de seu volume original.

Vale ressaltar que além das bactérias, diversos outros organismos participam do processo de compostagem: fungos, protozoários, actinomicetos (em 2007, PEREIRA NETO, 2010). Dentre os animais destacam-se: rotíferos; ácaros e outros aracnídeos; diversos artrópodes da ordem Collembola, Isopoda - "tatuzinho de jardim", Coleóptera - besouros, Diplópodes - "piolho de cobra" (*Spiroboles ssp*), nematóides e minhocas que reduzem o tamanho da matéria orgânica por meio do forrageamento, movimentação na pilha de composto ou mastigando matéria orgânica. Estas ações físicas aumentam a superfície de contato para a decomposição microbiana (Figura 3.2) (POLPRASERT, 1996).

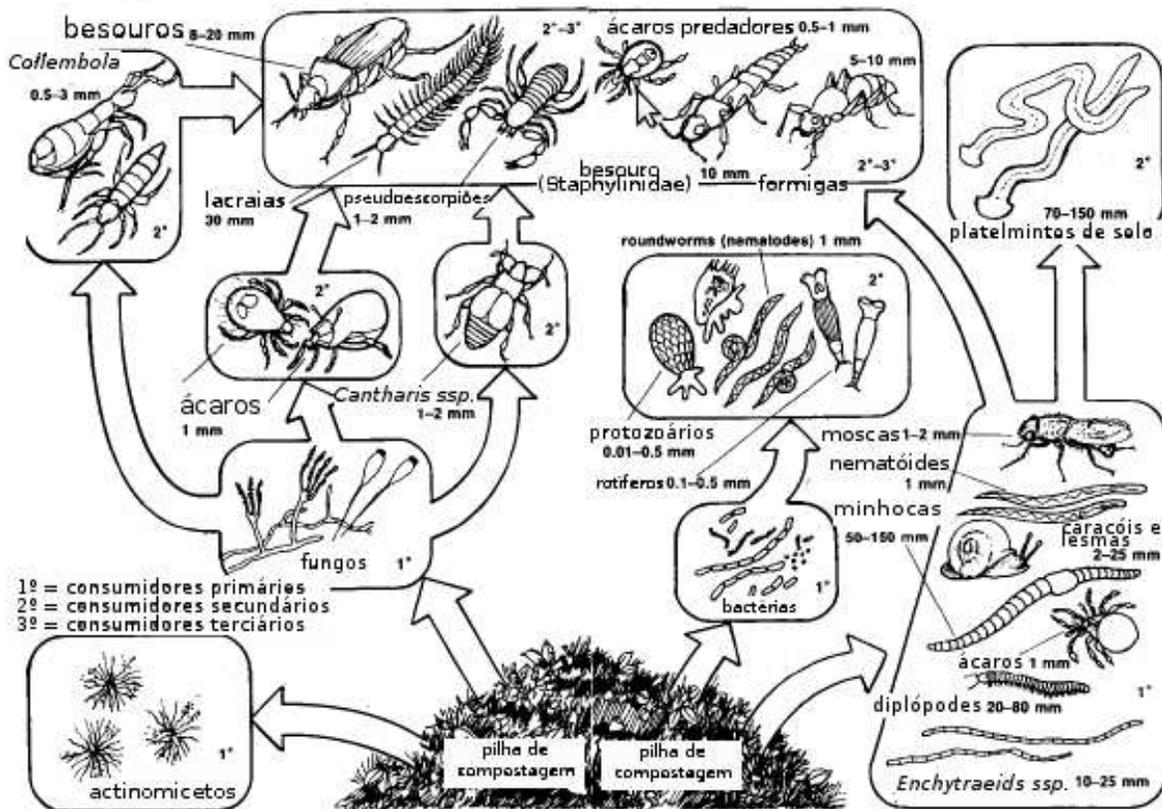
A compostagem pode ser classificada em aeróbia e anaeróbia, de acordo com a presença ou ausência de oxigênio (LIMA, 1995).

A compostagem aeróbia é a decomposição realizada por micro-organismos que vivem em presença de oxigênio e a temperatura pode chegar a 70°C. Quando conduzida adequadamente desprende apenas gás carbônico e vapor de água, gases inodoros, e sua decomposição é mais rápida que em relação à compostagem anaeróbia, podendo levar de 90 a 120 dias (KIEHL, 1998).

A compostagem anaeróbia é a decomposição realizada por micro-organismos que vivem sem a presença de oxigênio. Geralmente ocorre à temperatura ambiente e a matéria orgânica é estabilizada em tempo maior em relação à compostagem aeróbia, ou seja, aproximadamente 180

dias (6 meses) (em 2004, NAGLE, 2010; KIEHL, 1998; POLPRASERT, 1996). A compostagem anaeróbia se caracteriza pelo desprendimento de gases metano e dióxido de carbono na proporção de 3:2 aproximadamente. O gás metano oriundo do resíduo orgânico pode ser de grande contribuição como fonte alternativa de energia, através de biodigestor. A não utilização deste gás, além da perda energética, contribui para o efeito estufa, já que é 21 vezes mais impactante que o gás carbônico (em 2005, CEPEA; FEALQ, 2010).

Figura 3.2 Interações alimentares entre organismos no composto



Fonte: adaptado de Polprasert (1996)

Diversos autores, Silva; Mendes; Barreira (2009), Pereira Neto (2010, em 2007), Nagle (2010, em 2004), IPT/CEMPRE (2000) consideram a compostagem aeróbia a maneira mais rápida, eficiente para o tratamento do resíduo orgânico, além de sanitariamente adequada. Desta forma, estes autores, dentre outros como: Kiehl (1998), Rothenberger et al. (2011, em 2006) e USEPA (2012, em 1994), utilizam simplesmente o termo compostagem quando tratam da compostagem aeróbia.

O principal impacto negativo relacionado à compostagem é a geração de odores desagradáveis e o escoamento do chorume (em 2008, MASSUKADO, 2010). A leira de compostagem aeróbia entra em processo de anaerobiose quando o processo é conduzido inadequadamente. Isto ocorre, quando a leira não é revolvida, é muito alta ou apresenta excesso de umidade. O odor desagradável é devido à produção de gás sulfídrico, mercaptanas (dimetilsulfeto, metilmercaptanas) e outros produtos contendo enxofre, além disto, o gás metano liberado por esse processo, como apresentado anteriormente, contribui para o efeito estufa. A formação do chorume provém da umidade natural do resíduo sólido orgânico, do líquido proveniente da digestão extracelular da matéria orgânica realizada por bactérias, fungos e actinomicetos e as condições se agravam sensivelmente com a umidade gerada nos períodos de chuva (KIEHL, 1998).

A adoção de cuidados especiais permite minimizar ou até mesmo evitar esses impactos. O controle pode ser realizado com o aumento na frequência de revolvimento, com a diminuição na altura da leira ou até mesmo protegendo-a em períodos de chuva excessiva. Estes cuidados podem ser realizados no início do processo, ou seja, no momento do balanceamento dos resíduos que serão compostados (KIEHL, 1998).

Pereira Neto (1999) e Nagle (2010, em 2004) enumeram as principais vantagens do processo de compostagem: economia de energia, economia de recursos naturais, proteção ambiental, proteção à saúde pública, minimização de resíduo, aumento da vida útil das áreas de aterro, criação de programas de educação ambiental, incentivos à participação comunitária na solução de seus problemas e fornecimento de um aporte de nutrientes (composto) para o solo.

3.5.3.2 Fases do processo de compostagem

Kiehl (1998) divide o processo de compostagem nas seguintes fases: **fitotóxica**, caracterizada pela formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelos micro-

organismos do substrato orgânico; seguida pela fase de **bioestabilização ou semicura**, na qual o material deixa de ser danoso às raízes e às sementes; e finalizada pela fase de **cura, maturação ou humificação**, quando o composto atinge o auge de suas propriedades benéficas às plantas com a formação do húmus.

Alguns autores apresentam o processo de compostagem em duas etapas: a de **biodigestão (ou biodecomposição)**, na qual a atividade dos micro-organismos é máxima, caracterizada pela degradação da matéria orgânica e aumento de nutrientes assimiláveis, e a **estabilização (ou maturação, humificação)**, na qual predominam reações de polimerização e condensação caracterizando o aumento do teor de ácidos húmicos (PAZ et. al, 2003; TENÓRIO; ESPINOSA, 2009).

Outros autores dividem o processo de compostagem pela variação de temperatura (BARREIRA et al; 2009, INÁCIO; MILLER, 2009):

- fase mesofílica (ou inicial) em que ocorre a expansão de micro-organismos mesófilos, predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40°C, e pode ter duração curta, menos de 15 horas até por volta de cinco dias, dependendo das características do material orgânico utilizado e do método de compostagem;
- fase termofílica, na qual predominam temperaturas acima de 45°C, predominando a faixa de 50 a 65°C, quando ocorre a ação de micro-organismos termófilos, dominada por bactérias, com intensa decomposição de material, com formação de água metabólica, manutenção da geração de calor e vapor d'água e pode durar de poucos dias até vários meses, de acordo com as características do material que está sendo compostado; e,
- fase de resfriamento e maturação em que ocorre a humificação da matéria orgânica decomposta que tem duração de semanas a meses.

INÁCIO e MILLER (2009) dividem a última etapa de decomposição (fase de resfriamento e maturação) em:

- fase mesófila em que as substâncias orgânicas mais resistentes são degradadas por micro-organismos mesófilos, ocorre redução da atividade microbiana, queda de temperatura e perda de umidade; esta fase é caracterizada pela ação preponderante de fungos e actinomicetos;e,

- maturação em que ocorre grande formação de substâncias húmicas e o composto perde a capacidade de auto-aquecimento, nesta fase a decomposição ocorre a taxas muito baixas e prossegue quando o composto for aplicado ao solo, liberando nutrientes.

3.5.3.3 Fatores que afetam o processo de compostagem

O processo de compostagem é influenciado por diversos fatores que afetam diretamente a atividade microbiológica do sistema, dos quais destaca-se (em 2007, PEREIRA, NETO, 2010):

- temperatura;
- umidade;
- aeração (presença de oxigênio);
- relação carbono/nitrogênio (C/N); e,
- granulometria das partículas.

A temperatura é uma das evidências mais diretas da eficiência do processo de compostagem. Alguns dias após o início do processo o metabolismo dos micro-organismos que realizam a decomposição da matéria orgânica resultam em um aumento de temperatura do sistema que passa da fase mesófila para termófila.

Os micro-organismos mesófilos são dominantes no início e final do processo de compostagem com temperaturas entre 25 e 45 °C e os micro-organismos termófilos são dominantes entre 45 e 70 °C. A temperatura termófila é um fator determinante na velocidade de degradação da matéria orgânica e maximiza a destruição de patógenos e de sementes indesejáveis (em 1994, USEPA, 2012; KIEHL, 1998; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Diversos autores alertam com relação à manutenção de temperatura que ultrapasse a barreira entre 65 e 70 °C por um tempo prolongado durante o processo de compostagem, pois irá restringir a ação dos micro-organismos termófilos, insolubilizar proteínas hidrossolúveis e determinar perda de diversos materiais voláteis pela alta temperatura, como nitrogênio em forma

de amônia, se o material possuir baixa relação C/N (KIEHL, 1998 ;SILVA; MENDES;BARREIRA, 2009; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

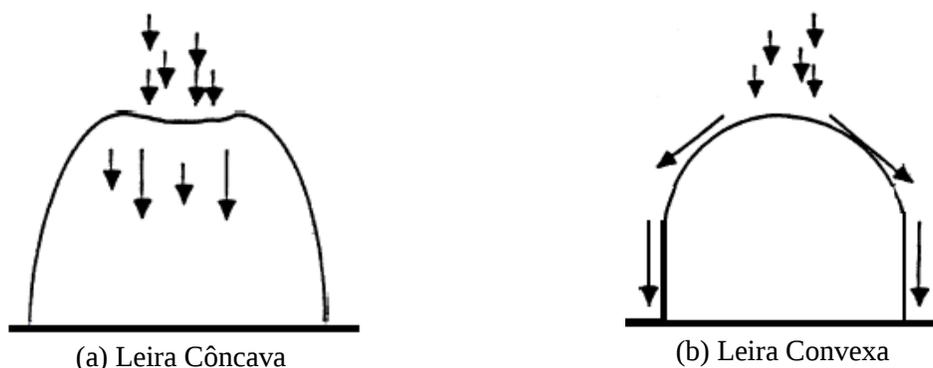
A umidade do material em decomposição deve estar entre 40 e 60 %. Para garantir a sobrevivência e a ação dos organismos decompositores e ao mesmo tempo evitar a liberação de odor desagradável e chorume devido ao processo de anaerobiose provocado pelo excesso de umidade (KIEHL, 1998; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

A realização de regas e revolvimentos periódicos determina o controle de umidade e aeração e conseqüentemente o controle de temperatura. O revolvimento garante também a inversão de camadas das leiras de compostagem para que o material da camada superficial da leira seja submetida a temperaturas termófilas, garantindo a destruição de patógenos e sementes indesejadas desta camada (em 1994, USEPA, 2012).

Pode-se observar por meio da Figura 3.3 a utilização do formato da leira para controlar a umidade: leiras com forma convexa facilitam o escoamento de água em períodos de chuva e leiras côncavas são adequadas para períodos de seca, já que facilita a penetração de água na leira (em 1994, USEPA, 2012).

A umidade pode ser controlada em períodos de chuva com a utilização de lonas para cobrir a leira de compostagem (em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Figura 3.3 Formato de leiras aeradas para a absorção máxima e mínima de água. (a) leira côncava que aumenta a absorção de água e (b) leira convexa, que reduz a absorção de água



Fonte: Richard et al., 1950 apud USEPA (2012, em 1994)

Outro fator que permite a manutenção de temperatura e umidade adequadas é o controle da relação C/N. Esta relação deve estar entre 25/1 e 35/1 no início do processo de compostagem e seu valor deve estar entre 8/1 e 18/1 no final do processo. Esta relação C/N pode ser usada, portanto como indicativo de produto maturado, estabilizado (KIEHL 1998; em 2002, SILVA et al., 2012; TEMÓTEO, 2005).

O monitoramento da relação C/N pode ser realizado por meio do controle da proporção (em volume e/ou massa) entre material rico em carbono (palha, grama, folhas de árvores, triturado de podas, serragem, maravalha) e material rico em nitrogênio (fração orgânica do resíduo sólido doméstico, esterco, lodo de esgoto) (KIEHL, 1998; Dutra; Habib; Barbosa, 2006; em 2007, PEREIRA NETO, 2010)

O potencial hidrogeniônico (pH) da matéria orgânica, tanto vegetal quanto animal, é caracteristicamente ácido, portanto durante o processo de compostagem o material geralmente inicia-se com pH baixo (ácido) e ao final do processo o composto alcança pH superior a 8,0 (básico) (KIEHL, 1998).

A trituração da matéria orgânica não é essencial para o processo da compostagem, porém com a granulometria adequada é possível aumentar a área superficial para a degradação microbiológica, acelerando-se assim o processo e o composto pode tornar-se mais homogêneo (LIMA, 1995; KIEHL, 1998; RAVEN; EVERT; SUSAN, 2001). Porém, o resíduo pode compactar se for reduzido a partículas muito finas podendo determinar um processo de anaerobiose e conseqüentemente desprendimento de odor desagradável e liberação de chorume (KIEHL,1998). A dimensão das partículas ricas em carbono também influencia no processo de compostagem. A mistura de capim ou grama não triturados ao material rico em nitrogênio pode prejudicar o processo de compostagem, já que este material pode formar tramas que dificultam a aeração e o processo de revolvimento (CEMPRE, 1997). Neste sentido, Dutra; Habib; Barbosa (2006) verificaram empiricamente que o desenvolvimento do processo de compostagem foi mais eficiente com a utilização de maravalha ou material triturado de podas e gramas.

3.5.3.4 Métodos de compostagem

A compostagem é uma técnica flexível que pode ser realizada em diversas escalas: em pequena escala como, por exemplo, em domicílios e escolas; em média e em grande escala como, por exemplo, em grandes propriedades agrícolas, municípios e indústrias. Desta forma, o processo de compostagem pode variar de soluções operacionais mais simples e menos onerosas até aquelas que necessitem utilizar dispositivos tecnológicos modernos e mão-de-obra especializada, determinando, neste caso custos mais elevados. De qualquer forma, o bom desempenho da tecnologia escolhida para compostagem desde a mais simplificada até a tecnicamente moderna, depende da utilização de resíduo adequado para a compostagem e da garantia que o processo biológico ocorra em boas condições (em 2008, MASSUKADO, 2010).

Pereira Neto (1999) considera que a compostagem em grande escala pode ser implantada sob diversos níveis tecnológicos, desde processos manuais, para agrupamentos humanos de até 7.000 habitantes, processos aerados para 50.000 a 100.000 habitantes, até processos sofisticados de bioestabilização acelerada.

A compostagem, segundo Pereira Neto (1999), pode ser desenvolvida em unidades de baixo custo, como processos simplificados, sem necessidade de mão de obra especializada.

Os principais métodos de compostagem podem ser classificados em:

- método de leiras revolvidas ou sistema "windrow";
- leiras estáticas aeradas ou "static piles"; e,
- sistema fechado ou "in-vessel".

No método "windrow", ou natural, é um dos mais antigos e simples de compostagem (TCHOBANOGLOUS; THEISEN; VIGIL, 1993). A matéria orgânica é disposta em um pátio de compostagem a céu aberto em leiras ou pilhas de formato variável.

A aeração necessária é realizada por meio de revolvimentos periódicos. O composto pode ser obtido após um período de três a quatro meses (LIMA, 1995, KIEHL, 1998, IPT/CEMPRE, 2000; em 2005, BARREIRA, 2012).

O material a ser compostado pode ser disposto em leira ou pilha. A leira é a forma de disposição de material em biodegradação, de seção transversal, triangular ou trapezoidal, contínua no sentido longitudinal. As pilhas, ou montes, correspondem à forma aproximadamente cônica de disposição de material orgânico para o processo de compostagem (ABNT, 1996; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Inácio; Miller (2009) definiram também como leira o assentamento de seção transversal retangular.

A deposição do resíduo orgânico na leira deve ser feita sobre camadas de 15 a 20 cm de matéria orgânica rica em carbono, geralmente de folhas ou gramas secas, para que o excesso de água seja absorvido (MELLONI et al., 1998). A altura da leira deve situar-se entre 1,5 a 1,8 m para evitar compactação. O comprimento vai depender da quantidade de material, sendo as leiras dispostas de acordo com a configuração física do local de compostagem. As leiras podem ser construídas manualmente ou por meio de uma pá carregadeira, operada por pessoal treinado para tal função. Cada leira montada pode ser indicada por uma placa, com registro do dia de montagem e o código indicativo do material. (KIEHL, 1998; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Composteiras em forma de pilhas, ou montes isolados, segundo Kiehl (1998) é geralmente empregado em compostagem em pequena escala ou em experimentos científicos, quando o projeto exige um maior número de parcelas para diversos tratamentos a serem pesquisados. A compostagem em forma de pilhas foi o método aplicado nos pátios experimentais de Santiago de Estero no trabalho de Paz et al. (2002 e 2003) e em São Carlos no trabalho de Massukado (2010, em 2008). Na primeira fase do trabalho de iniciação científica na Moradia Estudantil, construiu-se também pilhas de compostagem (DUTRA; 2005).

No método de leiras estáticas aeradas o ar é insuflado para o interior da leira por meio de

tubulações perfuradas utilizando-se bombas de ar. As leiras podem ser montadas com altura de 2,0 a 2,5 metros e não necessitam ser revolvidas. O material é estabilizado num período entre três e quatro semanas e maturado num período mínimo de quatro semanas (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

O método fechado ou "in-vessel" de compostagem é realizado dentro de um reator fechado. Há diversos tipos de reatores: torres verticais, tanques horizontais retangulares e circulares, que podem ser rotatórios. Os mecanismos são projetados para minimizar o odor e permitir o controle de condições ambientais como de fluxo de ar e temperatura. O tempo de estabilização da matéria orgânica para este método varia de uma a duas semanas e a maturação pode levar de quatro a doze semanas (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

A compostagem pode ser realizada utilizando-se reservatórios que podem ser construídos com diversos materiais: blocos de alvenaria, madeira, telas de arame, resíduo de construção civil ou reutilizando diversos tipos de recipientes (galões plásticos de 200 litros, cestos, etc.). Além disto, são comercializados os mais diversos tipos de recipientes para compostagem, fabricadas, geralmente, de material plástico (CEMPRE, 1997; MELLONI et al., 1998; em 2007, NEW YORK, 2011).

Outro método de decomposição de matéria orgânica é a vermicompostagem. Neste método utiliza-se geralmente minhocas vermelhas californianas (*Eiseinia foetida*) para degradar a matéria orgânica. Para a montagem deste tipo de sistema é necessário atender a requisitos de sobrevivência da minhoca, mantê-las ao abrigo da luz, garantir a aeração do sistema, umidade por volta de 50 % e não permitir que a temperatura se eleve acima de 40 °C. É comum a utilização de caixas plásticas que permitem a utilização da vermicompostagem em apartamentos (KRAUSS; EIGENHEER, 1996).

O método conhecido como Mulch, ou compostagem superficial, recomendado apenas para resíduo como grama cortada, folhas e restos de vegetais como frutas e legumes aplicados em canteiros, hortas ou matas, corresponde à disposição direta do resíduo orgânico sobre o solo em camadas de, no máximo, 15 cm de altura de forma a evitar o aquecimento que prejudicaria

plantas (KRAUSS ; EIGENHEER, 1996).

A composteira por aterramento corresponde à deposição do material em valas (buracos), que deve ser coberto com camadas de terra, de 10 a 12 cm a cada deposição de matéria orgânica, em local protegido de escoamento de água de chuva. Sugere-se que a vala seja mantida tampada com madeira, chapa metálica, etc. para evitar a presença de moscas e liberação de odor desagradável (KRAUSS; EIGENHEER, 1996; DUTRA; HABIB; BARBOSA, 2006; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

A prática da compostagem deveria ser mais comum devido à grande quantidade de matéria orgânica produzida no Brasil e por poder ser realizada até no quintal das residências (em 2004, NAGLE, 2010).

3.5.3.5 Leiras Estáticas com Aeração Passiva - Método UFSC de compostagem

O método UFSC de compostagem, também chamado de método de leiras estáticas com aeração passiva, foi desenvolvido em 1994 no campus da Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC, em Florianópolis, com foco no tratamento do resíduo biodegradável de alimentação gerado nos restaurantes do campus. Foi aplicado em 1997 no CEASA (Central de Abastecimento) de São José (município adjacente a Florianópolis) e difundiu-se para outros municípios do Estado de Santa Catarina. Além disto, foi adotado em projetos de compostagem da Embrapa Solos do Estado do Rio de Janeiro (EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (INÁCIO; MILLER, 2009).

Este método de compostagem havia sido apontado e reconhecido ainda em sua fase piloto em 1998 como uma alternativa importante para a redução do volume de resíduo sólido em aterros e aumento da vida útil destes (INÁCIO et al., 1998).

O método UFSC, como indica Inácio; Miller (2009) baseia-se no emprego de técnicas

específicas, como apresentado a seguir.

As leiras não são revolvidas frequentemente, determinando assim seu nome leiras estáticas. Geralmente são realizados um ou dois revolvimentos ao final da fase termofílica para homogenizar e preparar o material para maturação (INÁCIO; MILLER, 2009).

As leiras são formadas com paredes retas, ou seja, procura-se deixá-las com um ângulo próximo a 90° com relação ao solo. Geralmente são utilizados materiais como grama cortada, palhas de arroz, milho, bagaço de cana de açúcar, ou outro resto vegetal que permitam a formação de paredes que possam sustentar a leira e conferir-lhe um formato retangular (INÁCIO; MILLER, 2009).

Adiciona-se sempre uma elevada proporção de material denominado "estruturante", geralmente de alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e baixa densidade. Este material pode ser aparas de madeira (maravalha), podas de árvores, cascas de arroz, palhas e materiais similares (INÁCIO; MILLER, 2009)

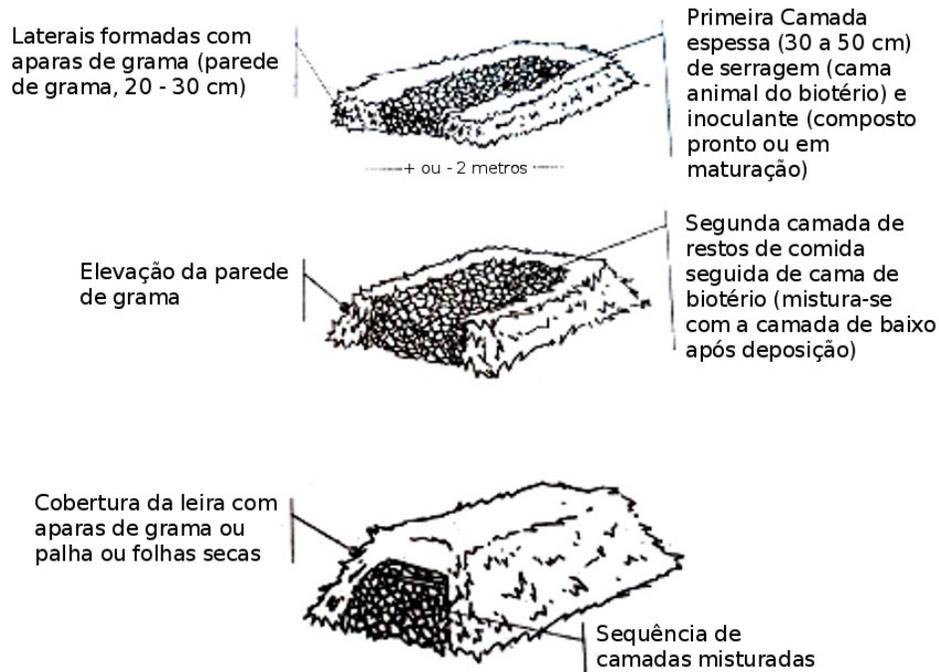
As leiras não são montadas com a altura máxima em um único dia. Cada leira é montada aos poucos, recebendo continuamente novas cargas de resíduo sólido orgânico. A deposição de resíduo ocorre de 2 a 3 vezes por semana. Assim, a leira irá ganhar altura na medida em que for depositado o resíduo e o material estruturante, porém irá perder altura durante o processo de biodecomposição (INÁCIO; MILLER, 2009).

A cada nova carga de resíduo orgânico realiza-se a mistura com o uso de garfos agrícolas, com o material já em fase termofílica de decomposição (INÁCIO; MILLER, 2009).

As leiras são sempre cobertas com uma espessa camada de material vegetal como grama cortada, palha de arroz, folhas, ou outro resto vegetal (INÁCIO; MILLER, 2009).

A sequência de montagem de uma leira estática com aeração passiva, pode ser observada na Figura 3.4.

Figura 3.4 Sequência de montagem de uma leira estática com aeração passiva para a compostagem de resíduos de restaurantes, cama de biotério e aparas de grama do campus da UFSC, Florianópolis



Fonte: Inácio; Miller (2009)

Inicialmente, paredes laterais de 20 a 30 cm de espessura são montadas com grama cortada, determinando o comprimento e largura da leira. Monta-se uma primeira camada espessa, de 30 a 50 cm de material estruturante, no caso seriam as aparas de madeira, e adiciona-se um material inoculante - composto pronto em maturação, para introduzir organismos decompositores para acelerar o processo de compostagem. Eleva-se a parede de grama, deposita-se uma segunda camada com os restos de comida, ou resíduo orgânico sólido, em seguida deposita-se a "cama" de aparas de madeira. Mistura-se esta segunda camada com a camada de baixo após a deposição. Ao final da deposição, cobre-se a leira com grama cortada, palha ou folhas secas (INÁCIO; MILLER, 2009).

A leira recebe os "restos" de comida, ou o resíduo sólido orgânico, a cada 2 ou 3 dias em camadas. Assim, as camadas que ficam no interior da leira, podem ser formadas com diversas sequências dependendo do material disponível: aparas de madeira/restos de comida/ aparas de madeira, ou palha/restos de comida/ palha, ou ainda, palha/ cama de esterco/restos de

comida/palha (INÁCIO; MILLER, 2009).

Ao atingir uma altura máxima para o conforto ergonômico, no caso para montagem manual, deixa-se de depositar resíduo na leira. Aguarda-se, assim, o término do processo termofílico, para se remover o material para maturação (INÁCIO; MILLER, 2009).

Nos pátios de compostagem sem auxílio de máquinas, as leiras têm dimensões entre 1,0 a 1,5m de altura, dependendo do conforto ergonômico dos operadores, 1,5 a 2,5 m de largura e o comprimento variável de 10 a 20 m (INÁCIO et al. 1998; INÁCIO; MILLER, 2009). As leiras com montagem mecanizada têm dimensões maiores, de até 2,0 m de altura e 3,0 m de largura. Inácio; Miller (2009) ressaltam que as dimensões das leiras podem variar de acordo com o tipo e a proporção do resíduo que compõem a massa da leira, e depende da observação e experiência do operador. Os operadores devem acompanhar o processo de compostagem observando a temperatura no interior das leiras (INÁCIO; MILLER, 2009).

A operação das leiras de compostagem com aeração passiva baseia-se, segundo Inácio; Miller (2009, p. 63):

"no entendimento dos fatores ecológicos de uma leira de compostagem que afetam, portanto a atividade biológica, principalmente o oxigênio, a umidade, a densidade e disponibilidade de material estruturante. A compostagem segue eficaz e segura, do ponto de vista ambiental e sanitário, sem a necessidade de revolvimentos constantes de leiras e/ou uso de aeradores. O método dá ênfase a meticulosa montagem das leiras levando em conta a 'arquitetura' destas leiras, isto é, sua forma, e densidade da mistura dos resíduos."

A "arquitetura" das leiras, de acordo com os autores, depende da disposição em camadas, da mistura adequada do resíduo e da escolha do material "estruturante". Este material que promove a estrutura deve ser de baixa densidade e de alta relação carbono/nitrogênio é fundamental para o funcionamento do processo.

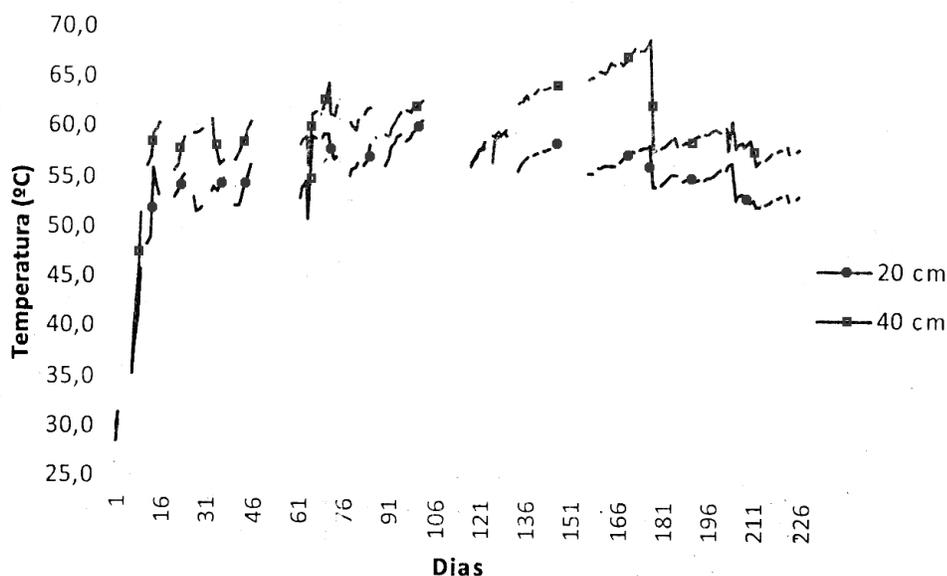
O formato retangular das leiras estáticas, segundo Inácio; Miller (2009), têm papel importante na manutenção e controle do teor necessário de oxigênio. Além disto, este formato

demonstrou, de acordo com os autores, grande capacidade para suportar elevadas precipitações, superiores a 1.500mm/ano, com a quantidade de chorume (lixiviado) das leiras pouco influenciada pelas precipitações.

As leiras estáticas, retangulares e com a proporção adequada de material "estruturante", se mantêm predominantemente aeróbias durante a fase termofílica apenas com aeração passiva. As leiras se mantêm com 2/3 de seu volume com percentagem superior a 10 % de oxigênio, formando apenas um centro interno anaeróbio. Isto se reflete no padrão de temperatura entre 55 e 65°C, indicando intensa atividade microbiana (em 2009, INÁCIO et. al, 2012; INÁCIO; MILLER, 2009). Inácio; Miller (2009) apresentam um gráfico (Figura 3.5) de temperatura de uma leira estática de restos de alimentos, cortes de grama e esterco. A temperatura manteve-se entre 55 e 65 °C por mais de 120 dias.

De acordo com Inácio; Miller (2009), a contínua adição de novas camadas de resíduo orgânico determina um elevado período de exposição dos agentes patogênicos a temperaturas termofílicas, levando à eliminação destes organismos.

Figura 3.5 Gráfico de médias de temperatura, em duas profundidades (20 cm e 40cm) em leiras de compostagem estáticas com aeração passiva



Fonte: Inácio; Miller (2009)

A montagem de no mínimo 2 a 3 leiras simultaneamente e a cobertura com espessa camada de grama cortada mostrou-se adequada para prevenir a proliferação de moscas como: a mosca doméstica *Musca domestica* e a mosca varejeira *Crysomya chochiliomya*. (INÁCIO; MILLER, 2009). A montagem de leiras simultâneas permite a realização do "rodízio de leiras" que é a deposição de resíduo orgânico em camadas em intervalos de 2 a 3 dias. Esta técnica permite que se possa esperar o prazo de no mínimo 48 horas para que se possa despejar uma nova camada de resíduo orgânico em uma mesma leira que esteja sendo confeccionada. Este, segundo os autores, seria o prazo necessário para que houvesse a morte das larvas de moscas que não encontrariam ambiente propício para seu desenvolvimento.

Verifica-se na Tabela 3.8 e Tabela 3.9 informações comparativas entre o Método UFSC de compostagem e alguns dos métodos apresentados no item anterior (item 3.5.3.4). A aplicação do Método UFSC de compostagem, segundo Inácio; Miller (2009), significa a construção de leiras com o formato e material adequados. Para a realização deste método é fundamental a disponibilidade de elevada quantidade de material com alta relação carbono/nitrogênio (por exemplo aparas de madeira, casca de arroz, podas de árvores) o que pode ser difícil de se obter em alguns locais. Isto pode elevar o custo da operação e até mesmo inviabilizar a adoção deste método de compostagem. Apesar disto, diversas unidades de compostagem vêm operando com o método UFSC em locais de concentrações residenciais, operando a cerca de 50 m das residências, há vários anos, sem nenhum problema com atração de vetores, pássaros ou odores fortes. Nestas condições, os autores ressaltam que é necessário o monitoramento intensivo, com operadores bem treinados e com o conhecimento deste processo de compostagem.

Pereira Neto (2010, em 2007), diferentemente de Inácio; Miller (2009) considerou adequada a instalação de pátios de compostagem a uma distância mínima de 500 metros. O autor relatou a garantia de que não há a emissão de odores a níveis que provoquem incômodo numa área situada a um raio de 3000 metros do pátio de compostagem. Uma das formas indicadas para controlar o odor, segundo o autor, seria durante os 10 primeiros dias do processo de compostagem, a cobertura com uma camada de adubo maturado (45% de umidade e 25 cm de espessura) que funcionaria como um filtro, eliminando satisfatoriamente a emissão de odor.

Tabela 3.8 Informações comparativas entre métodos de compostagem (vantagens)

Método de compostagem	Leiras Estáticas com aeração passiva (Método UFSC)	Leiras com revolvimento periódico	Leiras com aeração forçada	Compostagem em reatores ("In-vessel systems")
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de implantação - Simplicidade de operação - Necessita de áreas menores em relação ao método de leiras revolvidas - Não utiliza energia externa - Satisfatório controle de odores - Minimização da geração de chorume - Pouca exigência de máquinas e equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de implantação - Simplicidade de operação e uso de máquinas comuns - Menor exigência de acompanhamento técnico especializado em comparação com outros métodos - Flexibilidade de processar grande volume de resíduos - Produção de composto homogêneo 	<ul style="list-style-type: none"> - Médio custo de implantação - Maior controle do processo, temperatura e aeração - Permite menor tempo de compostagem que as leiras revolvidas - Melhor controle de odores. Possibilidade de uso de biofiltros - Menor necessidade de área que as leiras revolvidas 	<ul style="list-style-type: none"> - Aceleração da fase de degradação ativa (maturação mais prolongada) - Melhor controle do processo de compostagem, aeração e temperatura - Possibilidade de automação - Menor demanda por área - Possibilidade de controlar odores via biofiltros - potencial para recuperação de energia térmica (dependendo do sistema) - Independência de agentes climáticos

Fonte: Adaptado por Inácio; Miller (2009) a partir de Nraes (1992); Espien (1997); Fernandes et. al (1999); Santa Catarina (2003)

Tabela 3.9 Informações comparativas entre métodos de compostagem (desvantagens)

Método de compostagem	Leiras Estáticas com aeração passiva (Método UFSC)	Leiras com revolvimento periódico	Leiras com aeração forçada	Compostagem em reatores ("In-vessel systems")
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de operadores bem treinados e com conhecimento do processo de compostagem - Utiliza muito material vegetal de lenta degradação (ex. serragem) o que pode ser difícil de ser conseguido em alguns locais podendo elevar o custo de operação - Montagem das leiras é mais demorada - Em alguns casos pode exigir o peneiramento do composto para retirada de materiais de lenta degradação como a serragem remanescente, por exemplo 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessita de áreas maiores em relação ao método de leiras estáticas - Necessita de máquinas para o revolvimento e maior intensidade de uso, elevando o custo de manutenção e operação - Elevada produção de chorume e difícil controle de odores - A constante movimentação de máquinas fica dificultada em períodos chuvosos 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo de implantação com equipamentos de aeração específicos - Utiliza energia externa (elétrica) - Necessita de um bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores - Custo com manutenção de equipamentos, eradores e tubos perfurados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado investimento inicial - Maior custo de operação e manutenção com os equipamentos (sistemas mecânicos especializados) - Maior produção de chorume na fase de degradação ativa - Utiliza energia externa. - Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos - Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada - Tecnologias licenciadas

Fonte: Adaptado por Inácio; Miller (2009) a partir de Nraes (1992); Espien (1997); Fernandes et. al (1999); Santa Catarina (2003)

O método de leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC), de acordo com Inácio et. al, 1998; Romano (2005); Inácio; Miller (2009), necessita de menor área de operação pela ausência de revolvimentos, exige pouca ou nenhuma mecanização e permite a possibilidade de implantação próximo a concentrações residenciais. O método UFSC vem demonstrando assim, alto potencial de replicação para as condições brasileiras, tanto em municípios, empresas e instituições.

Contudo, Inácio; Miller (2009) não descartaram a importância e as possibilidades de aplicação dos demais métodos de compostagem. O importante, segundo Inácio; Miller(2009, p.71),"é se ter claro as características de cada método, seus princípios e estratégias, seus custos de implantação e manutenção, para aplicá-los corretamente nas situações adequadas."

3.5.3.6 Legislação brasileira: definições e qualidade do composto

De acordo com o artigo 2º do Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004, por meio do qual estabeleceu-se as normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, destaca-se a definição dos seguintes termos (BRASIL, 2012b, p.2, grifos deste autor):

“fertilizante: substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas, (...)

fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural e sintético, obtido por processo físico, químico, ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas;

fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da

mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; e,

fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos; (...)."

Verifica-se, também no Decreto 4.954/2006 (BRASIL, 2012b) a definição de **biofertilizante** como:

"produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante"

Destaca-se da norma NBR 13.591 (ABNT, 1996, p. 2 e 3, grifo deste autor) as seguintes definições:

"Composto

Produto final da compostagem. Termo genérico usado para a designação do produto maturado (bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável.

Composto orgânico; fertilizante orgânico composto

Produto da compostagem que antende à legislação vigente."

A instrução normativa nº 25 (IN 25), de 23 de julho de 2009 (MAPA, 2012b) foi a legislação vigente no período de elaboração deste trabalho. Nesta norma, trata-se das especificações e garantias, as tolerâncias, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Verifica-se no artigo 1º da IN 25 a definição de composto de "lixo" (aspas deste autor) que corresponde ao produto obtido da separação da parte orgânica do resíduo sólido doméstico e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros estabelecidos nessa norma IN 25 e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes.

De acordo com a classificação da Instrução Normativa IN 25, o composto de "lixo" pertence à Classe "C" que corresponde ao fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de resíduo sólido doméstico, resultando em produto de utilização na agricultura. Para esta classificação são determinados os limites e tolerâncias com relação à qualidade para sua utilização segura na agricultura. O composto que atende aos limites estabelecidos por esta norma é denominado "fertilizante orgânico composto". Esses limites são apresentados na Tabela 3.10 (MAPA, 2012b).

Tabela 3.10 Especificações do fertilizante orgânico misto e composto Classe "C" de acordo com o Anexo III da Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009

Garantia	Misto e composto
Umidade (máx.)	50%
N total (mín.)	0,5 %
* Carbono orgânico (mín.)	15 %
pH (mín.)	6,5
Relação C/N (máx.)	18

*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65 °C)

Fonte: adaptado de MAPA, 2012b

A instrução normativa 27 (IN 27), publicada em 2006 (MAPA, 2012a), dispõe sobre as concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos, importados ou comercializados. Os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos são apresentados na Tabela 3.11.

Importantes parâmetros, segundo Pires; André; Coscione (2009), não foram considerados na IN 27 (MAPA, 2012a), como a determinação de inertes, que evidencia a qualidade do processo de seleção da matéria prima e da compostagem do material e os valores máximos admitidos para os metais Cobre (Cu) e Zinco, que mesmo sendo micronutrientes, podem ser tóxicos em altos teores.

Tabela 3.11 Limites máximos admitidos em fertilizantes orgânicos de acordo com o Anexo V da Instrução Normativa nº 27 de 5 de junho de 2006

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo (mg/kg)	200,00
Mercúrio (mg/kg)	1,00
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1,00
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência em 10g de matéria seca

Fonte: MAPA, 2012a

Pereira Neto (2010) definiu, em 2007, como fertilizante orgânico o produto final da compostagem que satisfaz à legislação em termos de concentração de nutrientes, exigidas pelas normas brasileiras. O autor define adubo orgânico como o produto final da compostagem que não necessariamente atende a todas as especificações em relação à concentração de nutrientes.

Entretanto, segundo Pereira Neto (2010, em 2007), tanto o adubo quanto o fertilizante orgânico exercem profundos efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, resultando por sua vez no aumento da produtividade vegetal.

3.5.3.7 Composto como produto da compostagem: aplicação e qualidade do composto

A aplicação de fertilizantes químicos para a recomposição da fertilidade natural do solo pode determinar efeitos adversos ao solo, aos recursos hídricos, a diversos organismos e até mesmo ao ser humano (CAMARGO; ALLEONI; BERTON, 2006; em 2008, MASSUKADO, 2010).

Neste contexto, a utilização de composto de resíduo sólido doméstico pode ser uma alternativa interessante. Apresenta-se como uma fonte de retorno de nutrientes, já que a matéria prima para a produção do composto foi, em sua maioria, originária do descarte de animais, vegetais e outros produtos, que foram consumidos pela população e originárias das camadas superficiais do próprio solo (em 2002, SILVA et al., 2012). Além disto, é um material que pode ser acessível localmente, menos oneroso financeiramente e menos agressivo ao ambiente (em 2008, MASSUKADO, 2010).

Um dos primeiros fatores que deve ser considerado no uso de composto da agricultura é o grau de estabilização do produto obtido (Tabela 3.12).

Observando a Tabela 3.12 é importante ressaltar que o uso do composto maturado, humificado, para hortaliças depende do tipo e a origem do resíduo sólido orgânico utilizado no processo de compostagem.

Tabela 3.12 Proposta de classificação do composto em função do uso agrícola

Produto	Características	Uso Agrícola
Matéria orgânica crua	Matéria Prima que pode ser transformada em composto. Material crua que ainda não entrou em decomposição. Ainda não é composto.	Não é recomendável para uso direto na agricultura. Pode ser aplicado a culturas que suportam o processo de compostagem superficial, método Mulch de compostagem.
Composto imaturo	Matéria orgânica em decomposição parcial. Ainda possui alta relação C/N.	Pode ser aplicado em culturas perenes, em covas de plantas arbóreas. Quando colocado no solo é recomendado aguardar um tempo para depois semear.
Composto semicurado ou bio-estabilizado	Composto com relação C/N igual ou menor que 18:1, pH acima de 6 e que permaneceu por um bom período na fase termofílica.	Pode ser aplicado no fundo do sulco de plantio juntamente com sementes ou em contato com as raízes das mudas transplantadas.
Composto maturado, humificado	Composto altamente estabilizado, tendo produzido húmus e sais minerais.	Pode ser utilizado para o preparo de substratos para vasos, canteiros de sementeiras de flores e hortaliças.

Fonte: Baseado em Kiehl (1998); Massukado (2010, em 2008)

A qualidade do composto geralmente depende do resíduo utilizado no processo de compostagem, que pode ser determinado pelo conteúdo e qualidade dos componentes orgânicos, umidade, tamanho de partículas, concentração de N, pH e condutividade (KIEHL, 1998).

A qualidade do composto orgânico produzido depende basicamente de três fatores: a característica da matéria-prima, o tipo de sistema de compostagem e a eficiência do controle operacional (PEREIRA NETO, 1999).

A compostagem como um processo de tratamento e reciclagem deve gerar um produto final estabilizado, humificado e seguro para o uso. Dependendo da qualidade do composto, este poderá ser indicado para diversos usos (PEREIRA NETO, 1999; 2010, em 2007):

- horticultura;
- fruticultura;
- floricultura;
- produção de grãos,
- programas de paisagismo, parques, jardins e *play-grounds*;
- reflorestamento;
- hortos e produção de mudas;
- recuperação de solos exauridos;
- controle de erosão;
- proteção de encostas e taludes;
- cobertura de aterro, e,
- produção de fertilizantes organo-minerais, etc.

O nível de qualidade final do composto irá depender do seu propósito de uso. Por exemplo, para a agricultura orgânica os níveis aceitáveis de contaminantes devem ser mais restritivos que aqueles estabelecidos para a cobertura de aterros sanitários.(em 2008, MASSUKADO, 2010).

Segundo Tenório; Espinosa (2009) o composto de resíduo sólido doméstico não alcança o teor de macronutrientes como os fertilizantes químicos. Contudo o composto pode ser uma fonte

de nutrientes a longo prazo, pode melhorar a estrutura física do solo devido ao seu alto teor de matéria orgânica; aumentar sua capacidade de retenção de água, adsorção de nutrientes catiônicos (incremento na capacidade de troca de cátions -CTC) e resistência das plantas a doenças. Pode, além disto, regular o pH em solos ácidos (KIEHL, 1998; em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011).

Ainda assim, o composto com composição inadequada para aplicação agrícola de produtos comestíveis, pode ser utilizado: em áreas de reflorestamento, no cultivo de plantas ornamentais, plantas têxteis (KIEHL, 1998), para o cultivo de vegetais em áreas contaminadas, solos estéreis, voçorocas e cobertura de aterros (PEREIRA NETO, 1999).

Vale destacar que o processo de compostagem (aeróbia) não gera chorume, reduz o impacto gerado por gases de efeito estufa (quando aterrado) e o produto obtido pode ser relativamente inerte, ainda que o composto não possa ser utilizado para fins agrícolas. De qualquer maneira, deve-se atentar para as condições sanitárias necessárias de acordo com o uso a ser dado ao composto.

3.5.3.8 Fatores que interferem na qualidade do composto

Segundo Kiehl (1998, p. 125):

"A preocupação com o emprego, na agricultura, de certos materiais orgânicos contendo elementos químicos considerados tóxicos é pelo fato das plantas além de assimilarem elementos essenciais à sua nutrição, absorverem também esses componentes, os quais se deslocam das raízes para as partes comestíveis do vegetal, tornando-os danosos tanto para as próprias plantas como para o homem e os animais que delas se alimentarem."

O composto oriundo de resíduo sólido urbano deve ser analisado antes que seja utilizado com condicionador de solos ou fertilizante orgânico na agricultura. As características desse

produto reflete: os conteúdos do resíduo sólido urbano que o originou; o seu grau de segregação e a qualidade do processo de compostagem. O resíduo sólido urbano possui uma composição bastante variada, já que está ligada às características sociais, econômicas e culturais da população que habita as localidades nas quais o resíduo sólido foi gerado (em 2002, SILVA et al., 2012).

As restrições quanto à aplicação agrícola do composto oriundo de resíduo sólido urbano está associada à presença de elementos potencialmente tóxicos, de agentes patogênicos e de compostos orgânicos persistentes. A quantidade, ou teor, dessas substâncias ou agentes patógenos deve ser reduzida para que a aplicação desse material no solo seja segura (CAMARGO; BERTON, 2006).

A presença, em concentração mais elevada que certos limites, destes elementos potencialmente tóxicos e agentes patogênicos, pode incorrer no risco de contaminar os recursos naturais e/ou gerar diversos problemas de saúde pública (em 2002, SILVA et al., 2012; CAMARGO; BERTON, 2006).

No resíduo sólido doméstico, metais pesados podem ser encontrados em diversos materiais industrializados coloridos (borrachas, tecidos, cerâmicas, vidros coloridos, couros, papéis de propaganda e revistas; produtos de limpeza e sanitários; lâmpadas, pilhas, baterias e outros materiais eletrônicos) (KIEHL, 1998). As pilhas de baterias podem conter: mercúrio, cádmio e zinco; tintas: cromo, chumbo e cádmio; papel: cádmio e zinco; e, cosméticos: cádmio e zinco (em 2008, MASSUKADO, 2010).

Fatores importantes que devem ser considerados com relação à presença de metais pesados no composto são a fitodisponibilidade e a mobilidade destes metais para as diferentes culturas e condições do solo onde é aplicado (em 2002, SILVA et al., 2012). Ainda assim, mesmo que o composto seja aplicado em culturas não alimentícias, é necessário levar em consideração o risco potencial do acúmulo desses metais no solo, ar, águas superficiais, sedimentos e nas águas subterrâneas (em 2002, SILVA et al., 2012; CAMARGO; BERTON, 2006).

O resíduo sólido urbano reúne diferentes fontes de resíduo que podem conter organismos patogênicos (INÁCIO; MILLER, 2009). Por exemplo, papéis higiênicos, fraldas, fezes de animais,

etc.

Além disto, o resíduo sólido orgânico segregado pode conter organismos indesejáveis que podem causar doenças ou serem potencialmente tóxicos ao ser humano, a animais, ou mesmo serem fitopatógenos (KIEHL, 1998; INÁCIO; MILLER, 2009). Estes organismos indesejáveis podem crescer e se reproduzir na matéria orgânica, estabilizada ou não. Geralmente contaminam e sobrevivem em resíduo orgânico manipulado, como restos de alimentos, ou que tiveram contato com fezes de animais domésticos, no caso do resíduo de jardins (INÁCIO; MILLER, 2009).

Lima (2004) apresenta o tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos no resíduo sólido, Tabela 3.13, do qual ressalta a elevada resistência e tempo de sobrevivência de alguns em meio ao resíduo.

Tabela 3.13 Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos no resíduo sólido urbano

Organismo	Tempo (dias)
<i>Salmonella typhi</i>	29-70
<i>Entamoeba histolytica</i>	8-12
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2000-2500
<i>Leptospira Interrogans</i>	15-43
<i>Polio virus</i>	20-170
<i>Bacilo tuberculose</i>	150-180
Larvas de vermes	25-40

Fonte: K. F. Suberkropp & M. J. Klug apud Lima (2004)

A presença e a quantidade destes organismos indesejáveis varia grandemente com a saúde da população que gera o resíduo, como este é tratado (em 2002, SILVA et al., 2012) ou como é segregado na fonte.

O processo de compostagem termofílica pode determinar a eliminação ou redução a níveis seguros destes diversos organismos patogênicos no composto final. A presença de patógenos no composto indica que ocorreu um processo deficiente de compostagem do resíduo sólido (em 2002, SILVA et al., 2012; INÁCIO; MILLER, 2009).

Observa-se por meio da Tabela 3.14 que a inativação ou morte de cada organismo patogênico depende de uma combinação de valores de temperatura e tempo de exposição. Verifica-se, ainda, por meio da Tabela 3.14, que a maioria dos organismos patogênicos são destruídos rapidamente quando em todas as partes da leira (ou pilha) de compostagem são submetidos a temperaturas próximas a 55 °C. Apenas alguns organismos sobrevivem por pouco tempo quando submetidos a temperaturas superiores a 67 °C. Ocorre eliminação total dos organismos patogênicos quando a leira de compostagem atingir a temperatura de 70 °C por uma a duas horas (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

Tabela 3.14 Temperaturas e tempo de manutenção requeridos para a destruição de alguns organismos patogênicos comuns e parasitas

Organismo	Observações
<i>Salmonella typhosa</i>	Nenhum crescimento acima de 46 °C; morte em 30 min. a 55-60 °C; destruição em pouco tempo no ambiente de compostagem
<i>Salmonella sp.</i>	Morte em 1 hora a 55 °C e em 15-20 min. a 60 °C
<i>Shigela sp.</i>	Morte em 1 hora a 55 °C
<i>Escherichia coli</i>	Maioria morre em 1 hora a 55 °C e em 15-20 min. a 60 °C
<i>Entamoeba histolytica</i> (cistos)	Morte em poucos minutos a 45 °C e em poucos minutos a 55 °C
<i>Taenia saginata</i>	Morte em alguns minutos a 55 °C
<i>Trichinella spiralis</i> (larvas)	Morte em alguns minutos a 55 °C e morte instantânea a 60 °C
<i>Brucella abortus</i> ou <i>Br. suis</i>	Morte em 3 min. a 62-63 °C e em 1 hora em 55 °C
<i>Micrococcus pyrogenes</i>	Morte em 10 min. a 50 °C
<i>Streptococcus pyrogenes</i>	Morte em 10 min. a 54 °C
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var. <i>hominis</i>	Morte em 15 a 20 min. a 66 °C, ou depois de picos de temperaturas de 67 °C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Morte em 45 min. a 55 °C
<i>Necatur americanus</i>	Morte em 50 min. a 45 °C
<i>Ascaris lumbricoides</i> (ovos)	Morte em 1 hora a 50 °C

Fonte: Gotaas (1956) apud TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL (1993)

No entanto, segundo Silva et al. (2012, em 2002), uma compostagem que garanta a eliminação de organismos patogênicos é difícil de ser conduzida de maneira adequada devido às condições ambientais e de manejo do processo de compostagem. Na própria leira há um gradiente

de temperatura que tende a diminuir de dentro para fora .

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006 (CONAMA, 2012) definiu "critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados". Destaca-se desta resolução que a compostagem é um processo indicado para a redução de patógenos, desde que a biomassa atinja uma temperatura mínima de 40 °C, durante pelo menos cinco dias, com ocorrência de um pico de 55 °C, ao longo de quatro horas sucessivas durante este período. Na compostagem confinada ou em leiras aeradas a biomassa deve-se passar três dias a 55 °C no mínimo e com a compostagem com revolvimento das leiras deve-se passar 15 dias a 55 °C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos cinco dias ao longo dos 15 do processo. Apesar destas resoluções terem sido estabelecidas para a compostagem de lodo de esgoto, podem ser um referencial para obtenção de um composto sanitariamente seguro, independente no método usado (INÁCIO; MILLER, 2009).

As leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC de compostagem), como apresentado no item 3.5.3.5, não prevê o revolvimento das leiras. Segundo Inácio; Miller (2009) a contínua adição de novas camadas de resíduo orgânico, determina um elevado período de exposição dos agentes patogênicos a temperaturas termofílicas (Figura 3.5). Além disto, a construção das leiras com espessas paredes formadas com aparas de grama com a mistura de elevada proporção de aparas de madeira ou podas com o resíduo sólido orgânico em camadas garante o suprimento de oxigênio necessário para a manutenção de temperatura ao longo do perfil da leira (em 2009, TEIXEIRA, 2012; em 2009, INÁCIO et al., 2012; INÁCIO; MILLER, 2009).

Verifica-se por meio da Tabela 3.15 que o tempo de sobrevivência de alguns organismos patogênicos no solo e nas plantas, em que se observa que apenas os helmintos apresentam um tempo de sobrevivência maior principalmente no solo, já que este local faz parte de seu ciclo vital. Desta forma, os organismos patogênicos que sobrevivem à compostagem, têm ainda que sobreviver no solo, que de maneira geral corresponde a um ambiente externo ao seu hospedeiro e repleto de outros micro-organismos extremamente adaptados a esse sistema.

Tabela 3.15 Tempo de sobrevivência de diversos tipos de patógenos no solo e nas plantas

Patógeno	Solo		Planta	
	Tempo máximo	Tempo médio	Tempo máximo	Tempo médio
Bactérias	1 ano	2 meses	6 meses	1 mês
Vírus	6 meses	3 meses	2 meses	1 mês
Protozoários	10 dias	2 dias	5 dias	2 dias
Helmintos	7 anos	2 anos	5 meses	1 mês

Fonte: Page et al. (1983) apud SILVA et al. (2012)

A presença de material inerte ou mesmo contaminantes é um fator importante que também interfere na qualidade do composto (KIEHL, 1998; PEREIRA NETO, 1999; em 2005, BARREIRA, 2012; em 2008, MASSUKADO, 2010; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

Fragmentos de vidro, cerâmica, louça, plásticos e outros materiais inertes determinam um impacto visual negativo, proporcionando a sensação de produto de má qualidade, interferindo na qualidade agrônômica do composto, em seu valor comercial, podendo tornar-se até um obstáculo para sua venda (KIEHL, 1998).

Os compostos orgânicos persistentes, como: hidrocarbonetos poliaromáticos, hidrocarbonetos alifáticos clorados, dentre outros, podem estar presentes no resíduo sólido orgânico que serão recebidos para compostagem. Estes são oriundos de resíduo de agrotóxicos, constituintes de combustíveis e lubrificantes, solventes e detergentes, por exemplo. A composição e estrutura químicas destes compostos orgânicos são fatores importantes que definem o grau de recalcitrância (não biodegradação), sendo que algumas moléculas não podem ser transformadas no processo de compostagem ou mesmo podem impedir o crescimento microbiano. Alguns destes compostos são comprovadamente carcinogênicos (INÁCIO; MILLER, 2009).

Silva et al. (2012) apresentaram em 2003 critérios para o uso adequado de composto de resíduo sólido urbano em solos agrícolas no estado de São Paulo:

- a condutividade elétrica deve ser inferior a 4 deciSiemens por metro (dS/m); o

acompanhamento deste critério, que indica a quantidade de sais solúveis presentes na solução do solo, está ligado à preocupação quanto ao risco de salinização do solo;

- o solo deve ter pH superior a 5,5 e o composto deve ter pH com valor superior a 6,5;
- o composto não deve conter material inerte como agulhas; lâminas de barbear, pregos, vidros, pilhas, etc.;
- as propriedades físicas devem ser monitoradas como a estabilidade de agregados e a condutividade hidráulica;
- o nível do lençol freático no local de aplicação, deve ser superior a 1,5 metros na época de aplicação;
- a relação carbono/ nitrogênio (C/N) deve ser inferior ou igual a 18, este fator indica o estado de maturação do composto, já que valores superiores a 18 pode levar à imobilização de nitrogênio no solo; e,
- os autores recomendam manter uma distância de proteção na aplicação de resíduo urbano, mantendo a distância de 70 metros de núcleos habitacionais ou edificações, 15 metros dos limites da propriedade ou de vias públicas e 200 metros de cursos de água ou lagos.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a partir de 2005, deu obrigatoriedade ao registro de fertilizantes comercializados, incluindo o composto de resíduo sólido urbano, estabelecendo padrões de qualidade para os mesmos (ABREU Jr.; PIRES; COSCIONE, 2009). Verifica-se por meio da Instrução Normativa nº 27 (IN 27) os valores máximos admitidos para elementos potencialmente contaminantes como os metais pesados arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), níquel (Ni) e selênio (Se) e para os agentes patogênicos: coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella sp.*- ver item 3.5.3.6 (MAPA, 2012a).

Destaca-se de Silva et al. (2012, em 2002) os teores máximos admitidos para os metais pesados zinco (Zn), 500 miligramas (mg) por quilograma (kg) de composto, e para o cobre (Cu), 1500 miligramas (mg) por quilograma (kg) de composto, já que estes valores não foram estabelecidos na IN 27 (MAPA, 2012a).

Diante deste panorama, verifica-se que a condição mais importante para se obter um

composto de qualidade a partir do resíduo sólido doméstico é por meio da separação adequada da fração orgânica. Esta preocupação foi considerada por causar menos problemas ambientais e de saúde pública (em 2002, SILVA et al., 2012; BARREIRA et al., 2009; INÁCIO; MILLER, 2009). Essa segregação na fonte, deve estar associada a uma coleta seletiva do resíduo sólido orgânico, além de campanhas informativas e educativas eficientes.

Desta forma, pode-se obter um produto (composto) de qualidade adequada para o uso agrícola (BARREIRA et al., 2009). Ainda assim, é importante a realização periódica de análises químicas, físicas e biológicas do composto, além de um controle do processo principalmente para compostagem em média e grande escala.

3.5.3.9 Taxa de aplicação do composto

É prática comum, segundo Kiehl (1985), aplicação do fertilizante orgânico, ou composto, em cobertura, ou seja esparramado pela superfície do solo ou aplicado no sulco do plantio, na região explorada pelas raízes. As maneiras de aplicação do fertilizante orgânico depende de diversos fatores como o espaçamento e tipo de cultura a ser fertilizado.

As dosagens a serem empregadas, segundo Kiehl (1985), variam com o tipo de solo e sua fertilidade, com a cultura, o tipo de adubação, o custo do fertilizante, entre outros fatores. Kiehl (1985) descreve que é prática corrente se estimar o valor agrícola do composto e sua taxa de aplicação considerando-se o fornecimento de nutrientes. Assim, tomando por base as classificações de adubação feitas com fertilizantes minerais tem-se: adubação "fraca", quando se aplica de 30 a 60 kg dos nutrientes N-P₂O₅ ou K₂O por hectare; adubação "média", de 60 a 90 kg dos nutrientes por hectare; e, adubação "pesada" entre 90 a 120 kg dos nutrientes por hectare ou mais, por nutriente.

Conhecendo-se a composição química do fertilizante orgânico composto, segundo Kiehl (1985) pode-se fazer uma estimativa da dosagem a ser empregada. Assim, considerando por

exemplo, um composto com percentagem de N-P-K iguais a 1,0 %-0,6 %-0,8 %, respectivamente, verifica-se por meio da Tabela 3.16, os teores nutricionais correspondentes a diferentes dosagens.

Tabela 3.16 Teor de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) para diferentes dosagens considerando um fertilizante orgânico com percentagem de N-P-K iguais a 1,0 %-0,6 %-0,8 %, respectivamente

Dosagens	kg de N	kg de P ₂ O ₅	kg de K ₂ O	Soma
10 t/ha	100	60	80	240
15 t/ha	150	90	120	360
20 t/ha	200	120	160	480
25 t/ha	250	150	200	600
30 t/ha	300	180	240	720

Fonte: Kiehl (1985)

Segundo Kiehl(1985), o fertilizante orgânico, ou composto, possui baixa concentração em nutrientes , devendo desta forma ser empregado em maiores doses que os minerais. Diversos autores sugerem inclusive a mistura do composto com formulações de fertilizantes minerais para aumentar a concentração de nutrientes, ampliando a assimilação dos mesmos pelas raízes das plantas (KIEHL ,1985; em 2002, SILVA et al., 2012).

Kiehl (1985) descreve dois tipos de adubação: a fundamental e complementar. A adubação fundamental é aquela feita ao se instalar a cultura, no primeiro ano de plantação. A adubação complementar acontece depois da cultura estar instalada, podendo ser anual ou periódica, quando em anos alternados ou espaçados.

Kiehl (1985) considera ser preferível a aplicação de doses constantes de fertilizante orgânico. De acordo com Kiehl (1985), verificou-se experimentalmente que a taxa de mineralização do nitrogênio era de 50 % no primeiro ano, 10 % no segundo e 5 % nos dois anos seguintes, resultando quantidades decrescentes de nitrogênio mineralizado por período. Portanto, seguindo o exemplo dado pelo autor é preferível a aplicação de doses menores anualmente (com taxa de mineralização de 50 % a cada aplicação), a aplicações "pesadas" e espaçadas, por exemplo a cada quatro anos.

Kiehl (1998) ressalta que além da avaliação do composto quanto aos teores de NPK, é importante levar em consideração a percentagem de matéria orgânica e de outros nutrientes que o composto retém e os disponibiliza continuamente como: cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, cobre, manganês, molibdênio, boro e cloro.

De acordo com Silva et al. (2012), a dose equivalente de nitrogênio a ser aplicada como composto de resíduo sólido orgânico deve ser inferior ou igual a 305 kg/ha para não oferecer risco de contaminação por NO_3 através da percolação no perfil de solo (em 2001, OLIVEIRA et al., 2012).

Silva et al. (2012) apresentaram, em 2002, a resposta em produção relativa de diversos grupos de cultura testadas utilizando composto de resíduo sólido urbano, verificando que a resposta em produção relativa de cada grupo de culturas testadas ao composto de resíduo sólido urbano foi diretamente relacionada a quantidade de fósforo (P) e potássio (K) aplicada na forma de composto e proporcional aos teores desses elementos no próprio solo.

Segundo, Camargo; Berton (2006, p.60):

" Um problema sério associado à disposição de resíduos em solos, de modo geral, é o fato de eles serem produzidos de forma contínua. Para a disposição de cada resíduo, existem problemas específicos que devem ser levados em conta no planejamento feito para cada solo, local, cultura; do contrário, a capacidade de suporte do solo será excedida e se comprometerá uma das mais importantes reservas da natureza."

Assim, a aplicação do composto de resíduo sólido doméstico deve ser feita de forma racional e com precaução para que se promova um real benefício ao sistema solo-planta. Neste sentido, é importante fazer uma série de avaliações para se verificar o potencial para uso na agricultura (CAMARGO; BERTON, 2006; em 2008, MASSUKADO, 2010).

Deve-se avaliar as características químicas, físicas e biológicas do composto. A análise química poderá indicar o nível nutricional que o composto pode fornecer às plantas. Permite

verificar o nível de neutralização do pH do solo. A análise do teor de matéria orgânica permite verificar se o composto irá aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, se irá melhorar suas propriedades físicas, como agregação, retenção de água, e se irá estimular os processos biológicos do solo (CAMARGO; BERTON, 2006).

Camargo; Berton (2006) sugerem ainda que após o estabelecimento das quantidades iniciais a empregar para algumas culturas, a etapa seguinte deve ser a avaliação da aplicação do composto em campo. Os ensaios, segundo os autores, devem ser programados para durar mais de cinco anos, para que se permita o estudo do acúmulo de substâncias potencialmente tóxicas, como metais pesados, e sua movimentação através do perfil. Os resultados obtidos, nesta etapa indicarão o tipo de monitoramento e as quantidades máximas anuais e acumuladas permitidas para determinado composto.

Do ponto de vista prático, verifica-se por meio da Tabela 3.17 algumas recomendações quanto ao uso do composto orgânico em covas, vasos ou em cobertura.

Alguns autores sugerem limites para aplicação de composto. Estas taxas podem variar de 10 a 15 t/ha (em 2007, PEREIRA NETO, 2010) a 25 a 100 t/ha (em 2005, BARREIRA, 2012).

Reis (2005) apud Massukado (2010) afirma que doses maiores que 120 t/ha de composto de resíduo sólido domiciliar devem ser aplicadas mediante o monitoramento dos teores de sódio (concentração salina), já que a não limitação dos teores de sódio pode indicar "aumento de pH, macro e micronutrientes, CTC e carbono orgânico bem como a diminuição da densidade e aumento da capacidade de retenção de água".

A quantidade aplicada deve ter um limite máximo para evitar perdas de nutrientes por lixiviação e por erosão superficial, assim como diminuir o risco de contaminação ambiental (ABREU Jr. et al., 2005 apud MASSUKADO, 2010)

De acordo com o artigo nº 17 da resolução CONAMA 375 (em 2006, CONAMA, 2012), um dos critérios adotados para definir a taxa de aplicação máxima em base seca anual de lodo de esgoto e produtos derivados não deve exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio

recomendada para a cultura (N recomendado em kg/ ha), segundo a recomendação agrônômica oficial do Estado, e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto ou produto derivado (N_{disp} em kg/ t) (Equação 2).

$$\text{Taxa de aplicação (t/ha)} = \text{N recomendado (kg/ha)} / \text{N}_{\text{disp}} \text{ (kg/t)} \quad (2)$$

Apesar deste cálculo ter sido estabelecido para lodo de esgoto e derivados, pode ser um referencial para obtenção da taxa de aplicação de composto de resíduo sólido doméstico.

Tabela 3.17 Recomendações de uso do composto orgânico na agricultura, na jardinagem e em vasos

Uso	Dosagem	
	No plantio	Em cobertura
Agricultura		
Coqueiro	8 a 10 litros/ cova	8 a 10 litros/ pé por semestre
Fruteiras	6 a 8 litros/ cova	3 a 5 litros/ pé por semestre
Pimenta-do-reino	8 a 10 litros/ cova	6 a 8 litros/ pé anual
Açaizeiro para fruto	5 a 8 litros/ cova	5 a 7 litros/ pé por semestre
Mamoeiro	6 a 8 litros/ cova	8 a 10 litros/ pé anual
Maracujazeiro	4 a 5 litros/ cova	5 a 7 litros/ pé por semestre
Abóbora e pepino	2 a 5 litros/ cova	
Melanciaira	3 a 5 litros/ cova	8 a 10 litros/ pé por semestre
Abacaxizeiro	3 a 4 litros/ cova	1 a 2 litros/ pé por semestre
Pimentão e pimenta-de-cheiro	3 a 5 litros/ cova	1 a 2 litros/ pé na frutificação
Hortaliças de folhas largas	10 a 20 litros/ m ²	
Jardinagem		
Gramados	5 a 8 litros/ m ²	2 a 3 litros/ m ² por semestre
Plantas interiores	4 a 5 litros/ m ²	2 a 3 litros/ m ² por semestre
Arbustos	3 a 5 litros/ cova	2 a 3 litros/ pé por semestre
Vaso		
Vaso pequeno (1 litro)	0,2 a 0,3 litros/ vaso	0,1 a 0,2 litros/ vaso por semestre
Vaso médio (2,5 litros)	0,4 a 0,6 litros/ vaso	0,2 a 0,3 litros/ vaso por semestre
Vaso grande (5 litros)	0,8 a 1,2 litros/ vaso	0,2 a 0,3 litros/ vaso por semestre

Obs: Cada litro de composto orgânico equivale a 0,7 kg

Fonte: Teixeira; Germano; Oliveira; Furlan Júnior (em 2002, 2012)

Verifica-se portanto que a taxa de aplicação de composto depende de diversos fatores como a qualidade do composto, tipo de cultura e de solo onde será aplicado. Recomenda-se assim a realização periódica de análises químicas, físicas e biológicas do composto, além da avaliação da aplicação do composto em campo.

3.6 GESTÃO/GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO

A adoção de um sistema de manejo adequado e integrado do resíduo sólido gerado com o intuito de assegurar uma contínua melhoria no saneamento ambiental e na qualidade de vida, é uma necessidade mundial (Teixeira, 2009).

No Brasil, de acordo com a Constituição Federal de 1988, artigo 30, cabe ao poder público local a competência pelos serviços de limpeza pública, incluindo-se a coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2012a). Desta forma, cumpre ao município legislar, gerenciar e definir o sistema de saneamento básico local, assim como a instituição e arrecadação de tributos de sua competência (TENÓRIO; ESPINOSA, 2009).

Estas atividades desempenhadas pelo poder público municipal envolvem, portanto, a gestão e o gerenciamento do resíduo sólido urbano.

Teixeira (2009, p.28) destaca que gestão e gerenciamento correspondem a práticas diferentes. De forma simplificada, define gestão como “a política a ser seguida, com o estabelecimento de metas e diretrizes” e gerenciamento como “o conjunto de ações a serem seguidas como forma de se alcançar a gestão definida”.

Gerenciamento integrado pode ser definido como o conjunto de ações articuladas que envolvem desde a geração do resíduo, seu manejo, coleta, tratamento e disposição (TEIXEIRA; BIDONE, 1999; TENÓRIO; ESPINOSA, 2009).

Teixeira (2009) aponta que historicamente, na gestão e no gerenciamento de resíduo era dada mais atenção à disposição final, seguida pelo tratamento e nenhuma atenção à minimização. Contudo, de acordo com a autora, no Brasil, após a Conferência das Nações Unidas de 1992, ECO 92, esta concepção foi invertida, e portanto a atenção deveria ser voltada inicialmente à minimização, ou seja, redução na fonte ou prevenção, reutilização e reciclagem, seguida de tratamento e por último a disposição final.

Para se ter um sistema de gestão e gerenciamento de resíduo baseado em princípios de minimização, é necessário, segundo Teixeira (2009), a garantia de uma sustentação política para assegurar sua viabilidade.

Entretanto, gestores de diversos municípios adotam uma postura distorcida encarando a questão da produção de resíduo como um desafio técnico no qual se deseja uma receita política que aponte eficiência operacional e equipamentos especializados (ZANTA; FERREIRA, 2003).

Neste sentido, para que seja atingido os princípios de minimização, tratamento e disposição adequados para todos os tipos de resíduos, é necessário destacar a importância das questões políticas, econômicas, sociais, trabalhistas, ambientais e de saúde, além das questões técnicas específicas sobre resíduo. Além disto, é necessário a articulação de lideranças da sociedade e entidades importantes na comunidade com vários níveis de governo, buscando desta forma garantir a continuidade das ações, seus recursos e identificando tecnologias e soluções adequadas à realidade local (em 2001 STREB, 2010b; em 2001 IBAM, 2010; ZANTA; FERREIRA, 2003, TEIXEIRA 2009).

3.7 TRATAMENTO/DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

Os municípios devem analisar formas de tratamento simplificadas eficientes e sanitariamente adequadas, levando em consideração as características básicas do resíduo, evitando assim, custos elevados para seu tratamento (em 2005, BARREIRA, 2012).

Diversos autores apresentam a compostagem como uma alternativa para o gerenciamento do resíduo sólido para tratar a fração orgânica e reduzir a quantidade de resíduo encaminhada para aterros sanitários, aterros controlados ou lixões (INÁCIO, 1998; TENÓRIO; ESPINOSA, 2009; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009; em 2008, MASSUKADO, 2010; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Segundo, Pereira Neto (1999), os municípios de Minas Gerais apresentam um potencial de reciclagem superior a 85%, com o maior percentual para matéria orgânica, superior a 60%. Pereira Neto (1999) generaliza que para municípios de pequeno porte (com no máximo 10.000 habitantes), o potencial de reciclagem pode ser superior a 70%.

Nagle (2010) citou em 2004, que a prática de compostagem do resíduo de podas de árvores e capinação era realizada no aterro sanitário Delta A em 2002. A matéria orgânica obtida passou a ser utilizada para a cobertura do aterro e para jardins públicos do município (NAGLE, 2010).

Teixeira (2009) apresentou o potencial de minimização do resíduo sólido doméstico em termos de matéria orgânica e embalagens em trabalhos realizados na UNICAMP. Estes estudos foram realizados com 60 residências em Barão Geraldo, distrito de Campinas, em 1996 (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000), e posteriormente expandiu-se para os municípios de Campinas, Valinhos e Vinhedo, em que foram analisadas 30 residências em cada município entre 2003 e 2004. Nestes trabalhos verificou-se um elevado potencial de minimização em termos de matéria orgânica, em torno de 60%. Deste percentual, 16 a 18 % representavam o potencial de redução na fonte com a possível diminuição do desperdício de matéria orgânica e 40 % correspondendo o material que poderia ser compostado.

O tratamento de resíduo orgânico pode ser realizado em unidades centralizadas ou descentralizadas. As unidades centralizadas correspondem: às unidades de triagem e compostagem, conforme terminologia adotada por Pereira Neto (1999); às usinas de triagem e compostagem (IPT/CEMPRE, 2000, BARREIRA et al., 2009), ou mesmo, às usinas de

compostagem (TENÓRIO; ESPINOSA, 2009). Estas unidades centralizadas geralmente possuem infraestrutura para produzir composto em média e grande escala.

As unidades descentralizadas de compostagem possuem infraestrutura para tratar o resíduo sólido em pequena e média escala. A compostagem caseira, ou doméstica, pode ser considerada como um tipo de compostagem descentralizada, segundo Massukado (2010, em 2008).

Ali (2011, em 2004) e Massukado (2010, em 2008) apresentam os diversos atores (ou "stakeholders") que podem estar envolvidos no desenvolvimento das unidades de compostagem. Estes atores possuem distintos objetivos de acordo com suas áreas de atuação:

- os governos e autoridades locais buscam, por exemplo, alternativas para reduzir a disposição de resíduo sólido urbano em aterros sanitários;
- universidades e centros de pesquisa desenvolvem ou melhoram tecnologias, propõem novos modelos de gestão e gerenciamento e avaliam a qualidade do composto produzido;
- as organizações não governamentais (ONG) apresentam soluções para a gestão e gerenciamento do resíduo e criam novas oportunidades de emprego;
- empresas privadas, atentas às oportunidades de mercado e ao lançamento de novas tecnologias, buscam novas ideias para aumentar seus ganhos; e,
- agências reguladoras têm a responsabilidade pelo estabelecimento de normas, leis, etc. buscando sempre a conservação do ambiente.

Além disto, deve-se considerar o papel da comunidade local, que pode fornecer: força de trabalho para administrar ou conduzir as atividades das unidades de compostagem e o resíduo sólido que pode ser tratado e disposto de forma ambientalmente adequada.

Há diversos modelos de gestão/gerenciamento de resíduo sólido orgânico e parcerias de negócios. Verifica-se por meio da Tabela 3.18 um esquema de quatro opções, ou modelos, de gestão/gerenciamento de unidades de compostagem que foram identificados pelos principais atores: administração municipal, comunidade local, organizações não governamentais (ONG's) ou empresas privadas. Todos os modelos apresentados são baseados em algum grau de parceria

entre esses atores. A escolha pelos diferentes graus de parcerias depende de diversos fatores: condições locais, características culturais (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011), tamanho e localização da área disponível, mão-de-obra, estoque de matéria-prima, experiências anteriores, custos, empréstimos, métodos financeiros e interesses políticos (em 1994, USEPA, 2012).

Destaca-se da Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 - PNRS - (BRASIL; 2012c) por meio do artigo 36 item V, que cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduo sólido o desenvolvimento de um sistema de compostagem para o resíduo sólido orgânico e a articulação com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido. De acordo com a PNRS (BRASIL; 2012c, p.3) esta ação deve ser realizada no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que é definida como o:

"conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (...);"

Assim, verifica-se por meio da PNRS (BRASIL, 2012c) que a gestão e gerenciamento de sistemas de compostagem são atribuídas ao poder público, representado pelos titulares dos serviços públicos de manejo de resíduo sólido, associados a outros atores que tem responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: empresários (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes) e consumidores.

Independente do tipo de unidade centralizada ou descentralizada, o processo de compostagem é ainda pouco utilizado em programas municipais de gerenciamento de resíduo sólido doméstico no Brasil. Dentre os motivos apresentados, destaca-se: a dificuldade de se obter o material compostável já separado na fonte geradora; a insuficiência de manutenção do processo; o preconceito com o produto; a carência de investimentos e de tecnologia adequada para a coleta deste tipo de material (em 2008, MASSUKADO, 2010). O preconceito não é somente com o produto (composto), mas também com o processo dificultando a instalação das

unidades de compostagem.

Tabela 3.18 Modelos de gestão/gerenciamento de unidades de compostagem

Modelo	Características	Principais Atores	Papel do Poder Público Municipal	Vantagens	Obstáculos
Poder Público Municipal	Poder público é proprietário e operador da unidade de compostagem		Introduzir a compostagem na gestão municipal do resíduo sólido	A compostagem reduz a quantidade de resíduo a ser transportada e aterrada	Restrição econômica devido à baixa prioridade dada aos projetos ambientais
	Foca a redução dos resíduos a serem dispostos em aterros sanitários	Administração municipal	Designar uma secretaria responsável pela compostagem, providenciar local e propor um sistema de coleta	O município ganha um condicionador de solo para usar em áreas verdes	Eficiência operacional da compostagem pode não ser o foco principal
	Redução de gastos devido a menores custos de transporte e disposição		Prover recursos financeiros		
Poder Público Municipal e comunidade	Poder público é proprietário da unidade de compostagem, mas quem opera é a comunidade	Administração municipal	Introduzir a compostagem na gestão municipal do resíduo sólido	Alivia o encargo municipal por meio da introdução da comunidade e ONG's no gerenciamento da compostagem	Ausência de interesse por parte da comunidade
	Não visa lucro	Comunidade local ONG	Designar uma secretaria responsável pela compostagem, providenciar local e propor um sistema de coleta	Geração de novos empregos na comunidade	Necessidade de um líder da comunidade
	Redução de custos devido a menores custos de transporte e disposição		Prover recursos financeiros		Gerenciamento mais complexo
Poder Público Municipal e Iniciativa Privada	Poder público é proprietário da unidade de compostagem, mas quem opera é a iniciativa privada	Administração municipal	Introduzir a compostagem na gestão municipal do resíduo sólido	Alivia o encargo municipal por meio da introdução da iniciativa privada no gerenciamento da compostagem	Ausência de interesse por parte da iniciativa privada
	Busca o lucro	Sector Privado	Designar uma secretaria responsável para fiscalizar o desempenho dos contratados	Contratos transparentes garantem uma parceria saudável	
	Requer cobertura dos custos por meio da cobrança de taxas e venda de composto	ONG	Contratar a operação e manutenção	Geração de novos empregos	
Iniciativa Privada	Iniciativa privada é proprietária e operadora da unidade de compostagem		Introduzir a compostagem na gestão municipal de resíduos sólidos	Alivia o encargo municipal por meio da introdução da iniciativa privada no gerenciamento da compostagem	Deficiência de um mercado para o composto
	Busca de lucro	Sector Privado	Cooperar no suprimento de matéria prima e disposição final do resíduo	Contratos transparentes garantem uma parceria saudável	
	Renda geralmente provém da cobrança de taxas e venda de composto			Geração de novos empregos e possibilidade de negócios	

Fonte: Rothenberger (2011, em 2006); Massukado (2010, em 2008)

3.7.1 Unidades de triagem e compostagem centralizadas

As unidades centralizadas de compostagem são dimensionadas para tratar elevada quantidade de resíduo sólido, possuindo infraestrutura para produzir composto em média e grande escala. Geralmente, nestas unidades o resíduo sólido chega "misturado", ou seja, sem segregação na fonte. Neste caso, uma central de triagem faz parte da unidade e tem papel fundamental no tratamento do resíduo. Assim, de acordo com Barreira (2012, em 2005), o material orgânico oriundo do resíduo sólido doméstico ou urbano é separado do material inerte (vidro, plástico, metal, etc.) e levado a locais apropriados (pátio de compostagem, silos, tambores rotativos) para sofrer o processo de degradação controlada para a produção do composto.

Diferentes termos são utilizados para designar as unidades centralizadas de compostagem que incluem uma central de triagem do resíduo sólido urbano ou doméstico. Em IPT/CEMPRE (2000) e ,em 2005, Barreira (2012) o termo utilizado é usina de triagem e compostagem; em PROSAB (2012) e Silva; Mendes; Barreira (2009) denomina-se simplesmente usina de compostagem; e, em 2007, Pereira Neto (2010) prefere utilizar o termo unidade de triagem e compostagem. Além disto, Pereira Neto (2010) utiliza o termo unidade de compostagem para denominar o local de tratamento do resíduo sólido urbano segregado na fonte. Neste sentido, para o presente trabalho, optou-se por manter o termo utilizado preferencialmente por cada autor.

Destaca-se como pontos positivos das usinas de triagem e compostagem:

- a não necessidade de alteração do sistema convencional de coleta, apenas a mudança no destino do caminhão que passa a parar na usina, ao invés de seguir direto para o antigo local de despejo, em locais onde não há segregação de resíduo na fonte (IPT/CEMPRE, 2000);
- permite o aproveitamento da fração orgânica do resíduo pela compostagem e a separação do material reciclável (IPT/CEMPRE, 2000);
- significa uma economia no tratamento de efluentes (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009); e,
- possui um menor custo de operação comparando com o processo de incineração (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

Neste sentido, é importante salientar que, quando bem gerenciadas, as usinas de triagem e compostagem podem diminuir cerca de 50% ou mais a quantidade em massa de resíduo sólido urbano destinado aos antigos locais de despejo (aterros, lixões, etc.) aumentando assim sua vida útil (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009; TENÓRIO; ESPINOSA, 2009, IPT/CEMPRE, 2000).

Dentre os obstáculos para a instalação e desenvolvimento das usinas de triagem e compostagem destaca-se (IPT/CEMPRE, 2000; em 2005, BARREIRA, 2012, em 2008, MASSUKADO, 2010; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009):

- a necessidade de investimento inicial em equipamentos que irão construir a usina em função das diversas tecnologias existentes;
- a necessidade de investimento em treinamento de pessoal pela demanda por técnicos capacitados para operar a usina;
- a falta de coleta seletiva pode diminuir a qualidade do composto, e inviabilizar o aproveitamento de diversos materiais recicláveis;
- necessita de outras formas de disposição, já que corresponde a um método parcial de tratamento de resíduo;
- o processo de compostagem necessita de acompanhamento constante; e,
- é necessário a garantia da existência de amplo mercado para o composto.

Além disto, é importante ressaltar como obstáculo que a falta de segregação na fonte do resíduo sólido orgânico pode comprometer também a qualidade do composto pela presença de material inerte, de elementos potencialmente tóxicos, de agentes patogênicos e de compostos orgânicos persistentes (KIEHL, 1998, em 2002, SILVA et al., 2012, CAMARGO; BERTON, 2006).

Pode-se observar na Tabela 3.19 algumas das usinas de triagem e compostagem instaladas no Brasil. Verifica-se por meio desta Tabela 3.19 que uma quantidade significativa de usinas triagem e compostagem apresentadas estavam total ou parcialmente desativadas no período do levantamento, em 2003 (LIMA, 2004; em 2005, BARREIRA, 2012).

Pereira Neto (1999) considera que dentre os principais motivos do abandono de projetos de usinas de reciclagem e compostagem destacam-se: a utilização de tecnologias importadas; a má concepção dos projetos (usinas nacionais executadas com equipamentos eletromecânicos de má qualidade); o grande desconhecimento dos aspectos biológicos do processo, a falta de controle operacional satisfatório e a falta de qualificação técnica das equipes de trabalho.

Tenório; Espinosa (2009) destacam as causas de alguns problemas: "a falta de planejamento, tanto operacional quanto tecnológico, falta de conhecimento técnico (principalmente dos problemas e custos) e também a facilidade com que se obteve financiamento para este tipo de usina na década de 1980".

Enayetullah, Maqsood Sinha (2011), em 2001, e Ali (2011), em 2004, destacam situações semelhantes em países em desenvolvimento, como Bangladesh e Índia, em que experiências de compostagem centralizadas e mecanizadas das décadas de 70 e 80 tiveram encerradas suas atividades por falta de recursos para sua manutenção e operação.

Rothenberger et al. (2011, p.7) complementam, em 2006, que muitos esquemas de compostagem falharam também pela falta de mercado para o escoamento do composto e adoção de "modelos frágeis de negócios".

A grande difusão das usinas de triagem e compostagem nas décadas de 80 e 90 com o método de revolvimento de leiras no Brasil ocorreu pelo suposto baixo custo de implantação e simplicidade. Contudo, os custos operacionais do método foram maiores do que o esperado, houve dificuldade no controle de moscas, verificou-se uma elevada produção de chorume, emissão de odores fortes e frequentemente o produto final, composto, era inadequado para o uso agrícola, com baixo valor comercial e, às vezes, rejeitado pelos agricultores. Outro fator que dificultou a aceitação da compostagem por gestores de diversos municípios, segundo os autores, era a necessidade de grandes áreas (INÁCIO; MILLER, 2009). Além disto, verificou-se o acúmulo de rejeitos nos arredores de algumas usinas, devido à falta de planejamento e dimensionamento para o escoamento deste resíduo.

Tabela 3.19 Algumas usinas de triagem e compostagem instaladas no Brasil e suas situações de operação em 2003

Local	Capacidade (em t/d)	Situação atual
Niteroi (RJ)	--	Operando
Recife (PE)	--	Operando
Maceió (AL)	--	Operando
Brasília (DF)	400	Operando
Vila Leopoldina (SP)	800	Desativada
São Mateus (SP)	200	Parada
Santo André (SP)	150	Desativada
S. J. dos Campos (SP)	160	Desativada
Belém (PA)	150	Desativada
Belo Horizonte (MG)	150	Operando
Boa Vista (RR)	60	Parada
São Sebastião	35	Operando
Manaus (AM)	200	Parada
Araçatuba (SP)	--	Desativada
Bauru (SP)	--	Desativada
Presidente Prudente (SP)	--	Desativada
Adamantina	20	Operando
Garça	25	Operando
Parapuã	23	Operando
São José do Rio Preto (SP)	380	Desativada
Assis	70	Operando
Bocaina	7	Operando
Oswaldo Cruz	25	Operando
Presidente Bernardes	6	Operando
Martinópolis	15	Operando
Tarumã	5,5	Operando

Fonte: Adaptada de Lima (2004) e Barreira (2012, em 2005)

3.7.2 Unidades descentralizadas de compostagem

Alguns estudos apontam para um sistema constituído por várias pequenas plantas de compostagem, descentralizadas, no lugar de grandes usinas de compostagem centralizadas e mecanizadas (em 2004, ALI, 2011; em 2006, ROTHENBERGER et al, 2011; em 2008, MASSUKADO, 2010).

Massukado (2010) define, em 2008, as Unidades Descentralizadas de Compostagem (UDC) como qualquer instalação física destinada a receber e tratar o resíduo compostável de coleta separada. O objetivo da UDC, segundo Massukado (2010, em 2008), seria gerenciar a fração orgânica o mais próximo possível do local onde o resíduo foi gerado, como por exemplo, em áreas institucionais de um bairro, de uma indústria e de escolas. A autora ressalta que a compostagem caseira, ou doméstica, pode ser considerada como um tipo de compostagem descentralizada, já que o resíduo sólido orgânico é tratado no local onde foi gerado. Contudo, diferencia as unidades descentralizadas de compostagem da compostagem caseira, pois a primeira trata uma quantidade maior de resíduo, necessita de área e mão de obra, e também de uma logística para a coleta e tratamento do resíduo.

Dentre as vantagens da descentralização do sistema de compostagem em áreas urbanas para tratar os resíduos sólidos urbanos, destacam-se :

- a redução dos custos transporte, disposição (em 2004, ALI, 2011) e coleta do resíduo (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011), caso seja devidamente organizado pela administração municipal;
- a necessidade de material e tecnologia local, mais simplificada, de baixo custo (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011);
- o sistema de gerenciamento e operação pode ser mais flexível e rapidamente adaptável às mudanças nas necessidades dos usuários (em 2004, ALI, 2011);
- é próximo aos moradores, permitindo um acompanhamento mais próximo do serviço e do produto (em 2004, ALI, 2011);

- é uma tecnologia baseada no acompanhamento intensivo do processo e melhor adaptada a uma específica situação socioeconômica local (em 2004, ALI, 2011; em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011);
- se devidamente operada a UDC pode significar um aumento na taxa de compostagem (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011);
- pode significar a criação de emprego nas vizinhanças (em 2004, ALI, 2011), gerando oportunidade de emprego para população de baixa renda, trabalhadores informais e oportunidade de negócios para pequenos empresários (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011),
- quando integrada com um sistema de coleta primário, pode reduzir a dependência do funcionamento inadequado de alguns serviços municipais (em 2004, ALI, 2011);
- pela proximidade pode criar mais facilmente uma consciência ambiental na comunidade local (em 2004, ALI, 2011); e,
- é melhor adaptável ao escoamento de resíduo, clima e condições socioeconômicas (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2011).

Dentre as limitações para se adotar unidades descentralizadas de compostagem no gerenciamento municipal de resíduo sólido destacam-se a exigência de licenciamento ambiental de todas as unidades, o gerenciamento das várias unidades (em 2008, MASSUKADO, 2010), o custo para a realização de testes de qualidade do composto para aceitação no mercado, a possível proximidade de áreas residenciais e a necessidade de um escoamento eficiente do composto pronto.

Um caminho para minimizar esses obstáculos é a integração de diversos atores, comunidade, setor privado, ONG, no desenvolvimento, operação dessas unidades (em 2008, MASSUKADO, 2010) e principalmente na aplicação de atividades de informação e sensibilização para uma adequada segregação de resíduo sólido.

3.8 MERCADO E DISTRIBUIÇÃO DO COMPOSTO

O levantamento mais detalhado do sistema de distribuição de composto e a verificação da necessidade da busca de parcerias para o escoamento do composto produzido, de acordo com PROSAB (2012, em 1999), são importantes na fase de projeto da usina de compostagem. Este levantamento pode determinar a própria concepção do sistema de compostagem e as características do composto a ser produzido.

De acordo com o tipo de consumidor de composto, pode-se ter preferência para composto ensacado ou a granel, de granulometria mais fina, para a produção de mudas ou granulometria mais grossa para aplicação direta no solo para uso agrícola. Cooperativas também podem ter interesse em adquirir composto de boa qualidade e fornecê-lo a seus cooperados, assim como, prefeituras podem usar o composto para jardinagem, conservação de canteiros, produção de mudas ou recuperação de áreas degradadas (em 1999, PROSAB, 2012).

Os caminhos para o desenvolvimento de um amplo mercado para o composto produzido a partir de resíduo municipal, indicados em 2002 por Hogg et al. (2012) foram:

- o desenvolvimento de organizações para coordenar a divulgação do uso do composto;
- emergência de legislação para embasar a coleta de resíduo sólido orgânico na origem; e,
- o desenvolvimento de normas para validar o composto com adequadas características ambientais.

O mercado para o composto, segundo Massukado (2010, em 2008), estava restrito a usos domiciliares e por alguns agricultores orgânicos. Para ampliar o uso do composto de resíduo sólido seria necessário identificar mercados permanentes, as necessidades e exigências dos consumidores, a logística de distribuição, etc.

De acordo com Massukado (2010, em 2008) havia ainda obstáculos à comercialização do composto como: sua imagem negativa associada a um produto cuja matéria-prima é constituída

de resíduo, falta de conhecimento quanto ao benefício do composto e seu menor teor de nutrientes comparados aos fertilizantes químicos.

O composto pode ser utilizado desde a cobertura de aterros até ser aplicado para agricultura orgânica certificada. Neste sentido o mercado e a legislação deve se flexibilizar levando em consideração o amplo uso desse material (ver item 3.5.3.6). Devendo-se atentar é claro para as condições sanitárias do local de aplicação.

3.9 RECURSOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE/USINA DE COMPOSTAGEM

O balanço econômico de uma usina de compostagem só é possível após um levantamento dos custos de sua implementação e operacionalização, além dos valores despendidos na coleta, transporte e tratamento do resíduo (em 2001, IBAM, 2010).

Não se deve adotar como premissa a associação de projetos de saneamento ambiental a lucros financeiros para obtenção de recursos. Portanto, um dos grandes entraves para a implantação de usinas de compostagem é a parte econômica, já que as receitas diretas da venda de composto e recicláveis (para usinas que incluem a triagem de recicláveis) dificilmente cobrirão seus custos operacionais. No entanto, considerando as receitas indiretas, ou seja, os benefícios ambientais e sociais das usinas, este quadro se mostra altamente favorável (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

Em escala municipal, segundo Pereira Neto (1999), a disponibilização de recursos para projetos de saneamento se trata de uma obrigação do Estado para com a população. Desta forma, o financiamento da instalação de usinas de triagem e compostagem deve estar embutido no sistema de gestão integrada, na taxa para coleta, tratamento e disposição do resíduo sólido urbano do município.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS - (BRASIL; 2012c) a condição para que Estados, Municípios ou Distrito Federal tenham acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduo sólido, ou manejo de resíduo sólido no caso dos Municípios e Distrito Federal, fica sujeito a elaboração dos planos estaduais ou municipais de gestão integrada de resíduo sólido com horizonte de atuação de vinte anos e revisões a cada quatro anos. Assim, conforme o PNRS (BRASIL; 2012c) os recursos da União que podem ser destinados para o desenvolvimento de sistemas de compostagem dependem da elaboração de planos de gestão integrada nos diversos âmbitos.

Diante deste panorama, pode-se dizer que as diferentes atividades envolvendo o processamento de resíduo, triagem e compostagem, geralmente necessitam de subsídio dos distintos atores ligados ao processo, como: as diversas instâncias governamentais (federal, estadual e municipal), universidades e centros de pesquisa, empresas privadas, organizações não governamentais, dentre outros.

3.10 ORGANIZAÇÃO DE UNIDADES/USINAS DE COMPOSTAGEM

Há diferentes modelos de projetos de unidades de compostagem centralizadas e descentralizadas descritas em USEPA (2012, em 1994), IPT/CEMPRE (2000), Rothenberger et al. (2011, em 2006), Pereira Neto (2010, em 2007), entre outros. Estes projetos se diferenciam de acordo com os objetivos dos modelos de gestão/gerenciamento do resíduo e do material a ser tratado, por exemplo resíduo sólido doméstico com ou sem segregação na fonte.

As unidades de compostagem, centralizadas ou descentralizadas, são formadas por setores que tratam o resíduo, desde a sua chegada até a transformação da matéria orgânica putrescível em composto. Vale ressaltar que muitas usinas de compostagem adequam seus sistemas e não apresentam necessariamente todos os setores, áreas ou atividades apresentadas (em 2005, BARREIRA, 2012).

Os processos operacionais de uma unidade/usina de compostagem podem ser classificados em duas fases básicas: a mecânica, que envolve o pré-tratamento do resíduo, e a biológica, caracterizada pela produção do composto. Estes processos são realizados nos seguintes setores ou etapas: pátio de recepção, setor de triagem, pátio de compostagem, setor de beneficiamento e setor de armazenagem (LIMA, 1995; IPT/CEMPRE, 2000, SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009; em 2007, PEREIRA NETO, 2010).

Pátio de recepção corresponde às instalações e equipamentos de controle de fluxo de entrada (resíduos, insumos, etc) e saída (composto, recicláveis, rejeitos) (IPT/CEMPRE, 2000; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

O setor de triagem é o local onde se faz a separação do resíduo nos seus diversos componentes. Após a esteira de triagem, podem ser localizados equipamentos específicos de pré-tratamento da matéria orgânica (peneiras rotativas e/ou moinhos com facas (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

O pátio de compostagem é o local onde a matéria orgânica sofre o processo de decomposição, que leva de 90 a 120 dias. A matéria orgânica pode ser disposta em leiras cônicas ou piramidais. Algumas usinas utilizam sistemas de insuflamento de ar nas leiras como opção ao revolvimento. Diversos autores determinam que o pátio de compostagem deve ser impermeabilizado e dotado de captação e drenagem de efluente (IPT/CEMPRE, 2000; PAZ et al., 2003; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009). Segundo Massukado (2010, em 2008) a leira pode ser protegida com lona quando houver períodos de chuva excessiva. Inácio; Miller (2009) consideram que a construção adequada das leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC) garante a não geração de chorume (lixiviado).

O setor de beneficiamento é o local onde o composto é peneirado com o objetivo de retirar o material com granulometria maior, mas de origem orgânica que pode retornar para as pilhas de compostagem, e rejeito que deve ser encaminhado para o aterro sanitário. Nas usinas com triagem de recicláveis este material é prensado para futura comercialização. É importante

destacar, neste setor, a necessidade da retirada periódica de amostras de composto para análises físicas (para análise da umidade, granulometria, etc.), químicas (principalmente para analisar o teor de metais pesados e o teor nutricional) e biológicas (para verificar a presença ou ausência de agentes patogênicos) (IPT/CEMPRE, 2000; SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

No setor de armazenagem o composto beneficiado e/ou material reciclável prensado são dispostos preferencialmente em um local protegido de intempéries para futura distribuição (IPT/CEMPRE, 2000, SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

O rejeito e o material volumoso devem ser encaminhados a um aterro sanitário. Em 2007, de acordo com Pereira Neto (2010) há três tipos de rejeitos: rejeitos da recepção em que se verifica a presença do resíduo volumoso; rejeito da triagem que corresponde ao material não reciclável e tampouco compostável separado no setor de triagem; e, rejeito da compostagem que inclui o material não orgânico retirado durante a peneiragem.

O sistema de tratamento de efluente inclui líquido oriundo do pátio de compostagem e a água com resíduo de lavagem de equipamentos, instalações e veículos. A usina pode ter seu próprio sistema de tratamento de efluente, pode conduzi-lo a uma estação de tratamento de efluente do município (SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009) ou recircular este líquido nas leiras após um pré-tratamento, por exemplo em carvão ativado (INÁCIO, 1998).

Em sistema em que o resíduo sólido orgânico é segregado na fonte, geralmente há um setor equivalente ao de triagem onde realiza-se uma segunda segregação na qual o material que não deve ser depositado nas leiras (pilhas, baterias, inertes, outro material contaminante, etc.) é triado de forma manual ou mecânica.

As usinas podem ter outras instalações de apoio: administração, vestiários, refeitórios, sanitários, setor de manutenção e almoxarifado, etc (IPT/CEMPRE, 2000, SILVA; MENDES; BARREIRA, 2009).

3.11 CÁLCULOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM COM SEGREGAÇÃO NA FONTE

Para o dimensionamento de uma Unidade de Compostagem, apresenta-se a seguir cálculos para avaliar a área do pátio de compostagem. São feitas sugestões para a organização das instalações, equipamentos, ferramentas básicas e mão de obra necessária para operação da unidade, baseando-se em Pereira Neto (2010, em 2007). Para o dimensionamento da unidade de compostagem, em 2007, Pereira Neto (2010) considerou que o resíduo sólido orgânico fosse segregado na fonte.

Cálculo da área ocupada pelas leiras de compostagem

De acordo com Kiehl (1998), pode-se calcular a área de pátio para dispor e tratar uma determinada massa de resíduo sólido orgânico, em função do tempo de residência em dias do material no pátio até se obter a bioestabilização e/ou maturação do composto. No cálculo, segundo KIEHL (1998), deve-se considerar as larguras dos corredores entre as leiras que serão construídas.

Para o cálculo de área ocupada pelas leiras de compostagem, segundo Pereira Neto (2010), deve-se:

- avaliar a geração média diária de resíduo sólido orgânico doméstico (mro);
- determinar uma proporção prática, em massa, de mistura de material rico em carbono(mc) (grama, capim, podre de árvore) e de material rico em nitrogênio (resíduo sólido orgânico doméstico-mro). Pereira Neto (2010) sugeriu a proporção em massa de 70% de material rico em carbono para 30 % de material rico em nitrogênio; observou-se em Inácio; Miller (2009) que usualmente o material estruturante; aparas de madeira (maravalha), cascas de arroz, palhas e material similar; e o material rico em nitrogênio são aplicados praticamente em igual proporção volumétrica nas montagem das leiras de compostagem;
- avaliar a densidade da mistura desse material (dm). Pereira Neto (2010) admitia, em 2007, a

densidade da mistura em 570 kg/m^3 (este valor pode ser calculado a partir dos valores obtidos com a caracterização em massa e volumétrica de resíduo sólido orgânico e do material rico em carbono utilizado na leira de compostagem);

- calcular a área de seção transversal da leira (A_s), para isto deve-se adotar um formato e a área de seção transversal. Pereira Neto (2010) adotou uma leira de seção triangular com 1,70 m de altura por 1,80 m de largura;

- deve-se considerar uma área de folga para reviramento da leira (A_f) e/ou um espaço de manutenção entre as leiras; e,

- deve-se admitir um coeficiente de segurança (cs) para circulação no pátio de compostagem, Pereira Neto (2010) considerou que este coeficiente de segurança deveria contemplar também um estacionamento.

Com isto, calcula-se a área ocupada pelas leiras de compostagem, baseando-se em Pereira Neto (2010) da seguinte forma:

- Cálculo da Área da seção transversal de uma leira triangular (A_s)

$A_s = (h \times l) / 2$, onde "h" corresponde à altura e "l" a largura da leira;

- Cálculo do volume (V) ocupado pela leira:

$V = (m_{ro} + m_c) / d_m$, onde " m_c " é a massa do material rico em carbono (grama, capim, poda de árvore), " m_{ro} " é a massa do material rico em nitrogênio (no caso, resíduo sólido orgânico doméstico) e " d_m " é a densidade da mistura desse material;

- Cálculo do comprimento da leira (CL):

$CL = V / A_s$, onde "V" é o volume ocupado pela leira de compostagem e " A_s " é a área da seção transversal reta de uma leira triangular;

Vale ressaltar que o comprimento da leira pode ser particionado dependendo do formato do terreno da área destinada para o pátio de compostagem;

- Cálculo da área ocupada pela base da leira (Ab) ou área ocupada pelas leiras:

$Ab = l \times CL$, onde "l" corresponde a largura da leira e CL ao comprimento da leira; e,

- Determinação da área de folga:

Pereira Neto (2010) considerou como área de folga (Af) para reviramento como sendo a mesma para a área ocupada pela base da leira (Ab):

$$Af = Ab$$

A área ocupada pela leira diariamente (Al) incluindo a área de folga para reviramento é:

$$Al = Ab + Af$$

Vale ressaltar que com a utilização do método UFSC de compostagem as leiras permanecem sem revolvimento durante toda fase termofílica. Desta forma, pode-se estabelecer uma área de folga reduzida que somente será utilizada para situações de emergência, como intensa geração de chorume, odor, etc.

O cálculo da área útil (**Au**) para o pátio de compostagem é obtido multiplicando-se o período de compostagem (**t**) pela área ocupada pela leira (**Al**). O período de compostagem (fase ativa e fase de maturação), como apresentado anteriormente, fica entre 60 e 120 dias. Pereira Neto (2010) adotou 100 dias.

Pereira Neto (2010) considerou ainda, em 2007, que seja montada uma leira por dia, desta forma o cálculo da área útil do pátio de compostagem é:

$$Au = Al \times 100$$

O cálculo da área útil (**Au**) pode variar de acordo com o gerenciamento das leiras no pátio de compostagem. De acordo com Pereira Neto (2010), o pátio de compostagem deve ter capacidade para 100 leiras. Isto permite vislumbrar a dinâmica para pátio de compostagem proposto, em 2007, por Pereira Neto (2010). Após 100 dias da montagem da primeira leira, que já

deve estar com o composto pronto e maturado, esta deve ser desmontada para a implementação de uma nova leira.

A dinâmica de montagem de leiras utilizando o método UFSC de compostagem é diferenciado. Como apresentado no item 3.5.3.5, Inácio; Miller (2009) sugerem a montagem de 2 a 3 leiras simultaneamente. Assim, pode-se também adotar nos cálculos o tempo de maturação de 100 dias, porém vislumbrando a desmontagem e montagem de 2 a 3 leiras simultaneamente.

Deve-se ainda para calcular a área de compostagem considerar o coeficiente de segurança (cs). Pereira Neto (2010) determina 10 % para o coeficiente de segurança. Portanto, a área total (At) para o pátio de compostagem é:

$$At = Au \times 1,1$$

Pereira Neto (2010) apresenta ainda, sugestões de dimensões para outras instalações do pátio de compostagem:

- 50 m² para área de triagem do resíduo sólido orgânico (**Tr**);
- 70 m² para sede administrativa (**Sd**) (escritório, banheiro, sala de reuniões, almoxarifado para guardar ferramentas e equipamentos); e,
- 70 m² para uma baia para estocagem de composto maturado (**Est**).

Assim, de acordo com Pereira Neto (2010) a área da Unidade de Compostagem (Auc) é:

$$Auc = At + Tr + Sd + Est$$

Para o dimensionamento de unidades de compostagem de pequeno porte, segundo Pereira Neto (2010, p. 62), "não há necessidade de se considerar a perda de volume do material ocorrida durante o período de compostagem." De acordo, com Inácio; Miller (2009), no sistema UFSC de compostagem, a perda de volume está incorporada à dinâmica de montagem das leiras já que o resíduo sólido orgânico é depositado continuamente nas leiras. Após atingir a altura máxima determinada, a perda de volume ocorre na altura (sentido vertical) e isto não influencia no espaço ocupado pela leira.

3.12 ESTUDOS ENVOLVENDO PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO E COMPOSTAGEM

Há poucos pátios de compostagem em funcionamento no Brasil. Grande parte deles processa o resíduo da coleta regular por meio de instalações centralizadas e mecanizadas. Tem-se um composto de baixa qualidade do ponto de vista agrônômico, já que o resíduo chega misturado com material indesejável. São raras as experiências em que o resíduo sólido orgânico já vem coletado e separado na fonte (em 2008, MASSUKADO, 2010).

Nos itens 3.12.1 a 3.12.5 são apresentados alguns estudos envolvendo produção de resíduo orgânico doméstico em Barão Geraldo (Campinas- SP) (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000) e tratamento de resíduo orgânico doméstico em Florianópolis (Santa Catarina) (INÁCIO, 1998; ROMANO, 2005; INÁCIO; MILLER, 2009), São Carlos (SP) (em 2008, MASSUKADO, 2010) e Santiago de Estero (Argentina) (PAZ et. al, 2002; PALAZZI et al., 2002; PAZ et. al 2003).

3.12.1 Resíduos sólidos domésticos: potencial de minimização (redução na fonte, reutilização e reciclagem) em termos de matéria orgânica no distrito de Barão Geraldo, Campinas

O distrito de Barão Geraldo localiza-se no município de Campinas, Estado de São Paulo. Possui 31.802 habitantes, com taxa de crescimento de 3,10 % ao ano, superior à taxa de crescimento do município. Tem como atividades econômicas o comércio, a indústria, o setor de serviços, apresentando todos os seguimentos de um município, como por exemplo universidades, terminais rodoviários (urbano e interurbano), hospitais, etc. Desta forma, trata-se de uma região que pode ser considerada representativa em termos de geração de resíduo sólido por suas características demográficas e socioeconômicas (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Em 1998, foi realizado um estudo com o objetivo, entre outros, de identificar os tipos de desperdício de matéria orgânica e o seu potencial de minimização, através da caracterização do resíduo sólido doméstico do distrito de Barão Geraldo (TEIXEIRA, FASSINA, CASTRO, 2000).

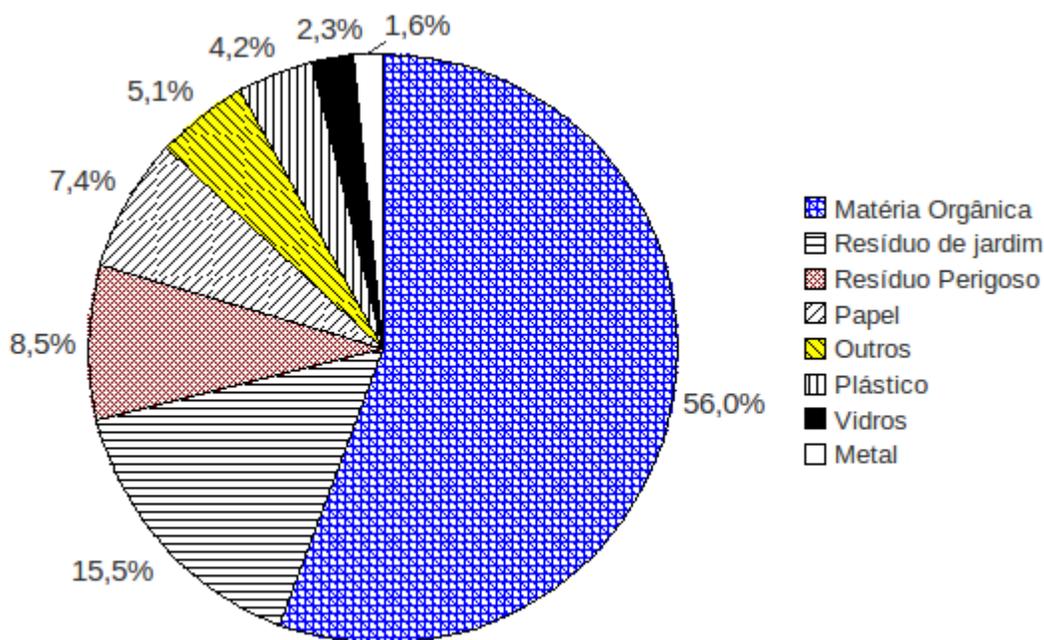
Para isto, foram escolhidas 60 residências para a coleta de resíduo sólido. As casas foram selecionadas de forma a estarem próximas e que representassem as diferentes classes sociais. A coleta de resíduo realizada pela equipe de pesquisa foi feita pouco antes do horário de passagem dos caminhões coletores, de forma a evitar interferências e alterações nos hábitos dos moradores. O resíduo foi caracterizado em função de seus componentes (plástico, papel, vidro, metal, matéria orgânica, jardim, perigoso e outros). Para identificar o potencial de minimização de matéria orgânica foi adotada a seguinte classificação: desperdício de preparo (alimentos identificados tais como arroz com formato da panela, cascas muito grossas de frutas e legumes, etc.), desperdício de compra (produtos descartados sem que tenham sido consumidos), desperdício de consumo (alimentos parcialmente consumidos) e outras (todos os resíduos de alimentação não classificados nas outras categorias ou com classificação duvidosa). A coleta e a caracterização foram realizadas com amostras de semanas corridas, em diferentes semanas, por oito meses, totalizando 32 semanas analisadas e considerando as quatro estações do ano (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

A composição média do resíduo sólido doméstico apresentou 56% de matéria orgânica. Na sequência apareceram, resíduo de jardim com 15,5%; resíduo perigoso, 8,5%; papel, 7,4%; outros, 5,1%; plástico, 4,2%; vidros, 2,3%; e, metal com 1,6% (Figura 3.6). Foi considerado como resíduo de jardim: as podas de grama, terra, pedras, que correspondem à limpeza de jardins residenciais; e, como perigoso: o resíduo possivelmente contaminado com patógenos (fezes de animais, fraldas, absorventes, papéis higiênicos, curativos, etc.), produtos químicos (pilhas, entre outros_ e perfuro -cortantes. (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO,2000).

O desperdício de matéria orgânica (somatória dos três tipos de desperdício: de preparo, compra e consumo) correspondeu aproximadamente a 16 % do total de resíduo doméstico,

superior ao segundo componente jardim (com 15,5%) (Figura 3.6) (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Figura 3.6 Composição média do resíduo sólido doméstico das 60 residências analisadas do distrito de Barão Geraldo, Campinas (8 meses de análises semanais)



Fonte: Teixeira; Fassina; Castro (2000)

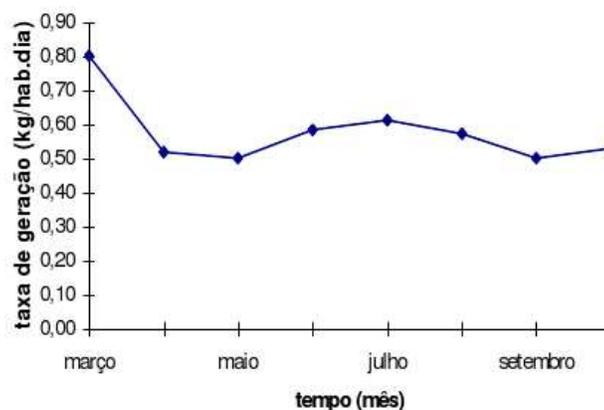
A taxa média mensal de produção de resíduo no período estudado foi de 1,08kg/hab/dia. É um valor relativamente alto se comparado com a taxa de 0,7 kg/hab/dia estimada para o município de Campinas em 1997 (PMC, 1996).

No distrito de Barão Geraldo, as taxas médias mensais de geração per capita variaram entre 0,90 kg/hab.dia e 1,27 kg/hab.dia, determinando uma média no período de 1,08kg/hab/dia em 1999. Verifica-se na Figura 3.7 que a taxa de geração per capita de resíduo sólido orgânico variou entre 0,50 kg/hab.dia e 0,60 kg/hab.dia (com exceção de março 0,80 kg/hab.dia de resíduo sólido orgânico).

Com estes resultados obtém-se um potencial de minimização de 56 % da matéria orgânica. É possível obter uma minimização de aproximadamente 16 % a partir da diminuição

dos desperdícios através de mudanças nos hábitos e costumes da população. Outra parcela, de 40%, pode ser obtida pela compostagem (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Figura 3.7 Taxa de geração de matéria orgânica no período de coleta de resíduo de 60 residências do distrito de Barão Geraldo, Campinas (32 análises de semanas corridas em 8 meses)



Fonte: Teixeira; Fassina; Castro (2000)

Teixeira; Fassina; Castro (2000) concluem que a minimização depende da conscientização da população em gerar menos resíduo. Além disto, depende da vontade política dos governantes em manter um Programa de Gerenciamento Integrado de Resíduo independente de mandatos políticos, em estimular a criação de leis que garantam sua continuidade e também credibilidade por meio de incentivos fiscais e determinando direitos e deveres.

3.12.2 Experiências de compostagem em leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC)

O método de compostagem em leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC), foi desenvolvido em 1994 no campus da Universidade Estadual de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis e difundiu-se para outras localidades: na Central de Abastecimento (CEASA) de São José (município adjacente a Florianópolis), Angelina e Garopaba (municípios de Santa Catarina) (INÁCIO, 1998, ROMANO, 2005) e foi adotado em projetos de compostagem da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Solos do Estado do Rio de Janeiro

(INÁCIO; MILLER, 2009).

Na UFSC, a fração orgânica (que representa 40 % do total do resíduo gerado no campus) era destinada ao pátio de compostagem que era mantido pela prefeitura do campus (INÁCIO, 1998).

No campus da UFSC eram coletados e tratados 3 toneladas/dia de resíduo orgânico. A coleta seletiva era realizada por um micro trator e carreta, da Prefeitura Universitária, que percorria uma rota diária de coleta de resíduo das cantinas e restaurantes do campus. O resíduo orgânico era segregado e acondicionado *in locu* em bombonas plásticas de 50 litros com tampas que podiam ser fixadas, evitando a exposição do material. (INÁCIO, 1998).

Durante a coleta, bombonas vazias e limpas eram trocadas pelas bombonas cheias de resíduo sólido orgânico, que por sua vez, eram levadas ao pátio de compostagem. O pátio de compostagem também recebia material oriundo das camas de cobaias do biotério central e as aparas de grama do serviço de manutenção de jardins da Universidade (INÁCIO, 1998).

As leiras eram montadas manualmente através do método UFSC que tinha como base tecnológica a compostagem termofílica em leiras estáticas com aeração passiva (ROMANO, 2005; INÁCIO; MILLER, 2009). Suas dimensões eram de 2,0 m de largura, por 1,5 m de altura e o comprimento podia ser variável. O composto produzido era utilizado pelas atividades do curso de Agronomia e pelo horto da Prefeitura universitária na produção de mudas de árvores nativas e frutíferas (INÁCIO, 1998, ROMANO, 2005).

Na Central de Abastecimento de São José (CEASA/SJ), em Santa Catarina, através de convênio com o Centro de Ciências Agrárias (CCA- UFSC), desenvolveu-se desde 1997 o tratamento do resíduo orgânico gerado em suas dependências. No CEASA/SJ eram coletados e tratados de 5 a 8 toneladas/dia de resíduo orgânico. A matéria orgânica coletada era tratada em um pátio de compostagem localizado nas dependências do CEASA/SJ (INÁCIO, 1998, ROMANO; 2005).

A coleta era feita por caminhão basculante e retroescavadeira. O composto produzido, aproximadamente 10 toneladas/mês, era comercializado e doado (INÁCIO, 1998).

Uma análise econômica de ambos projetos, na UFSC e no CEASA/SJ revelou uma redução de 35% nos custos de operação com relação ao tratamento convencional (INÁCIO, 1998).

Garopaba, um município de Santa Catarina com economia baseada em intensa atividade turística no período de verão, possuía cerca de 13.000 habitantes e no verão atingia uma população flutuante de aproximadamente 100.000 habitantes (INÁCIO; MILLER, 2009).

A administração municipal havia instalado uma central de triagem de resíduo potencialmente reciclável que contava com 8 funcionários na "baixa" temporada e 30 funcionários no verão, período intensa atividade turística (INÁCIO; MILLER, 2009).

O projeto "reciclagem orgânica" implantado em agosto de 2002 consistia na coleta seletiva da fração orgânica do resíduo produzido nos pontos de grande geração como restaurantes e vilas de pesca (INÁCIO; MILLER, 2009).

A coleta era realizada diariamente em "bombonas" plásticas de 50 litros, da mesma maneira que na UFSC e no CEASA/SJ. O pátio de compostagem de Garopaba também recebia podas de árvores, serragem e restos de culturas agrícolas da área rural local (principalmente o resíduo da cultura de cana de açúcar)(INÁCIO; MILLER, 2009).

O pátio de compostagem gerou 4 novos empregos relacionados à reciclagem. Toda coleta era realizada por uma empresa privada terceirizada que era responsável também pela central de triagem e pelo pátio de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

Durante os oitos meses do projeto "reciclagem orgânica" a média de reciclagem/compostagem foi de 27,6 %, do total coletado correspondendo a cerca de 117,5 toneladas por mês. Ou seja, a fração orgânica coletada e tratada representou no período

11,7 % do total, aproximadamente 49,8 toneladas por mês. A coleta do resíduo orgânico permitiu o aumento da eficiência na triagem do resíduo potencialmente reciclável que passou de 11,0 % para uma média de 15,3 % do resíduo sólido coletado, correspondendo a cerca de 67,7 toneladas por mês (INÁCIO; MILLER, 2009).

A média de coleta de resíduo orgânico em Garopaba, nos oito primeiros meses do projeto, foi de 2,7 toneladas de resíduo orgânico por dia, com média em baixa temporada de 2,0 toneladas/dia e em alta temporada de 5,0 toneladas/dia. De acordo com o autor, o sistema de tratamento do resíduo orgânico era economicamente viável a partir de uma coleta de 2,5 toneladas de resíduo orgânico por dia (INÁCIO; MILLER, 2009).

Os agricultores da região passaram a utilizar o composto orgânico produzido, dando base ao surgimento, segundo os autores, de uma agricultura orgânica local, com menos riscos à saúde dos produtores, menos riscos ambientais e maior valor comercial (INÁCIO; MILLER, 2009).

Os períodos com coleta abaixo de 2,5 toneladas/dia de resíduo orgânico, eram considerados inviáveis economicamente, de acordo com o modelo de contrato acordado com a empresa.

O método UFSC de compostagem em leiras estáticas com aeração passiva, foi desenvolvida na Moradia Estudantil da UNICAMP desde 2005, sob as condições específicas do local (mais detalhes no item 5.3.3.5).

3.12.3 Unidades descentralizadas de compostagem do município de São Carlos/S.P.

Os objetivos do trabalho, em 2008, de Massukado (2010) foram: desenvolver o processo de compostagem do resíduo sólido previamente separado na origem e, propor um “software” livre para o gerenciamento municipal do resíduo sólido domiciliar.

O estudo de Massukado (2010) foi desenvolvido em uma unidade descentralizada experimental de compostagem, conhecida como Pátio de Compostagem, na escola estadual Bento da Silva César, localizada no bairro São Carlos III, município de São Carlos, São Paulo. O pátio possuía 45 m² de área coberta e 55 m² de área a céu aberto, com capacidade para tratar até 4 toneladas de resíduo sólido orgânico por mês. O custo para a construção da área coberta foi aproximadamente 10 mil reais.

A autora destaca em seu trabalho uma instalação denominada Centro de Reciclagem projetada para abrigar uma central de reciclagem, pátio de compostagem, um ecoponto para recebimento de entulhos de pequenas obras e um estábulo comunitário. O objetivo era expandir a área de atuação de sua pesquisa transferindo o Pátio de Compostagem para esse novo local, contudo o empreendimento não foi concretizado.

O Pátio de Compostagem foi implantado em 2005, pelo Centro de Divulgação Científica e Cultural/USP São Carlos por meio do "Projeto ABC da Compostagem", financiado pela FAPESP (Processo no 01/02766-3). No ano seguinte, em 2006, um novo projeto foi submetido pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC/USP) e financiado pela FAPESP (Processo no 2006/50784-4).

A coleta e a operacionalização do pátio de compostagem foi realizada por alunos de graduação e pós graduação da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e um operador. O acompanhamento da operação do pátio ocorreu durante o período entre março de 2006 e março de 2008, sendo realizado todas as segundas, quarta e sextas-feiras. O diferencial do projeto, segundo Massukado (2010) foi a realização do processo de compostagem a partir de resíduo sólido orgânico previamente segregado na fonte em unidade descentralizada. Durante o período da pesquisa 29 toneladas de resíduo sólido orgânico foram coletadas, 56 leiras foram montadas e 5 toneladas de composto foram produzidos. Amostras de composto foram submetidas a análises de qualidade segundo parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (em 2008, MASSUKADO, 2010).

O resíduo enviado para o pátio de compostagem foi coletado de 60 residências, além

daquele proveniente da merenda da Escola Estadual Bento da Silva César. A participação dos moradores foi bastante significativa (inicialmente 65 % dos 90 entrevistados), tanto com relação à continuidade quanto à qualidade do material segregado, considerando que o resíduo já era separado na fonte. Os moradores separavam previamente os restos de preparo de alimentos, sobra das refeições, folhagens, acondicionando-os em sacos plásticos específicos distribuídas por integrantes do projeto semanalmente.

A estratégia de comunicação utilizada foi porta-a-porta, em que voluntários passavam pelas casas do bairro informando sobre o projeto e distribuindo para os moradores panfletos e folders explicativos (em 2008, MASSUKADO, 2010). Este material informativo incentivava a separação e a forma de segregação do resíduo sólido orgânico compostável.

O resíduo sólido orgânico era coletado três vezes por semana, acompanhando os dias de coleta regular, utilizando como veículo uma Kombi. Percorria-se a cada coleta 15 km (em 2008, MASSUKADO, 2010).

No Pátio de Compostagem o resíduo coletado era triado, pesado e o volume era avaliado por meio de um balde plástico (volume de 120 litros) graduado.

O resíduo sólido orgânico contido no balde era despejado sobre o pátio para a montagem da leira. Deixava-se de depositar resíduo nas leiras quando estas atingiam uma massa entre 500 e 600 kg e volume médio de 1200 L. Elas atingiam esta quantidade com três coletas, ou seja, em uma semana. Para constituir a leira utilizava-se uma medida em volume de material rico em carbono (folhas, palha), "material castanho", para duas de material rico em nitrogênio (restos de alimentos), "material verde". As leiras eram cobertas com uma camada de capim ou folhas secas e tela tipo sombrite para evitar que as folhas espalhassem e que animais (pombos, cachorros) a remexessem. Apresentavam o formato de cone com altura de 1,0 metro e diâmetro de base 1,30 metros aproximadamente.

Após o "fechamento" da leira, iniciava-se a cada dois dias o monitoramento da temperatura e umidade, que era avaliada pelo método da bolota (KIEHL, 1998). Realizava-se o

revolvimento manual a cada 2 dias. Após duas ou três semanas, momento em que o material da leira encontrava-se bastante seco, realizava-se a trituração do mesmo seguido de rega.

Verifica-se na Tabela 3.20 os valores médios, mínimos e máximos de massa, volume e densidade para o resíduo sólido orgânico triado e para o composto peneirado e a percentagem de material rico em nitrogênio e rico em carbono utilizado para a formação da leira, retirado do trabalho de Massukado (2010, em 2008).

Tabela 3.20 Apresentação dos valores médios, mínimos de máximos de massa, volume e densidade, percentagem de resíduo rico em nitrogênio e rico em carbono para o resíduo coletado e para o composto peneirado

	Massa (kg)		Volume (L)		Densidade (kg/m ³)		Formação da leira			
							% mat.rico em nitrogênio		% mat. rico em carbono	
	RSO	CP	RSO	CP	RSO	CP	massa	volume	massa	volume
Média	518	89	1259	249	414	360	87	71	13	29
Mínimo	228	46	730	153	283	249	72	58	28	42
Máximo	855	181	1895	490	515	545	97	81	3	19

RSO: resíduo sólido orgânico coletado

CP: composto peneirado

Fonte: modificado de Massukado (2010, em 2008)

Na Tabela 3.20 verifica-se que as leiras possuíam em média 518 kg de massa e 1,26m³ de volume com densidade do material a ser compostado de 414 kg/m³. Além disto, a leira era formada em média por 87 % em massa e 71% em volume de material rico em nitrogênio e por 13% em massa e 29% em volume de material rico em carbono. Quantidade média de composto peneirado produzido por leira foi de 89 kg em massa, 0,25 m³ em volume, determinando uma densidade aproximada de 360 kg/m³ (em 2008, MASSUKADO, 2010).

O processo de compostagem durava de 90 a 120 dias. O material da leira era peneirado, o composto ensacado e distribuído aos moradores do bairro onde era realizada a coleta de resíduo sólido orgânico ou utilizado nas áreas verdes e horta da escola. É interessante ressaltar que o composto foi utilizado também em uma horta experimental na escola. A proposta foi comparar visualmente a diferença na produção e crescimento de cenoura e beterraba em um solo sem fertilização e outro com aplicação de composto. Nesta horta experimental evidenciou-se

visualmente o melhor desempenho do solo tratado com composto com o melhor desenvolvimento dos vegetais produzido neste local.

A análise mais detalhada do estudo de Massukado é importante, já que a metodologia empregada na campanha de segregação de resíduo sólido orgânico e o sistema de coleta de orgânicos realizado em São Carlos é bastante semelhante ao sistema de sensibilização e o sistema de coleta de resíduo sólido orgânico empregado na Moradia Estudantil da UNICAMP.

3.12.4 Pátio Experimental de Compostagem da Universidade de Santiago de Estero, Argentina

Um pátio experimental de compostagem foi implantado por uma equipe de professores e alunos em um terreno da Universidade Nacional de Santiago de Estero, na localidade El Zanjón a 10 km da capital da província de Santiago de Estero, Argentina (PAZ et al., 2003).

O objetivo da instalação do pátio experimental de compostagem foi o tratamento biológico da fração orgânica do resíduo sólido doméstico e sua transformação em composto estabilizado gerado por famílias do bairro Los Flores localizada a 5 km da capital da província (PAZ et al., 2002).

O bairro Los Flores possuía 216 residências que, na época, eram habitadas por 180 famílias constituídas em média por um casal e dois filhos cada. O restante das casas eram ocupadas apenas durante os finais de semana (PAZ et al., 2002).

Dentre 110 famílias entrevistadas durante a primeira fase de informação e educação ambiental, 61 delas aceitaram colaborar na segregação da fração orgânica do resíduo sólido doméstico. Estas famílias recebiam sacos plásticos verdes para deposição do resíduo orgânico de suas casas. Os sacos plásticos verdes com resíduo orgânico eram coletados três vezes por semana antes da coleta realizada pela prefeitura local (PALAZZI et al., 2002; PAZ et al., 2002).

Uma média de 400 kg de resíduo sólido orgânico foi enviado semanalmente ao pátio experimental de compostagem, uma segunda separação era feita e o resíduo era triturado. O pátio experimental de compostagem, com uma área de 450 m², possuía um barracão de 3 x 2 metros quadrados para guardar as ferramentas e uma área coberta de 12 x 3 m² com piso em concreto com declividade de 2% para o lixiviado, onde foram montadas as pilhas de composto de aproximadamente 1.000 kg cada. O resíduo sólido orgânico era constituído principalmente por restos de frutas e verduras, alimentos cozidos, podas e gramas provenientes de jardins e, em menor proporção, carne bovina, de peixe, frango, etc. (PAZ et al., 2003; 2002).

As pilhas foram montadas com o método "windrow" (natural), ou seja, pilhas cônicas abertas foram montadas e revolvidas a cada 4 ou 6 dias durante os 30 primeiros dias de decomposição. O lixiviado drenado era canalizado para um recipiente de 500 litros. Deixava-se seu conteúdo exposto para evaporar (PAZ et al., 2003).

Durante todo processo de compostagem a temperatura foi medida e amostras de composto foram retiradas, secadas, trituradas e peneiradas em malhas de 2 milímetros para diversas análises: matéria orgânica, relação carbono/ nitrogênio, pH, condutividade elétrica, capacidade de troca catiônica, carbono orgânico total, carbono solúvel, carbono de ácidos húmicos, carbono de ácidos fúlvicos, relação carbono/ nitrogênio solúvel, nitrogênio orgânico, teste biológico de germinação e teor de fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), níquel (Ni), cádmio (Cd), zinco (Zn), manganês (Mn), Paz et al., (2003), Paz et al., (2002).

O composto estabilizado obtido após 154 dias de tratamento foi aplicado no cultivo de beterraba, *Beta vulgaris*, na proporção de 10 toneladas por hectare, e verificou-se uma significativa influência no aumento: do tamanho das folhas e ramos; do número de folhas; de sua produção e de sua qualidade nutricional (PAZ et al., 2002).

No ano de 2005, durante a primeira fase do trabalho de iniciação científica "Desenvolvimento de um pátio de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP", as pilhas de composto de resíduo sólido orgânico doméstico foram construídas com uma metodologia semelhante àquelas montadas no

pátio experimental de Zanjón (DUTRA, 2005).

3.12.5 A experiência de compostagem descentralizada em Dhaka, Bangladesh

A planta de compostagem do distrito de Mirpur, em Dhaka, capital de Bangladesh, foi instalada em 1995, pela organização não governamental (ONG) Waste Concern, com o objetivo de desenvolver uma tecnologia de compostagem de baixo custo para o resíduo sólido urbano do distrito (em 1999, ENAYETULLAH; MAQSOOD SINHA, 2011). A ONG Waste Concern desenvolveu o projeto com apoio governamental, do setor privado, das comunidades locais e agências internacionais (em 2002, ZURBRÜGG et al., 2011).

No segundo semestre de 2001, a planta de compostagem alcançou sua capacidade máxima, tratando 3 toneladas de resíduo orgânico por dia coletado de 1430 casas (em 2002, ZURBRÜGG et al., 2011).

O sucesso deste sistema de compostagem descentralizado foi a aceitação do composto pelos consumidores devido principalmente à aprovação de seu uso agrícola pelo Conselho de Pesquisa em Agricultura de Bangladesh e ao suporte político do Ministério da Agricultura. O sucesso financeiro do sistema foi o grande número de consumidores para o composto. A estratégia de "marketing" foi repassar a venda individual do composto para outras empresas. O composto era vendido principalmente para empresas de fertilizantes que aplicavam aditivos e nutrientes de forma diferenciada para satisfazer distintos consumidores (em 2002, ZURBRÜGG et al., 2011).

A planta de compostagem ocupava uma área de 1000 m² cedida pelo Lions' Club. Geralmente, 10 pessoas trabalhavam na unidade. A coleta do resíduo orgânico doméstico era realizada porta-a-porta utilizando-se um riquixá motorizado e modificado. As famílias pagavam uma taxa de coleta de aproximadamente 17 tecas (0,293 dólares) por mês de acordo com sua situação financeira (1 dólar correspondia a 58 tecas em fevereiro de 2002). As leiras eram

montadas em um galpão que protegia os trabalhadores e o composto da chuva e do sol. O resíduo orgânico era transformado em composto usando a Técnica "Windrow" da Indonésia. O resíduo orgânico pré-segregado era misturado com aditivos e montado sobre uma estrutura triangular construída com bambus para favorecer a aeração no interior da pilha. O processo de compostagem durava 53 dias, com 27 dias de fase termofílica e 26 dias de fase mesofílica. Durante a primeira fase o composto era revolvido frequentemente (em 2002, ZURBRÜGG et al., 2011).

O composto era então peneirado e embalado em sacos de 50 kg. A ONG Waste Concern mantinha um pomar e uma horta demonstrativa onde o composto era usado (em 2002, ZURBRÜGG et al., 2011).

O caso de Mirpur mostra que a compostagem descentralizada do resíduo sólido orgânico pode ser uma alternativa para o gerenciamento do resíduo sólido urbano, em que o resíduo orgânico doméstico pode ser transformado em composto em um pátio de compostagem localizado próximo aos pontos de coleta.

3.13 GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO NO CONTEXTO UNIVERSITÁRIO

A história do distrito de Barão Geraldo está intrinsecamente relacionada com a construção da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Assim, pode-se considerar esta instituição como sendo uma das entidades importantes para a comunidade local, e é imprescindível entender o papel que as universidades como um todo vêm exercendo para transformar paradigmas em relação ao gerenciamento de resíduo.

As atividades de ensino, pesquisa, prestação de serviços e o dia a dia em áreas residenciais destas instituições de ensino geram impactos ambientais negativos que podem ser reduzidos consideravelmente por uma escolha eficiente de medidas técnicas e organizacionais (em 2008, ALSHUWIAKHAT; ABUBAKAR, 2012).

A sustentabilidade implica tomar atitudes ecologicamente legítimas, social e

economicamente viáveis, com a garantia de continuidade pelas gerações futuras. Neste sentido, as universidades têm a obrigação moral e ética em agir com responsabilidade no que diz respeito às questões ambientais (em 2008, ARMIJO de VEGA; OJEDA BENÍTEZ; RAMÍREZ BARRETO, 2012).

As universidades são similares a cidades de pequeno porte pelas dimensões, população e as diversas atividades que ocorrem no campus (em 2008, ALSHUWIAKHAT; ABUBAKAR, 2012). Portanto, estas instituições requerem serviços similares de pequenas cidades como alojamento, transporte, lazer e, certamente, o gerenciamento de resíduo sólido para manter sua infraestrutura (em 2009, ZHANG et al., 2011).

O papel da universidade na promoção de sustentabilidade e, neste caso, na redução do impactos determinados pela geração de resíduo, pode ser demonstrado em diversos aspectos.

As universidades têm especialistas de diversas áreas que são capazes de combinar conhecimentos locais e globais e criar sinergias para o desenvolvimento de soluções em potencial (em 2002, FORRANT; PYLE, 2012).

As instituições de ensino superior são os locais onde se formam pesquisadores, empresários, economistas, provedores de recursos culturais, recreacionais e de infraestrutura (em 2003, LAMBERT, 2012), futuros líderes (em 2005, THOMPSON; GREEN, 2011) e educadores. Estes atores têm papel fundamental em inculcar e difundir valores e práticas de sustentabilidade assim como a formação de futuras gerações que precisam vislumbrar, endossar e implementar propostas sustentáveis (em 2005, THOMPSON; GREEN, 2011).

Na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) foi aprovada institucionalmente uma proposta de Política de Gestão Ambiental no ano 2010. Neste documento a Universidade (CGU/UNICAMP, 2012a, p.1):

"assume o compromisso de assegurar qualidade ambiental em seus *campi* e desenvolver atividades de ensino, pesquisa e extensão que promovam conhecimento, habilidades, práticas e valores voltados à conservação dos recursos naturais, à solução de impactos e ao bem estar a comunidade.

Este documento reflete a experiência adquirida e a busca do Grupo Gestor de Resíduos Biológico, Químico e Radioativo a um desdobramento mais abrangente buscando um sistema de Gestão Ambiental, envolvendo todo ambiente onde está inserido (CGU/UNICAMP, 2012b).

Os estudantes da UNICAMP, também promovem diversas atividades envolvendo questões ambientais, ligadas principalmente aos problemas ocasionados pela geração de resíduo. Dentre elas destaca-se o "Trote da Cidadania pelo Consumo Consciente" que teve início em 1998. Este grupo desde 2003 realiza o evento "Trote Integrado da Cidadania". Este evento acontece na primeira semana de aula na Universidade, mas com continuidade durante o ano todo com atividades que reforçam os temas propostos na recepção. Os alunos realizam diversas atividades como dinâmicas, mini-palestras, visitas e atividades de integração e conscientização. Dentre elas destaca-se o incentivo ao uso de canecas plásticas ao invés de copos descartáveis nos Restaurantes Universitários da UNICAMP, que no ano de 2009 promoveu a distribuição de 9 mil canecas na Universidade (TCI/UNICAMP, 2012).

Na Moradia Estudantil da UNICAMP, destaca-se o trabalho de iniciação científica "Desenvolvimento de um modelo de compostagem como um instrumento de reciclagem de resíduo orgânico na Moradia Estudantil da UNICAMP", realizado em 2005 e 2006. Este trabalho não se restringiu ao estabelecimento de um pátio experimental de compostagem. A inclusão do sistema de segregação de resíduo orgânico e compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP e as atividades de sensibilização e educação ambiental realizadas no local, podem ser consideradas como um centro difusor de práticas sustentáveis dentre estudantes universitários (DUTRA, 2005; DUTRA, 2006; DUTRA; HABIB; BARBOSA; 2006).

As instituições escolares, como apresentado, em 2007, por Barbosa (2010), são fundamentais no processo de formação dos indivíduos, além de importantes na formação de agentes multiplicadores. Assim, o desenvolvimento de um programa de minimização de resíduo sólido, em conjunto com um programa de gerenciamento e de educação ambiental, pode fazer com que o conhecimento e a experiência possam ser exemplos a outros setores da sociedade, como, por exemplo, para pequenas comunidades e condomínios residenciais.

Segundo Mahmoud et al (2007), algumas universidades vêm assumindo uma postura participante nos problemas que se apresentam à sociedade. Por meio da troca de conhecimentos entre universidade e comunidade estão ocorrendo mudanças nos dois âmbitos. A universidade está influenciando a comunidade nas mudanças de atitudes em relação aos problemas locais. Há uma nítida preocupação social de uma parcela dos estudantes, quando por exemplo, elegem seus objetos de pesquisa. Os estudantes universitários estão transformando sua postura em relação aos seus estudos e suas atitudes perante a comunidade. Isto não se aplica apenas aos problemas da geração de resíduo sólido, mas também a diversas outras questões sócio-ambientais.

De acordo com Massukado (2010, em 2008) diversas pesquisas sobre compostagem, têm sido desenvolvidas no contexto universitário nas últimas décadas.

As instituições de ensino têm uma potencial influência no restante da sociedade pela promoção do engajamento, divulgação e colaboração (em 2008, STEPHENS et al., 2012) em prol de atitudes sustentáveis.

No entanto, os desafios para a sustentabilidade nas universidades é semelhante a outros setores da sociedade que inclui a falta de recursos financeiros, tempo e compromisso para realização de projetos (em 2008, EVANGELINOS; JONES; PANORIOU, 2012)

Contudo, grande parte dos programas de educação ambiental são reducionistas, focam na prática de coleta de resíduo e reciclagem em detrimento a uma reflexão mais abrangente e crítica a respeito dos valores culturais da sociedade de consumo, do consumismo, do industrialismo, do modo de produção capitalista e dos aspectos políticos e econômicos da questão do resíduo sólido (LAYRARGUES, 2008). Neste sentido, deve-se tomar cuidado para que o conceito e atitudes que envolvam sustentabilidade não sejam alinhadas a estratégias que promovam mudanças paliativas, comumente empregadas como estratégias de "marketing" de diversas empresas para valorização de seus produtos e serviços. Portanto, agir sustentavelmente significa tomar atitudes éticas e responsáveis em função de todos os âmbitos da sociedade e do equilíbrio ambiental.

3.14 COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

Alves; Boog apresentam dois trabalhos que tratam do comportamento alimentar dos residentes da Moradia Estudantil da UNICAMP: “Comportamento alimentar em moradia estudantil: um espaço para promoção da saúde” - Alves; Boog (2007) e “Promoção de Saúde e Comensalidade: Um Estudo entre Residentes de Moradia Universitária” - Alves; Boog (2006).

A pesquisa realizada por Alves; Boog (2006) permitiu compreender as representações da alimentação entre estudantes residentes de uma moradia universitária. Para isto, foi realizado um estudo qualitativo, no qual empregou-se a técnica de grupo focal, com sete estudantes da moradia estudantil. A compra de alimentos foi o critério determinado por Alves; Boog para classificar as práticas dos estudantes em, individuais, mistas ou coletivas. Ou seja, os estudantes que apresentavam um comportamento classificado como individual, a compra coletiva restringia-se apenas a sal, açúcar e óleo; para aqueles de comportamento coletivo, essa compra era pão, leite, frutas e hortaliças e os estudantes de comportamento misto apresentavam um padrão de compra intermediário dentre os citados.

Alves; Boog (2006, p. 50) verificaram no ambiente de moradia estudantil e na vida universitária diversas limitações para o desenvolvimento de práticas de cuidado relacionadas à alimentação, das quais destacaram: novas demandas com relação ao emprego do tempo do estudante, “dificuldades financeiras, dificuldade de estabelecer periodicidade para as compras de perecíveis e não perecíveis, entre outras condições inerentes à situação nova de prover a própria alimentação”.

Diversos estudantes consideraram, segundo Alves; Boog (2006, p.49) que o “preparo da comida não é algo merecedor do 'escasso' tempo na vida de um estudante universitário”. Este é um aspecto, segundo as autoras, presente em diversos estudos que abordam a influência da globalização na mudança dos estilos de vida e, em consequência, no comportamento alimentar, principalmente da população urbana. O ato de preparar as refeições adquire “importância

secundária, quando comparado a outros aspectos da vida universitária muito mais instigantes para os jovens” (ALVES; BOOG, 2006, p. 49).

As refeições no Restaurante Universitário adquirem grande importância, tanto pelo baixo preço e facilidade de acesso a uma alimentação qualificada pelo estudante como saudável, “quanto por esta rotina estar impregnada na cultura alimentar do universitário” (ALVES; BOOG, 2006, p. 47). Sem as refeições oferecidas pelo restaurante universitário, os finais de semana “eram os dias em que os estudantes mais cozinhavam e desenvolviam estratégias para prover a alimentação” (ALVES; BOOG, 2006, p. 47).

Em Alves; Boog (2007), cem estudantes foram entrevistados. As seguintes informações foram colhidas : alimentação do estudante nas últimas 24 horas, padrão de compra de alimentos da casa, representação de alimentação saudável e comportamentos ligados à comensalidade.

Em relação ao consumo de alimentos, estes autores, verificaram que 67 % dos entrevistados realizaram o desjejum na Moradia Estudantil. Já, 63 % almoçaram no restaurante universitário, 8 % em lanchonetes, 8 % foi classificado como outro e apenas 16 % almoçaram na moradia universitária. O restaurante universitário oferece almoço e jantar de segunda a sexta-feira. Diferentemente do almoço, a maior parte dos entrevistados (54 %) jantaram na Moradia Estudantil, ainda assim, uma percentagem expressiva 45 % jantou fora da moradia, sendo 28% no restaurante universitário, 6% em lanchonete e 11% foi classificado como outro (Tabela 3.21).

Tabela 3.21 Distribuição dos locais de refeições dos estudantes residentes em moradia estudantil. Campinas, SP, 2004

Local das refeições	Refeições (%)		
	Desjejum	Almoço	Jantar
Moradia universitária	67	16	54
Lanchonete	1	8	6
Restaurante universitário	0	63	28
Outro	2	8	11
Não realizou	30	5	1

Fonte: Alves; Boog, 2007

Alves; Boog (2007) qualificaram as refeições consumidas pelos estudantes residentes na Moradia Estudantil em: padrão, completo, incompleto e ausente (Tabela 3.22). Com a Tabela 3.23 mostraram que o percentual de refeições ausentes e incompletas foi expressivo no desjejum e jantar. No desjejum identificaram a refeição como ausente para 30% dos entrevistados e incompleta para 20%. No almoço a percentagem das refeições qualificadas como ausente reduziu para 5% e incompletas 23%. No jantar a percentagem de refeições incompletas elevam-se para 63%.

Tabela 3.22 Classificação de refeições consumidas por estudantes residentes em moradia estudantil em Campinas, SP, 2004

Refeição	Qualidade	Alimento
Desjejum	Padrão	Fonte de cálcio e de energia: leite e seus substitutos; pães, biscoitos e bolos, com ou sem acompanhamento.
	Completo	Fonte de cálcio, de energia e alimentos reguladores.
	Incompleto	Quaisquer outros alimentos que não contemplem as combinações apresentadas no desjejum padrão ou completo.
	Ausente	Nenhum alimento
Almoço e jantar	Completo	Refeições compostas por alimentos construtores, energéticos e reguladores, com presença obrigatória de hortaliças.
	Incompleto	Quando falta um ou mais dos componentes mencionados em almoço e jantar completos.
	Ausente	Nenhum alimento

Fonte: Alves; Boog, 2007

Tabela 3.23 Distribuição da qualidade das refeições dos estudantes residentes em moradia estudantil em Campinas, SP, 2004

Qualidade das refeições	Refeições (%)		
	Desjejum	Almoço	Jantar
Ausente	30	5	1
Incompleto	20	23	63
Padrão	37	-	-
Completo	13	72	36

Fonte: Alves; Boog, 2007

Alves; Boog (2007) verificaram que 48% dos entrevistados não tinham ingerido frutas no

dia anterior à entrevista, 25% consumiram; uma fruta e 27% mais de uma fruta.

Com relação ao padrão de compras, Alves; Boog (2007) destacaram que os alimentos adquiridos com maior frequência pelos entrevistados foram: pão, leite, bolacha e macarrão, enquanto que os comprados com menor frequência foram: ovos, carnes e frutas (Tabela 3.24).

Tabela 3.24 Distribuição (%) dos estudantes residentes em moradia estudantil, segundo padrão de compra de alimentos em Campinas, SP, 2004

Alimento	Frequência de compra dos entrevistados (%)			
	Nunca	Raramente	Regularmente	Sempre, nunca falta em casa
Bolacha	4	26	40	30
Carne	28	28	35	9
Doces	10	40	32	18
Frutas	12	31	39	18
Hortaliças	22	32	33	13
Leite	10	10	30	50
Macarrão	16	23	31	30
Ovos	28	35	24	13
Pão	3	13	31	53

Fonte: Alves; Boog, 2007

Alves; Boog (2007) corroboraram as informações apresentadas com um estudo sobre o comportamento alimentar de recém-ingressos em um universidade pública (Vieira et al., 2002 apud Alves; Boog, 2007). Naquele estudo verificou-se que 60% dos entrevistados não tinham o hábito de realizar três refeições (desjejum, almoço e jantar), dos quais 37% não realizavam o desjejum e, somente 15,4% realizavam o jantar com alimentos comumente presentes no almoço tradicional brasileiro.

Verifica-se nos estudos apresentados a seguir, que envolvem a qualidade alimentar de estudantes Universitários, dados que corroboram as informações apresentadas por Alves; Boog (2006, 2007).

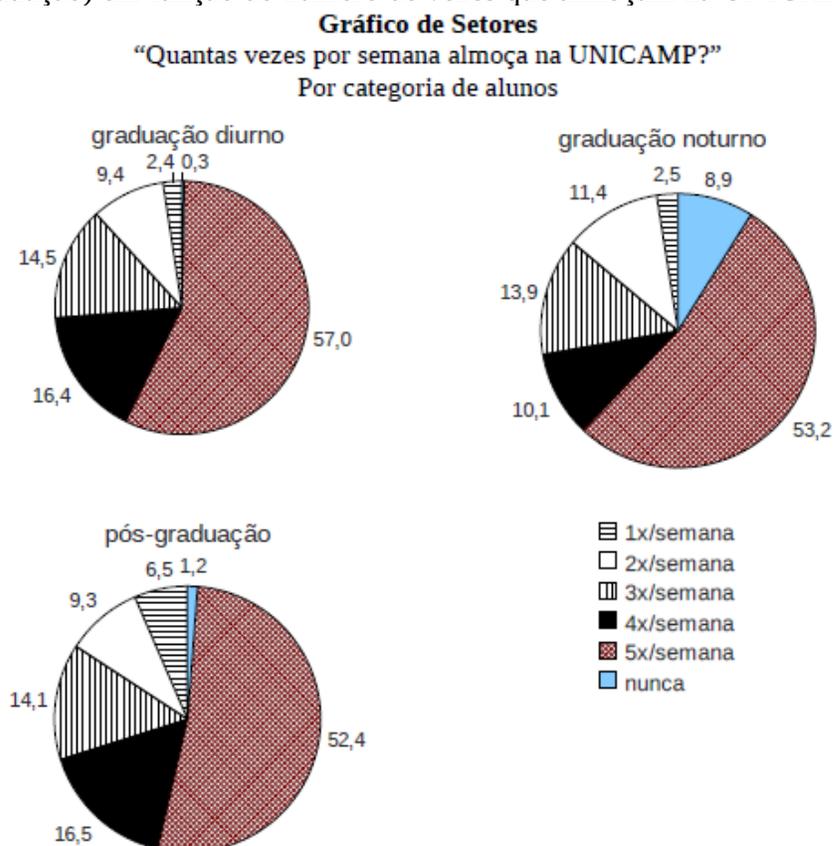
Marcondelli et al. (em 2008, 2012) verificaram que para 281 estudantes entrevistados da

área de saúde da Universidade de Brasília, 75,1 % apresentaram uma alimentação reduzida e portanto inadequada de frutas e vegetais, e 73,7 % apresentaram um consumo elevado e portanto inadequado de refrigerantes e doces.

Em um estudo realizado na Universidade de Sergipe, verificou-se que dentre 718 universitários, 67,7 % apresentaram baixo consumo de frutas e 84,4 % apresentaram reduzido consumo de verduras e legumes (em 2010, FEITOSA et al., 2012).

Com relação aos locais de refeições, destaca-se de Rodrigues (em 2010,2012) um levantamento sobre quantas vezes os alunos da UNICAMP almoçavam (Figura 3.8) e jantavam (Figura 3.9) na Universidade.

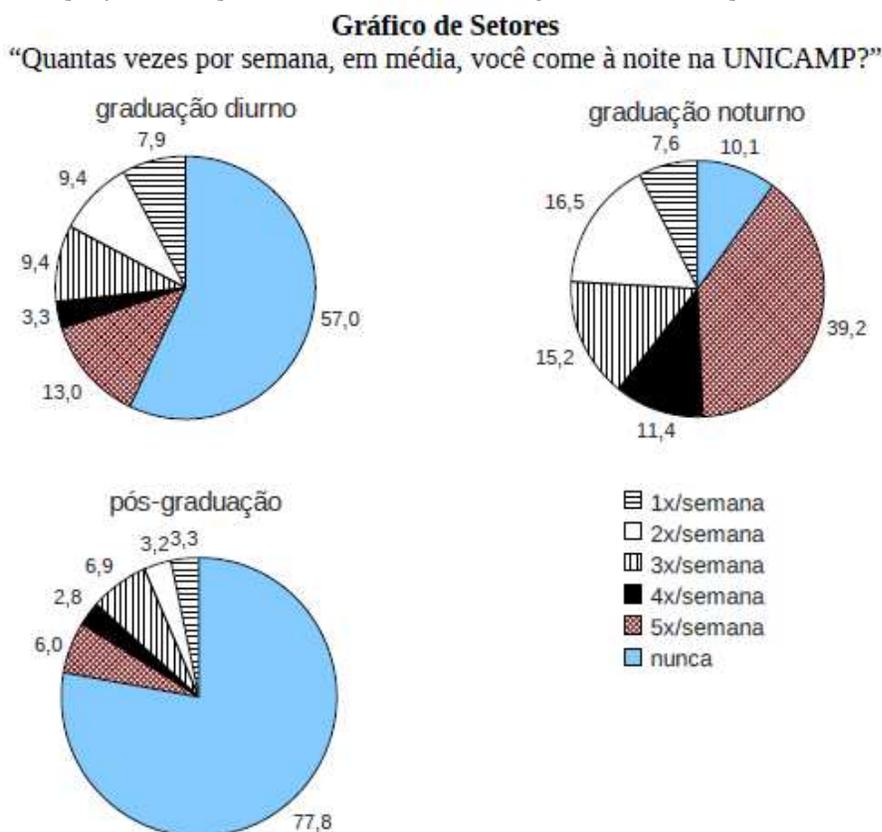
Figura 3.8 Distribuição dos alunos (por categoria – graduação diurna, graduação noturna e pós graduação) em função do número de vezes que almoçam na UNICAMP



Fonte: modificado de Rodrigues (2012, em 2010)

Rodrigues (2012), apresentou em 2010, uma avaliação dos serviços de alimentação do campus da UNICAMP. Nesta pesquisa, entrevistou 1083 clientes de cantinas e restaurantes do campus, em que dentre os estudantes entrevistados: 30,5 % era aluno de graduação de cursos do período diurno; 7,3 % aluno de graduação de cursos noturnos e, 25,9 %, aluno de cursos pós-graduação.

Figura 3.9 Distribuição dos alunos (por categoria – graduação diurno, graduação noturno e pós-graduação) em função do número de vezes que fazem refeições à noite na UNICAMP



Fonte: modificado de Rodrigues (2012, em 2010)

Com relação ao almoço, observa-se na Figura 3.8 que mais de 75 % dos alunos entrevistados almoçavam de três a cinco vezes por semana na Universidade.

Com relação ao jantar, Rodrigues (2012, em 2010) verificou que: 57,0% dos estudantes de graduação do período diurno e 77,9 % dos de pós-graduação nunca jantavam na UNICAMP, enquanto que 39,2 % dos de graduação do período noturno jantavam na Universidade (Figura 3.9).

Assim como Alves; Boog (2007), Rodrigues (2012, em 2010), verificou que os alunos têm o hábito de almoçar na UNICAMP. Com relação ao jantar, 65,8 % dos estudantes de graduação do período noturno declararam jantar de três a cinco vezes na Universidade.

O ambiente universitário, a situação de moradia, a rotina alimentar e a forma como o estudante lida com a vida fora da casa dos pais são elementos que conduzem, ou mesmo, estruturam seu comportamento alimentar. A análise destes comportamentos apresentados principalmente por Alves; Boog (2006, 2007) foram de suma importância para entender os resultados referentes à geração de resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP.

4 METODOLOGIA

Foi escolhida a Moradia Estudantil da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) como área de estudo da presente pesquisa. A metodologia utilizada está apresentada nos itens 4.1 a. 4.7.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi realizada a partir de publicações nacionais e internacionais sobre definição e classificação de resíduo sólido, produção de resíduo, acondicionamento de resíduo sólido doméstico, resíduo sólido orgânico e a composição do resíduo sólido urbano, técnicas para tratamento de resíduo sólido urbano, gestão/gerenciamento de resíduo sólido urbano, tratamento/disposição final de resíduo sólido orgânico, mercado e distribuição do composto, recursos para implantação de uma unidade/usina de compostagem, organização de unidades/usinas de compostagem, cálculos para o dimensionamento de uma unidade de compostagem com segregação na fonte, estudos envolvendo produção e tratamento de resíduo sólido orgânico e compostagem, gerenciamento de resíduo sólido no contexto universitário e comportamento alimentar de estudantes universitários, e está apresentada no capítulo 3.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE E DO LOCAL DE ESTUDO

Para a caracterização da Moradia Estudantil da UNICAMP e de sua comunidade foram utilizados dados oriundos do Anuário Estatístico da UNICAMP publicados em 2011, com ano base de 2010 (ANUÁRIO..., 2012). Informações adicionais sobre número de funcionários foram obtidos no site institucional (PME, 2010), de documentos arquivados na administração da Moradia e comunicação pessoal com um funcionário do setor (FOZATTI, 2011).

As casas da Moradia estão passando por um período de reforma que se iniciou em 2008 e com previsão de término para 2015. Desta forma, o levantamento do número de funcionários que estão trabalhando na reforma foi realizado por comunicação pessoal com o encarregado da reforma.

4.3 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DA COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

O levantamento do histórico da implantação e organização do sistema de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP foi realizado da seguinte maneira:

- através do levantamento de documentos ligados, direta ou indiretamente, ao tema coleta seletiva na Moradia, arquivados pela administração da Moradia e por este autor; e,
- por meio da experiência e participação deste autor em atividades no tema.

4.4 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DE COLETA DE RESÍDUO DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

A estrutura de coleta de resíduo da Moradia Estudantil da UNICAMP foi apresentada com a descrição de:

- diferentes tipos de lixeiras disponibilizadas para a coleta seletiva da Moradia (dimensões, cores e localização dentro da área da Moradia Estudantil);
- sistema de identificação dos tipos de lixeiras;
- sistema de segregação de resíduo nas residências, na administração-manutenção e na área de reforma;
- sistema de acondicionamento dos diversos tipos de resíduo gerado; e,
- sistema de coleta do resíduo gerado.

4.5 DESCRIÇÃO DO PÁTIO EXPERIMENTAL DE COMPOSTAGEM E DO PROCESSO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

Para a apresentação do processo operacional de tratamento de resíduo sólido orgânico na Moradia foi necessário descrever a estrutura física do pátio experimental de compostagem e listar o material necessário para a montagem das leiras e para a coleta de resíduo sólido orgânico.

Foram apresentados os diversos procedimentos operacionais de tratamento do resíduo sólido orgânico que consistiram em:

- segunda segregação do resíduo sólido orgânico;
- procedimento de pesagem e deposição do resíduo sólido orgânico nas leiras; e,
- procedimento de montagem da leira.

Também foi apresentado o sistema de tratamento, armazenamento e escoamento do composto maduro. Estas atividades e os procedimentos experimentais estão descritos nos relatórios do trabalho de iniciação científica “ Desenvolvimento de um pátio de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP” (DUTRA, 2005 e 2006). Ainda, foi feito o acompanhamento das atividades realizadas pelos bolsistas responsáveis pela coleta seletiva e compostagem.

4.6 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO GERADO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

As atividades realizadas para obtenção de dados foram:

- escolha das datas das carreiras de caracterização do resíduo produzido na Moradia Estudantil da UNICAMP; e;
- realização das caracterizações do resíduo sólido produzido pela comunidade da Moradia.

4.6.1 Escolha das datas das carreiras de caracterização do resíduo produzido na Moradia Estudantil da UNICAMP

Considerando os diversos fatores que interferem na geração de resíduo (item 3.2.1), foi definido que os dias de caracterização contemplariam todos os dias da semana, as quatro semanas dos meses e as quatro estações do ano, durante o período de um ano, como adotado em Streb (2010b), Nagle (2010, em 2004), Barbosa (2005), Henrique (2010) e Barbosa (2010, em 2007).

Na elaboração do calendário de caracterização foram observados e evitados os dias/semanas com feriados e eventos especiais que acontecem na Moradia Estudantil da UNICAMP entre outros acontecimentos, que poderiam descaracterizar a produção média de resíduo.

Desta forma, apresentam-se a seguir os critérios que foram seguidos para a construção do calendário de caracterização.

As carreiras de amostragem (semanas) foram escolhidas de forma a representarem um mês de amostragem, ou seja, foram escolhidas primeiras, segundas, terceiras e quartas semanas de modo a completarem um mês de caracterização durante cada estação do ano. Seguindo o critério de Henrique (2010), considerou-se como primeira semana do mês aquela que contém o maior número de dias no mês. As semanas seguintes são as segundas, terceiras e quartas

semanas.

Para contemplar todos os dias das semanas, cada carreira de caracterização foi considerada de segunda a sexta. Não há coleta de resíduo aos sábados e domingos na Moradia Estudantil, portanto o resíduo gerado neste período acumula-se para segunda-feira.

Assim, foram realizadas 13 carreiras de caracterização nos anos de 2009 e 2010 entre 13 de abril de 2009 e 18 de junho de 2010. Nove carreiras de caracterização foram realizadas em 2009 e quatro carreiras de caracterização foram realizadas em 2010.

4.6.2 Composição gravimétrica do resíduo sólido doméstico e avaliação do potencial de geração de resíduo sólido orgânico na Moradia Estudantil da UNICAMP

O resíduo produzido pelos estudantes era acondicionado em sacos plásticos de supermercado enquanto o resíduo gerado pela administração-manutenção e pelos funcionários da reforma era acondicionado em sacos pretos de 100 litros.

As lixeiras da Moradia Estudantil da UNICAMP, suportes metálicos coletivos, estão posicionadas em dois locais: próximo à portaria I e próximo à portaria II.

Havia três categorias de lixeiras próximas às portarias I e II:

- lixeiras cinza, para lixo comum (rejeitos);
- lixeiras laranja, para resíduo potencialmente reciclável; e,
- lixeiras marrons, para resíduo sólido orgânico "compostável".

O resíduo sólido doméstico gerado na Moradia era depositado nas diferentes lixeiras. O resíduo de varrição coletado pelos funcionários da empresa terceirizada era depositado debaixo das lixeiras cinza.

Nas 13 semanas de análise o resíduo sólido doméstico gerado por toda comunidade da

Moradia depositado nas lixeiras coletivas, debaixo das lixeiras e a uma distância de um metro das lixeiras foi caracterizado gravimetricamente.

Para a caracterização do resíduo foram posicionadas duas mesas próximas a cada conjunto de lixeiras. Estas mesas permaneceram nas mesmas posições durante todo período de caracterização.

Os sacos plásticos com o resíduo foram retirados das lixeiras, depositados nas mesas, abertos e seu conteúdo disposto nas mesas para, então, ser separado nas seguintes categorias:

a) "resíduo sólido orgânico" (ou "resíduo sólido compostável"): resíduo biodegradável de alimentação (ou resíduo sólido orgânico doméstico fácil e moderadamente biodegradável), restos de alimentos, cascas de frutas, borra de café, pães, etc, que potencialmente podem ser degradados pelo processo de compostagem;

b) "resíduo sólido patogênico": papel higiênico, absorventes, fraldas, cotonetes usados, curativos, seringas, fezes de animais, etc;

c) "resíduo sólido volumoso": resíduo com dimensões superiores a 100 litros ou a um metro de comprimento, pedaços de madeira, suporte de lâmpadas, colchões, etc;

d) varrição de áreas comuns: resíduo de varrição das ruas e corredores da Moradia, constituído por: terra, folhas, etc; e,

e) "demais resíduos " sólidos:

-resíduo potencialmente reciclável (exceto matéria orgânica): metal, vidro, papel; plástico, etc;

-resíduo têxtil: vestuário e restos de tecido;

-embalagem multicamadas: do tipo longa vida;

-resíduo perigoso (exceto patogênico): medicamentos, pilhas, lâmpadas, embalagem de produtos tóxicos como veneno, soda cáustica e tinta, etc;

-animal morto;

- resíduo de varrição do resíduo sólido doméstico, e,

- outros: todo resíduo que não se encaixe em nenhuma das categorias anteriores, tais como: cerâmica, terra, pedra, madeira e couro.

Durante a triagem, cada categoria era depositada em diferentes galões plásticos de 200

litros. Os galões com as diferentes categorias eram pesados e as massas anotadas na planilha de campo. A planilha que foi utilizada para a obtenção dos dados de campo é mostrada na Tabela 4.1.

Os valores em massa registrados em campo eram transferidos para o computador, em uma planilha eletrônica. A massa dos galões utilizados eram subtraídas dos valores registrados. Os dados obtidos foram organizados e somados para a obtenção da constituição em massa de cada categoria estabelecida.

Tabela 4.1 Modelo de planilha utilizada na obtenção de dados na Moradia Estudantil da UNICAMP

Planilha de Caracterização de Resíduo ¹			n:	Data de deposição:
LIXEIRA	"RESÍDUO ORGÂNICO"	"RESÍDUO PATOGÊNICO"	"DEMAIS RESÍDUOS"	OBSERVAÇÕES
Observações:				

1 A massa do "resíduo sólido volumoso" era registrado na coluna "Observações", já que este era depositado nas lixeiras em quantidades irregulares e de forma esporádica.

Assim, o resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil da UNICAMP foi segregado de acordo com as categorias apresentadas (Tabela 4.1) e caracterizado gravimetricamente. Com isto, pôde-se identificar o potencial de geração do resíduo sólido orgânico "compostável" presente no resíduo sólido doméstico gerado pela comunidade da Moradia.

4.6.3 Tratamento dos dados de caracterização

Seguindo a metodologia apresentada em 2007, por Barbosa (2010), os dados obtidos em campo foram analisados, por meio do cálculo de médias. A estatística dos dados coletados ofereceu informações relacionadas às treze carreiras de caracterização do resíduo sólido doméstico e resíduo de varrição de áreas comuns gerados nos anos de 2009 e 2010. Desta forma foram obtidas:

- a geração de resíduo sólido doméstico e resíduo de varrição de áreas comuns de 2009, de 2010 e total, ou seja, correspondente às treze carreiras de caracterização;
- a taxa de geração de resíduo sólido doméstico por habitante em 2009 e 2010;
- a taxa de geração de resíduo sólido orgânico doméstico "compostável" por habitante em 2009 e 2010;
- a composição percentual da massa de resíduo sólido orgânico doméstico em relação ao resíduo total gerado; e,
- o erro de descarte nas lixeiras marrons (orgânico) e laranja (potencialmente reciclável).

O método de levantamento do número de habitantes para a obtenção da taxa de geração de resíduo sólido doméstico e de resíduo sólido orgânico doméstico "compostável" por habitante foi apresentado no item de caracterização da comunidade da Moradia Estudantil da UNICAMP (item 4.2).

A geração média semanal de resíduo sólido doméstico (RSD) de cada período foi calculada dividindo-se as categorias totais ("incluindo 'varrição' " e "excluindo 'varrição' ") pelo número de carreiras de caracterização. Ou seja, dividiu-se o valor total de geração de RSD por 9 para o ano de 2009, por 4 para o ano de 2010 e por 13 para o ano de 2009 e 2010.

A geração média diária foi calculada dividindo-se os valores de geração média semanal das duas categorias por 7, que corresponde ao número de dias da semana de segunda-feira a domingo.

A taxa de geração per capita de RSD foi obtida dividindo-se os valores de geração média

diária pela população da Moradia Estudantil da UNICAMP no período correspondente.

Os cálculos da geração média semanal, diária e per capita de resíduo sólido orgânico (RSO) da Moradia Estudantil para todos os períodos foi feito da mesma forma que para o resíduo sólido doméstico.

A análise, a discussão dos resultados, a proposta de plano de gerenciamento de resíduo sólido orgânico na Moradia Estudantil e as conclusões foram feitas a partir destes dados trabalhados.

4.7 PROPOSTA DE PLANO PARA OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO DOMÉSTICO PARA A MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

O gerenciamento do resíduo sólido orgânico doméstico "compostável" na Moradia Estudantil da UNICAMP está estruturado em escala experimental desde 2005. Uma das propostas desta pesquisa foi o desenvolvimento teórico de um plano de gerenciamento otimizado para a fração orgânica "compostável" contida no resíduo sólido doméstico da Moradia. Isto foi realizado baseado em:

- levantamento bibliográfico de estudos envolvendo a caracterização e gerenciamento de resíduo orgânico doméstico;
- análise dos hábitos alimentares dos estudantes residentes na Moradia;
- levantamento histórico da coleta seletiva na Moradia;
- caracterização da comunidade e do local de estudo;
- descrição da estrutura de coleta de resíduo da Moradia Estudantil;
- segregação, o sistema de coleta do "resíduo sólido orgânico doméstico compostável" e o processo operacional de compostagem desenvolvido em escala experimental durante o trabalho de iniciação científica realizado pelo presente autor (DUTRA, 2005; DUTRA, 2006, DUTRA; HABIB; BARBOSA, 2006); e,
- caracterização do resíduo sólido doméstico gerado por toda comunidade da Moradia e avaliação do potencial de geração de resíduo sólido orgânico doméstico produzido.

A proposta de plano de gerenciamento de resíduo sólido orgânico envolveu:

- sugestões para otimização e ampliação do sistema de segregação, coleta e tratamento do resíduo sólido orgânico doméstico "compostável" já existentes em escala experimental;
- os cálculos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP;
- sugestões para o escoamento, aplicação para o potencial composto produzido na Moradia Estudantil da UNICAMP; e,
- sugestões para o sistema de informação e sensibilização para a minimização e segregação de resíduo potencialmente reciclável e orgânico compostável.

Os cálculos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP basearam-se principalmente nas orientações propostas, em 2008, por Massukado (2010); Inácio; Miller (2009), em 2007, por Pereira Neto (2010) e IPT/CEMPRE (2000). Foram realizados:

- o cálculo da área de disposição das leiras de compostagem;
- o cálculo da área do local de armazenamento do composto pronto (maduro);
- o cálculo da área de disposição do triturado e da grama;
- o cálculo da área do total da Unidade de Compostagem; e,
- a análise da mão de obra necessária para a operação da Unidade de Compostagem da Moradia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em:

- caracterização do local e da comunidade da Moradia Estudantil da UNICAMP;
- levantamento histórico do sistema de coleta seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP;
- descrição da estrutura de coleta de resíduo da Moradia Estudantil da UNICAMP;
- datas das carreiras de caracterização;
- geração e composição em massa do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP;
- composição percentual do resíduo sólido doméstico (RSD) gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP;
- distribuição e taxa de geração resíduo sólido doméstico nas carreiras (semanas) de caracterização na Moradia Estudantil da UNICAMP;
- eficiência do sistema de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP;
- proposta de plano de gerenciamento de resíduo sólido orgânico na Moradia Estudantil da UNICAMP; e,
- exemplo prático de dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A Moradia Estudantil da UNICAMP foi escolhida como área de estudo desta pesquisa. A Moradia está localizada no distrito de Barão Geraldo, município de Campinas, no bairro Vila Santa Izabel, a 3 km do campus central da UNICAMP.

5.1.1. Estrutura Física

A Moradia Estudantil da UNICAMP ocupa uma área total de 55.000 m² e 22.000 m² de área construída. É constituída por 226 casas com capacidade para quatro pessoas, 27 estúdios destinados a casais e filhos, 13 salas de estudo, 4 centros de vivência, 1 campo de futebol e um parque infantil (Tabela 5.1) (PME, 2010).

Tabela 5.1 Informações sobre a estrutura física da Moradia Estudantil da UNICAMP

ÁREA FÍSICA	2010
Dados Físicos	
Área do Terreno	55.000 m ²
Área total da construção	18.632 m ²
Área construída de cada unidade	64m ²
Número total de habitações	253
Número de estúdios (casas para famílias - cônjuges e filhos)	27
Número de casas comuns (4 alunos)	226
Espaços Comunitários	
Centros de convívio (150 m ²)	4
Salas de estudo tipo ponte (100 m ²)	4
Salas de estudo tipo esquinas (90 m ²)	9

Fonte: ANUÁRIO... (2012)

A Moradia possui três portarias (Portaria I, II e III). Durante doze carreiras de caracterização a Portaria I serviu para entrada de veículos e a Portaria II, para a saída de veículos, na última carreira de caracterização a Portaria III serviu para a entrada de veículos devido a reformas.

O antigo canteiro de obras da Moradia foi revitalizado pelos moradores em mutirões realizados desde 2006. Desde então foram construídos no local uma horta, um viveiro/estufa, um fogão e forno de barro e um pátio experimental de compostagem (Figura 5.1 e 5.2).

Em 2008, iniciou-se um período de reformas na Moradia. As obras são em grande parte de ordem estrutural e têm previsão de término para 2015. Durante este processo, parte dos

moradores foram realocados para outras casas na Moradia ou para casas alugadas pela UNICAMP.

Figura 5.1 Imagem de satélite da Moradia Estudantil da UNICAMP em destaque: G -Praça de Vivências Ambientais



Fonte: baseado em Google Earth (2010)

Figura 5.2 Destaque da imagem de satélite da Moradia Estudantil da UNICAMP onde evidencia-se Pátio Experimental de Compostagem (A), Horta (B), Fogão e Forno de Barro(C), Viveiro/Estufa (E) o Parque Infantil (D) , Centro de Vivência 3 (CV3) (F) e Praça de Vivências Ambientais (G)



Fonte: baseado em Google Earth (2010)

5.1.2 Comunidade da Moradia Estudantil da UNICAMP

A Moradia Estudantil da UNICAMP abrigou em média 943 pessoas entre 2000 e 2010 (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Moradores da Moradia Estudantil da UNICAMP entre 2000 e 2010

Período	Graduação	Mestrado	Doutorado	Familiares	Total
2000	752	92	28	27	899
2001	1000	122	37	36	1195
2002	778	69	26	29	902
2003	845	58	24	29	956
2004	722	34	104	29	889
2005	769	105	47	29	950
2006	719	99	47	29	894
2007	673	68	26	57	824
2008	764	97	31	86	978
2009	685	107	36	40	868
2010	801	122	50	44	1017

Fonte: ANUÁRIO ... (2012)

Em 2009 e 2010 o setor administrativo da Moradia possuía 7 funcionários contratados pela Universidade e 1 coordenador executivo (PME, 2010). Os funcionários responsáveis pela limpeza e varrição totalizavam 6 pessoas contratadas por duas empresas terceirizadas. Havia 5 funcionários contratados por empresas terceirizadas que trabalhavam na segurança do local. Além disso, havia 21 funcionários responsáveis pela reforma da Moradia, que iniciou em 2008 e com término previsto para 2015 (FOZATTI, 2011). Portanto, os funcionários e a equipe administrativa totalizavam 40 pessoas.

Em 2009 a Moradia teve 828 estudantes (sendo 685 da graduação, 107 do mestrado e 36 do doutorado) e 40 familiares de estudantes (ANUÁRIO..., 2012).

Desta forma, a comunidade da Moradia Estudantil da UNICAMP era formada em 2009 por: 40 funcionários e equipe administrativa, 828 estudantes, 40 familiares de estudantes,

totalizando 908 pessoas.

Em 2010, a Moradia teve 973 estudantes (sendo 801 da graduação, 122 do mestrado e 50 do doutorado) e 44 familiares de estudantes (ANUÁRIO..., 2012).

Assim, a comunidade da Moradia Estudantil era formada em 2010 por: 40 funcionários e equipe administrativa, 973 estudantes, 44 familiares de estudantes, totalizando 1057 pessoas.

5.2 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO SISTEMA DE COLETA SELETIVA NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

O primeiro registro encontrado nos arquivos da Moradia Estudantil da UNICAMP foi um projeto que implantou um sistema de coleta seletiva com a proposta de envolver todos os residentes e que se chamava Recicladia e é de 1999 (AMOR..., 1999 - ANEXO A). O foco deste grupo de estudantes da UNICAMP não se restringia somente a uma campanha de coleta seletiva, mas também na relação das pessoas com o espaço de convívio. Este grupo, dentre diversas realizações, foi responsável por um diagnóstico, campanha informativa, instalação de lixeiras laranja para resíduo potencialmente reciclável (doação e reforma realizadas pela Divisão de Meio Ambiente da UNICAMP) e instalação de placas para identificação dos diferentes tipos de lixeiras (Figura 5.3). Além disto, este grupo viabilizou inicialmente a coleta do resíduo reciclável pela prefeitura de Campinas e posteriormente por catadores particulares (AMOR..., 1999b - ANEXO A).

Com preocupações semelhantes surgiu, em 2001, o grupo Soucateiro. Este grupo projetou modelos de lixeiras (Figura 5.4 - desenho com vistas frontal, lateral e superior, ANEXO B), já que aquelas existentes na Moradia não eram adequadas para uma área residencial e não comportavam o volume de resíduo produzido. As lixeiras projetadas não foram construídas, contudo novas lixeiras para “lixo comum” e reciclável foram instaladas (doação e reforma de lixeiras realizadas pela Divisão de Meio Ambiente da UNICAMP). Em 2001, o resíduo potencialmente reciclável passou a ser coletado novamente pela prefeitura de Campinas. Este

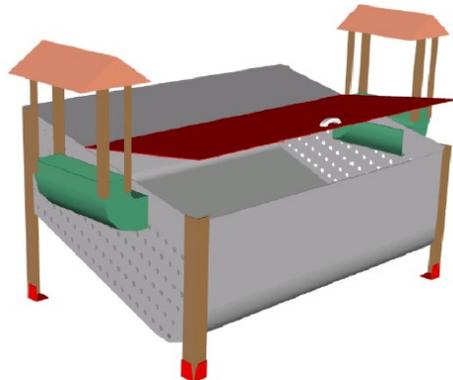
resíduo era levado para a então recém-instalada cooperativa de triagem de resíduos de Barão Geraldo, Cooperbarão (ANEXO C).

Figura 5.3 Placa de identificação das lixeiras de resíduo potencialmente reciclável e rejeitos (lixo comum) da Moradia Estudantil da UNICAMP, desenvolvida pelo grupo Recicladia em 1999

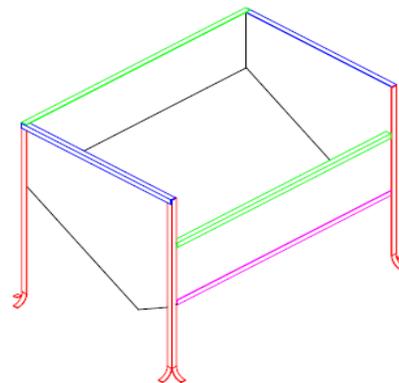


Fonte: deste autor

Figura 5.4 Lixeiras projetadas por Olavo Luppi integrante do grupo Soucateiros para a Moradia Estudantil da UNICAMP em 2001



(a) Lixeira para rejeitos (lixo comum)
Fonte: Luppi (2002a, 2002b)



(b) Lixeira para resíduo potencialmente reciclável

A partir de 2004 os projetos ambientais e de coleta seletiva passaram a contar com o apoio de estudantes de graduação que recebiam bolsa trabalho do Serviço de Apoio ao Estudante da UNICAMP (SAE). Naquele ano, os bolsistas fizeram campanhas informativas e realizaram um diagnóstico sobre coleta seletiva e compostagem. No período, diversos estudantes da Moradia construíram composteiras próximas ao blocos onde residiam.

Em janeiro de 2005 iniciou o processo de incorporação do tratamento de resíduo orgânico ao programa de coleta seletiva da Moradia, com o trabalho de iniciação científica “Desenvolvimento de um modelo de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil”, realizada pelo autor deste trabalho, com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sob orientação do prof. Dr. Mohamed Habib (DUTRA, 2005).

O desenvolvimento do trabalho de iniciação científica na Moradia Estudantil da UNICAMP constou do estabelecimento de um sistema de coleta de orgânicos e separação de resíduo, da estruturação de um pátio experimental de compostagem, da instalação de composteiras para residências entre blocos e de campanhas informativas sobre coleta seletiva e compostagem (ver item 5.3.3). Duas lixeiras marrons para resíduo orgânico foram reformadas, doadas pela Divisão de Meio-Ambiente da UNICAMP e instaladas em dois locais junto às outras lixeiras da Moradia (ver item 5.3.1). Em uma primeira fase, placas de identificação foram construídas pelo autor deste trabalho utilizando-se placas de madeira e instaladas próximo às diferentes lixeiras da Moradia. Após a deterioração das placas de madeira, novas placas de identificação de metal foram desenvolvidas pelo autor deste trabalho junto com funcionários do Departamento de Sinalização da UNICAMP (Figura 5.11) (DUTRA, 2005; MAHMOUD et al., 2007).

Documentos informativos sobre compostagem e coleta seletiva de resíduo foram elaborados e distribuídos para todos os moradores (ANEXO D). Realizou-se uma campanha porta a porta para incentivar a segregação de resíduos com apoio de outros estudantes residentes da Moradia e integrantes do projeto Sonha Barão.

Diversas atividades surgiram integradas à realização do trabalho de iniciação científica e fizeram parte da campanha informativa sobre coleta seletiva na Moradia. Oficinas de compostagem realizadas durante eventos como: I Festival Artístico Cultural Virada da Lua em dezembro de 2005 ; I Fórum de Integração e (Com)Ciência – Moradia, UNICAMP e Comunidade em setembro de 2006 (ANEXO E). Além dos mutirões de construção do canteiro

em espiral de ervas (medicinais e culinárias) e uma horta em forma de mandala, respectivamente em setembro e outubro de 2006 (Figura 5.5).

Figura 5.5 Mutirões realizados na Moradia Estudantil da UNICAMP. (a) construção do espiral de ervas medicinais e culinárias (setembro de 2006), (b) construção da horta em forma de mandala (outubro de 2006)



(a)



(b)

Fonte: deste autor

O trabalho de iniciação científica contou desde o início, em 2005, com o apoio de estudantes bolsistas. Em agosto de 2006, o presente autor, com o final da bolsa de iniciação científica, passou a receber bolsa trabalho do Serviço de Apoio ao Estudante (SAE) e deu continuidade ao programa de coleta seletiva e compostagem na Moradia. Entre 2005 e 2008, um funcionário de serviços de alvenaria da Moradia ajudava eventualmente de forma voluntária na manutenção da horta e das composteiras do pátio experimental de compostagem. Pleiteou-se diversas vezes junto à administração da residência universitária e outras instâncias da UNICAMP que se oficializasse as atividades de manutenção do pátio experimental de compostagem, hortas e jardins da Moradia como parte de suas atribuições (ANEXO F). Este pedido nunca foi atendido e em 2009 este funcionário foi afastado permanentemente por licença médica.

De 2007 a 2009 o programa de coleta seletiva foi conduzido por bolsistas estudantes de graduação em biologia e voluntários. Durante todo este período, os estudantes envolvidos no projeto mantiveram o sistema de coleta e o tratamento de resíduo orgânico, realizaram campanhas informativas, diagnósticos, oficinas, lançaram um logotipo (Figura 5.6) e material informativo.

O projeto de extensão “Educação, ecologia, cultura e arte - Sociedade Pró Menor², Moradia Estudantil e comunidade” promoveu a educação através da integração da comunidade e dos projetos sócio-ambientais desenvolvidos na entidade Sociedade Pró-Menor e na Moradia Estudantil da UNICAMP, um deles era o programa de coleta seletiva e compostagem. Teve início em maio de 2007 e foi financiado pelo segundo e terceiro editais de projetos de extensão da PREAC (Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da UNICAMP). Dentre os campos de atuação do projeto destacam-se: atividades de educação ambiental e mutirões de construção participativa de um viveiro-estufa e revitalização da horta. O projeto foi realizado por estudantes universitários e familiares de estudantes residentes na Moradia Estudantil.

Figura 5.6 Logotipo desenvolvido para o programa de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: Figueiredo (2007)

O autor desta pesquisa, junto com uma doutoranda do departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, graduada em arquitetura, desenvolveu um modelo de lixeira em alvenaria para a Moradia que seria apresentado como proposta para responsáveis pela administração da Moradia. Este modelo foi desenvolvido em 2009, seguindo alguns critérios como: impedir os acesso de animais como cães, gatos, pombos; proteger o resíduo da chuva; facilitar o acesso e deposição do resíduo pelo morador, o acesso do coletor da prefeitura e otimizar a limpeza periódica.

As lixeiras em alvenaria foram dimensionadas de acordo com uma análise do volume do

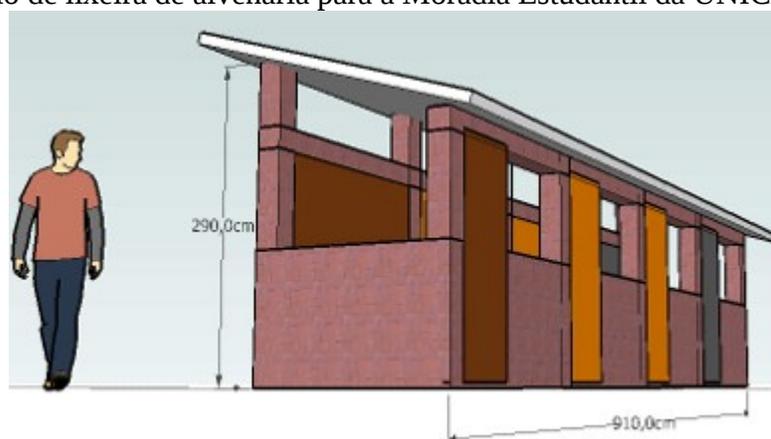
2 A Sociedade Pró Menor Barão Geraldo foi fundada em 23 de agosto de 1981, atende a 90 crianças e adolescentes de 7 a 14 anos em horário complementar ao da escola.

resíduo depositado nas lixeiras instaladas em um dia de pico de geração. Neste dia, os sacos plásticos com resíduo estavam transbordando o volume da lixeira (Figura 5.3). Utilizando-se fita métrica, mediu-se as dimensões das lixeiras e a altura que iniciava-se da base da lixeira até o saco de resíduo que representava a altura máxima de transbordamento. Desta forma, aproximou-se o formato das lixeira a trapezóides, em que paralelepípedos eram determinados pelo volume das lixeiras e pirâmides eram formadas pelo excesso de “sacos de lixo”.

Este método de avaliação volumétrica em dia de pico serviu para determinar as dimensões do modelo de lixeira coletiva em alvenaria. Este modelo foi projetado utilizando um aplicativo de computador para a construção de desenhos em 3 dimensões denominado “Sketch Up” (SKETCH UP, 2012). Utilizou-se para isto critérios de construção civil como inclinação de telhado, largura de blocos, etc (Figura 5.7).

Como pode ser observado na Figura 5.7, obteve-se um modelo de lixeira modular, com compartimentos de dimensões iguais e portas com cores diferenciadas. Cada porta delimita um compartimento onde deveria conter tipos diferenciados de resíduo. O compartimento com porta marrom deveria conter resíduo orgânico, os compartimentos com porta laranja deveria conter resíduo potencialmente reciclável e o com porta cinza deveria conter “lixo comum” (rejeito).

Figura 5.7 Modelo de lixeira de alvenaria para a Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: Corgi; Dutra (2009)

O modelo foi apresentado à administração da Moradia e arquivado para futuras análises.

O sistema de coleta de “resíduo sólido orgânico” das lixeiras marrons manteve-se entre

2005 e 2009. Em 2010, houve alterações na atribuição de atividades dos bolsistas trabalho da Moradia que culminou na interrupção da coleta de resíduo orgânico das lixeiras marrons. O pátio experimental de compostagem, após este período, continuou sendo utilizado por residentes da Moradia que passaram a depositar seu resíduo orgânico e monitorar leiras no local voluntariamente. Além disto, foram localizadas algumas pequenas composteiras entre blocos da Moradia que eram utilizadas por residentes de uma ou mais casas do local.

Verificou-se, portanto que a preocupação com relação à geração de resíduo manteve-se durante todo período analisado. Os contextos e prioridades diferenciaram-se, contudo sempre houve a necessidade da organização do sistema de segregação e coleta de resíduo, levando em consideração principalmente a instalação de lixeiras adequadas para o local, e de campanhas informativas e educativas para uma adequada segregação de resíduo.

Neste contexto se desenvolveu o programa de coleta seletiva na Moradia que culminou no estabelecimento de uma estrutura para a segregação e coleta das três categorias de resíduos: comum (rejeito), potencialmente reciclável e orgânico; e um tratamento para o resíduo orgânico, mesmo que experimental, mas sanitária e ambientalmente adequado.

5.3 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DE COLETA DE RESÍDUO DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

Para caracterizar a coleta de resíduo sólido da Moradia Estudantil da UNICAMP foi necessário subdividi-la em dois itens:

- estrutura para a coleta de resíduo; e,
- segregação e sistema de coleta de resíduo.

5.3.1 Estrutura para a coleta de resíduo

As lixeiras da Moradia Estudantil da UNICAMP estavam posicionadas em dois pontos: o primeiro próximo à portaria I e o segundo próximo à portaria II, em frente ao local onde

estabeleceu-se no período um ponto de ônibus. Em cada ponto (Tabela 5.3 e 5.4) havia um conjunto de lixeiras diferenciadas por cores e placas de identificação.

Grande parte das lixeiras apresentadas nas Tabelas 5.3 e 5.4 foram transferidas do campus da UNICAMP, reformadas e instaladas na Moradia Estudantil.

Tabela 5.3 Lixeiras próximas à portaria I da Moradia Estudantil da UNICAMP

Localização	Portaria I				
Identificação	Cinza I		Laranja I		Marrom I
Tipo de Resíduo	“Lixo” Comum (rejeito)		Reciclável		Orgânico
Quantidade de Lixeiras	1	1	1	4	1
Dimensões (m) (comprimento x largura x altura)	2,0 x 1,5 x 0,5	2,0 x 1,5 x 0,5	3,2 x 1,5 x 0,5	1,5 x 1,0 x 0,35	1,5 x 1,0 x 0,35
Volume (m ³)	1,5	1,5	2,4	0,53	0,53

Tabela 5.4 Lixeiras que se localizavam em frente ao ponto de ônibus próximo à portaria II da Moradia Estudantil da UNICAMP

Localização	Portaria II				
Identificação	Cinza II		Laranja II		Marrom II
Tipo de Resíduo	“Lixo” Comum (rejeito)		Reciclável		Orgânico
Quantidade de Lixeiras	1	1	3		1
Dimensões (m) (comprimento x largura x altura)	1,5 x 1,0 x 0,35	2,5 x 1,3 x 0,35	1,5 x 1,0 x 0,35		1,5 x 1,0 x 0,25
Volume (m ³)	0,53	1,14	0,53		0,38

5.3.2. Segregação e sistema de coleta de resíduo da Moradia Estudantil da UNICAMP

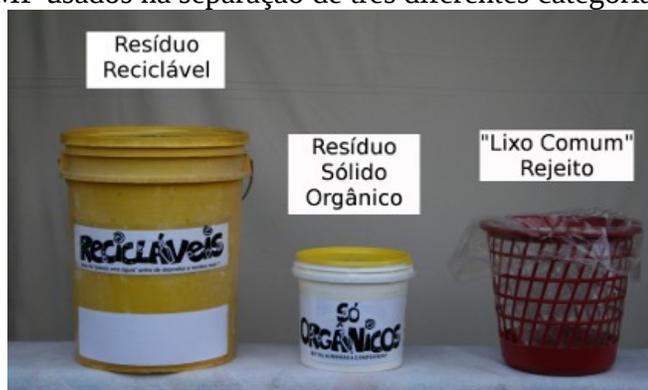
Os alunos da Moradia Estudantil da UNICAMP foram solicitados a separar seu resíduo em três categorias: comum (rejeito), reciclável e orgânico.

Mostra-se na Figura 5.8 três recipientes geralmente utilizados para a segregação dos resíduos na Moradia. O resíduo sólido orgânico era depositado em recipiente de 3 a 5 litros identificado com adesivo “Só Orgânicos”. O resíduo reciclável era depositado em recipiente de 20 litros identificado com adesivo “Recicláveis”. O “lixo” comum ou resíduo comum (rejeito) era depositado no recipiente vermelho (5 litros). Os adesivos são apresentados no ANEXO G.

Os recipientes de 3 a 5 litros para resíduo sólido orgânico e de 20 litros para reciclável eram entregues pelo autor desta pesquisa, bolsistas e voluntários, para os residentes da Moradia, para incentivá-los a separar o resíduo em suas casas. Os recipientes foram doados pelo restaurante universitário da UNICAMP e pela Divisão de Meio Ambiente da UNICAMP (ANEXO H).

Os resíduos comum (rejeito), reciclável e orgânico produzidos pelos estudantes eram geralmente acondicionados em sacos plásticos de supermercado com capacidade de cinco litros.

Figura 5.8 Apresentação dos três diferentes recipientes de uma residência da Moradia Estudantil da UNICAMP usados na separação de três diferentes categorias de resíduo



Fonte: deste autor

Na Moradia havia três tipos de lixeiras (ver item 5.3.1). Os alunos e funcionários eram orientados, por meio das placas de identificação e campanhas informativas (Figura 5.9 e 5.10), a depositarem:

- “lixo” comum (rejeito) nas lixeiras de cor cinza;
- resíduo potencialmente reciclável nas lixeiras de cor laranja; e,
- resíduo sólido orgânico nas lixeiras de cor marrom.

Os alunos deslocavam-se de suas casas levando seu resíduo em um dos dois locais onde

estavam posicionadas as lixeiras (lixeiras da portaria I e lixeiras da portaria II).

Outra orientação dada aos alunos e funcionários por meio das placas de identificação era sobre o destino do resíduo que não era segregado na fonte geradora. As lixeiras que recebiam este tipo de resíduo eram as lixeiras de cor cinza, ou seja, Cinza I e Cinza II (ver Tabela 5.3 e Tabela 5.4 item 5.3.1). A placa cinza apresenta o seguinte texto: “ 'Lixo' Comum: quem não se-pa-ra deposita tudo aqui” (Figura 5.11).

Figura 5.9 Lixeiras com as placas de identificação: lixeiras cinza para “lixo” comum, lixeiras laranja para resíduo reciclável e lixeira marrom para resíduo sólido orgânico, na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

Figura 5.10 Detalhe das lixeiras próximas à portaria II com placas de identificação na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

Figura 5.11 Placas de identificação das lixeiras da Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

Não havia recipientes diferenciados para a segregação do resíduo da administração-manutenção, portarias e no refeitório dos funcionários da reforma. O resíduo produzido pelos funcionários era acondicionado em sacos de “lixo” pretos geralmente de cem litros fornecidos pela UNICAMP ou pela empresa terceirizada.

Uma das funcionárias da limpeza era responsável por levar o resíduo gerado na administração-manutenção e um funcionário da reforma levava o resíduo gerado pelos funcionários da reforma para as lixeiras da Moradia.

Dois funcionários contratados por uma empresa terceirizada realizavam o serviço de varrição de áreas comuns às terças, quintas e sábados. O resíduo de varrição era depositado por estes funcionários sob as lixeiras cinza.

Em fevereiro de 2009 houve uma oficina para orientar os funcionários da administração-manutenção e limpeza sobre o sistema de segregação de resíduo da Moradia Estudantil.

O resíduo das lixeiras de cor cinza, “lixo” comum, era coletado pela Prefeitura de Campinas nas manhãs de segunda, quarta e sexta-feira, exceto nos feriados, e era levado para o aterro sanitário Delta A.

O resíduo das lixeiras de cor laranja, reciclável, era coletado pela Prefeitura Municipal de

Campinas (PMC) todas as segundas e quintas-feiras no período noturno e levado para a cooperativa de triagem de resíduo de Barão Geraldo (Cooperbarão).

O resíduo das lixeiras de cor marrom, orgânico, foi coletado, entre abril 2005 e dezembro de 2006 pelo autor desta pesquisa com o auxílio de um estudante bolsista e entre janeiro de 2007 e dezembro de 2009 por dois bolsistas da Moradia. O resíduo das lixeiras de cor marrom era coletado toda segunda, quarta e sexta-feira, geralmente no período da manhã, e era levado para o pátio experimental de compostagem. No pátio de compostagem realizava-se o processo de segunda segregação do resíduo da lixeira marrom e o resíduo compostável era depositado na leira de compostagem (ver itens 5.3.3.3 a 5.3.3.5).

Os coletores de lixo reciclável eram orientados a diferenciar os sacos plásticos com recicláveis de outros que apresentassem rejeitos em demasia (principalmente matéria orgânica e “lixo de banheiro”). Estes coletores eram instruídos a depositar o material rejeito nas lixeiras cinza.

As lixeiras da Moradia Estudantil da UNICAMP consistiam de suportes metálicos abertos (Figura 5.9 e 5.10), portanto, suscetíveis a intempéries. Isto determinou, dentre outros, diversos problemas sanitários e estéticos.

O número de lixeiras foi ampliado diversas vezes, principalmente por causa da introdução da coleta seletiva na Moradia Estudantil. Ainda assim, a capacidade das lixeiras não foi suficiente para comportar o “lixo comum” (rejeito) e o resíduo potencialmente reciclável, principalmente em dias de intensa geração como nas segundas-feiras. Esta superlotação fazia com que “sacos de lixo” caíssem nas laterais das lixeiras ou fossem depositados diretamente no chão pelos residentes e funcionários.

O resíduo exposto pelas lixeiras abertas e o resíduo espalhado no fundo e ao redor das lixeiras determinavam um problema estético. As áreas onde se localizavam as lixeiras eram feias, repulsivas e desagradáveis.

Além disto, os sacos de lixo expostos no chão ou mesmo sobre as lixeiras eram rompidos por gatos, cachorros e pombos à procura de alimento. Este resíduo exposto atraía diversos vetores de importância epidemiológica como ratos, baratas, pombos e moscas. Além disto, o resíduo sólido orgânico exposto liberava para o solo próximo às lixeiras um chorume de odor desagradável principalmente em dias de intensa chuva.

Havia funcionários que eram designados a limpar o espaços ao redor das lixeiras. Contudo, o serviço de higienização do local não era satisfatório, as lixeiras raramente eram higienizadas e raramente retirava-se o resíduo solto (que caíam dos sacos plásticos) que permaneciam por meses no fundo das lixeiras.

O resíduo volumoso gerado nas residências da Moradia, constituído principalmente por colchões, móveis, estrados, etc., era depositado em caçambas dispostas na Moradia Estudantil. Contudo, não houve um processo de comunicação e nenhum tipo de identificação em que, por exemplo, se estabelecesse um local para a deposição deste tipo de resíduo pelos residentes da Moradia. Ainda assim, alguns estudantes depositavam este resíduo diretamente nas caçambas sem qualquer tipo de orientação. Porém grande parte do resíduo volumoso gerado nas residências era deixado em locais aleatórios da Moradia Estudantil sem qualquer critério, por exemplo: entre os blocos, no pátio experimental de compostagem, próximo ou até mesmo sobre as lixeiras. Este resíduo volumoso, quando depositado sobre as lixeiras causavam, em diversas situações, a sua superlotação e os diversos problemas sanitários e estéticos apresentados anteriormente. Os funcionários encarregados pela limpeza recolhiam o resíduo volumoso e o depositavam nas caçambas. Neste sentido, o autor deste trabalho desenvolveu uma placa “Só volumosos” para ser instalada em um local para a deposição de resíduo volumoso gerado pelos residentes da Moradia. Esta placa, em 2011, foi instalada em um local onde deixava-se uma caçamba para a deposição deste tipo de resíduo.

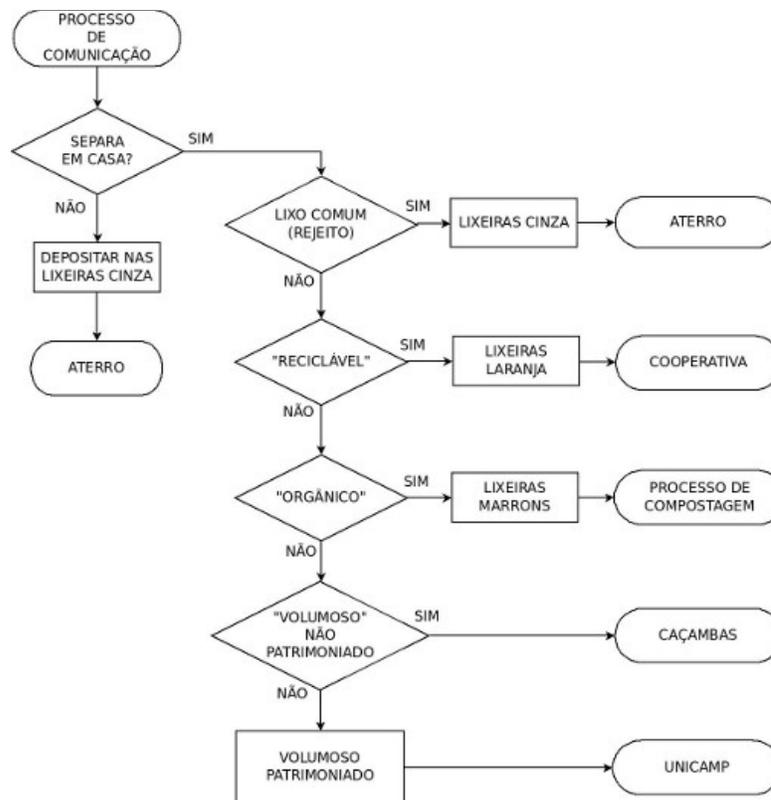
É importante ressaltar também a geração de resíduo patrimoniado na Moradia Estudantil da UNICAMP. Grande parte deste resíduo era volumoso e correspondia a camas, mesas, cadeiras, módulos de fogão-geladeira, computadores antigos, etc. Este tipo de resíduo deveria ser levado a um depósito localizado na Universidade ou poderia ser descartado ou doado mediante trâmites

burocráticos. Geralmente este tipo de resíduo permanecia na Moradia por meses. Parte deste resíduo era disposto em um espaço aberto, cercado, próximo à portaria II da Moradia, ficando portanto, exposto às intempéries.

Em 2009 o mobiliário patrimoniado das residências da Moradia, camas, mesas, cadeiras, módulos de fogão-geladeira passaram a ser trocados. O mobiliário que foi repostado não podia ficar sujeito a intempéries. Desta forma, este foi disposto nos corredores entre os blocos da Moradia, causando diversos problemas, como um impacto visual negativo aos residentes da Moradia. O funcionário encarregado pela manutenção da Moradia, desenhou um barracão para a deposição deste tipo de resíduo no antigo canteiro de obras, este, porém, não foi construído.

O fluxograma da segregação e sistema de coleta de resíduo da Moradia pode ser visualizado na Figura 5.12.

Figura 5.12 Fluxograma da proposta de segregação e sistema de coleta de resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

A distribuição de recipientes para o resíduo sólido orgânico e potencialmente reciclável, a ampliação no número de lixeiras e o desenvolvimento e instalação de placas para estas foram alternativas utilizadas para organizar e incentivar a segregação de resíduos na Moradia Estudantil.

Contudo, a capacidade das lixeiras para armazenamento do resíduo para a coleta não era o suficiente e o tipos de lixeiras, suportes metálicos abertos, não eram adequados para uma área residencial. Neste sentido, recomenda-se o uso de lixeiras fechadas para o armazenamento deste resíduo.

Verificou-se ainda a necessidade da realização de campanhas educativas periódicas (com periodicidade não superior a seis meses) para os residentes e funcionários para uma correta segregação do resíduo e sua disposição adequada nas lixeiras, além de orientação para os funcionários para a limpeza e organização das lixeiras.

5.3.3 Processo operacional de compostagem

Para apresentar o processo operacional de compostagem, é necessário inicialmente descrever a estrutura física do pátio experimental de compostagem e o material para a montagem das leiras.

5.3.3.1 Estrutura física do pátio experimental de compostagem

O pátio experimental de compostagem apresentava área aproximada de 50 m². Localizava-se na área do antigo canteiro de obras da Moradia Estudantil da UNICAMP (Figura 5.2 item 5.1.1).

5.3.3.2 Material para a coleta de resíduo sólido orgânico e montagem das leiras

Os funcionários da Diretoria de Áreas Verdes da UNICAMP eram responsáveis por triturar a poda de árvores da Universidade. Obtinha-se, a partir deste processo, o resíduo triturado, rico em carbono. Aproximadamente 8 m³ deste resíduo triturado era solicitado pelos bolsistas responsáveis pela coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP trimestralmente, via correio eletrônico ou telefone, à Diretoria de Áreas Verdes da UNICAMP e transportado para um local específico no pátio de compostagem da Moradia.

Era solicitado, também trimestralmente, 8 m³ de grama para o funcionário encarregado da empresa terceirizada responsável pelo corte de grama da Moradia. Este material também era transportado para um local específico no pátio de compostagem da Moradia.

O resíduo triturado e a grama eram usados para a montagem das leiras, conforme item 5.3.3.5.

O material necessário para a coleta, para a segunda classificação do resíduo sólido orgânico e para montagem da leira era: luvas, 2 baldes de 20 litros, latão de 200 litros (que servia de bancada para segunda classificação do resíduo sólido orgânico), botas, balança, carrinho de supermercado para a coleta do resíduo sólido orgânico e um garfo de jardinagem.

Observou-se em campo que o resíduo triturado e a grama devem ser repostos no máximo a cada seis meses, sendo o ideal a cada três meses, já que este material passa a se decompor após este período inviabilizando seu uso.

5.3.3.3 Procedimento de coleta do resíduo sólido orgânico

Os bolsistas, que realizavam a coleta nas lixeiras marrom I e II (as lixeiras marrom I e II eram respectivamente próximas às portarias I e II ver item 5.3.1), retiravam os sacos plásticos

com resíduo sólido orgânico dos mesmos e os colocavam em um carrinho de supermercado. Os sacos plásticos com excesso de resíduo não compostável visível eram retirados das lixeiras marrons e depositados nas lixeiras cinza.

O resíduo não compostável correspondia àquele que se enquadrava nas categorias “demais resíduos”, patogênico e volumoso, descrito no item 4.6.2.

Os sacos plásticos com resíduo sólido orgânico colocados no carrinho de supermercado eram levados para o pátio de compostagem.

5.3.3.4 Segunda segregação do resíduo sólido orgânico

No pátio de compostagem, os bolsistas rompiam os sacos plásticos retirados do carrinho de supermercado (das lixeiras marrons) sobre o latão de 200 litros (montado como bancada). Em seguida era realizada uma segunda segregação quando os bolsistas realizavam uma triagem manual retirando o resíduo que não deveria ser depositado nas leiras, ou seja, o material não compostável era separado e depositado em uma sacola de supermercado. Os bolsistas retiravam também porções grandes de resíduo de origem animal, pois poderiam atrair animais domésticos (gatos e cachorros). Após esta segunda segregação, a matéria orgânica era depositada em um balde de 20 litros. Quando o balde era preenchido, o resíduo sólido orgânico era pesado e depositado em uma leira previamente preparada (ver Figura 5.13 e item 5.3.3.5). Os sacos plásticos com o resíduo inadequado à compostagem, oriundo da segunda segregação, e os sacos plásticos rompidos eram levados para uma das lixeiras Cinza II, para resíduo comum (rejeito) (ver Tabela 5.4), próximas ao pátio de compostagem.

Verificou-se que a utilização de sacos plásticos para a segregação de resíduo sólido orgânico adotada na Moradia Estudantil seguiu a prática adotada em outras localidades, como em São Carlos (em 2008, MASSUKADO, 2010) e Santiago de Estero, Argentina (PAZ et al., 2002, 2003). O acondicionamento da matéria orgânica em sacos plásticos tornou a segunda

segregação no pátio de compostagem mais demorada, já que este processo requeria o rompimento dos sacos plásticos retirados das lixeiras marrons.

O sistema de coleta e segregação seria mais eficiente se houvesse um sistema de troca de recipientes sem a utilização de sacolas plásticas, como é realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (INÁCIO; MILLER, 2009), ou seja, a coleta de resíduo sólido orgânico poderia ser facilitada com o acondicionamento direto em contenedores sem o uso de sacos plásticos. Este sistema facilitaria o processo de segunda segregação e deposição nas leiras. Contudo, haveria a desvantagem deste contenedor necessitar de constante higienização (limpeza). Vale ressaltar que o saco plástico utilizado para conter o resíduo sólido orgânico contaminava-se com este material perdendo seu potencial de reciclabilidade.

Figura 5.13 Atividade experimental no pátio de compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP: segunda segregação, pesagem e deposição do material na leira



Fonte: Dutra (2005)

5.3.3.5 Montagem das leiras

A matéria orgânica era depositada em leiras com base quadrada de 1,4 m de lado e 1,5m de altura, seguindo o método UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) de compostagem (item 3.5.3.5). A montagem das leiras era feita manualmente e em camadas, ou seja, a leira de compostagem, aeróbia, era montada alternando-se camadas de material rico em carbono (o resíduo orgânico triturado) e rico em nitrogênio (o resíduo orgânico doméstico segregado).

Uma espessa camada de grama era utilizada para a construção da parede e para a cobertura da leira (Figura 5.14).

Figura 5.14 Montagem das leiras na Moradia Estudantil da UNICAMP, (a) resíduo produzido em uma coleta de segunda-feira (11/ago/2008), (b) leira aberta e (c) leiras fechadas com espessa camada de grama



(a)



(b)



(c)

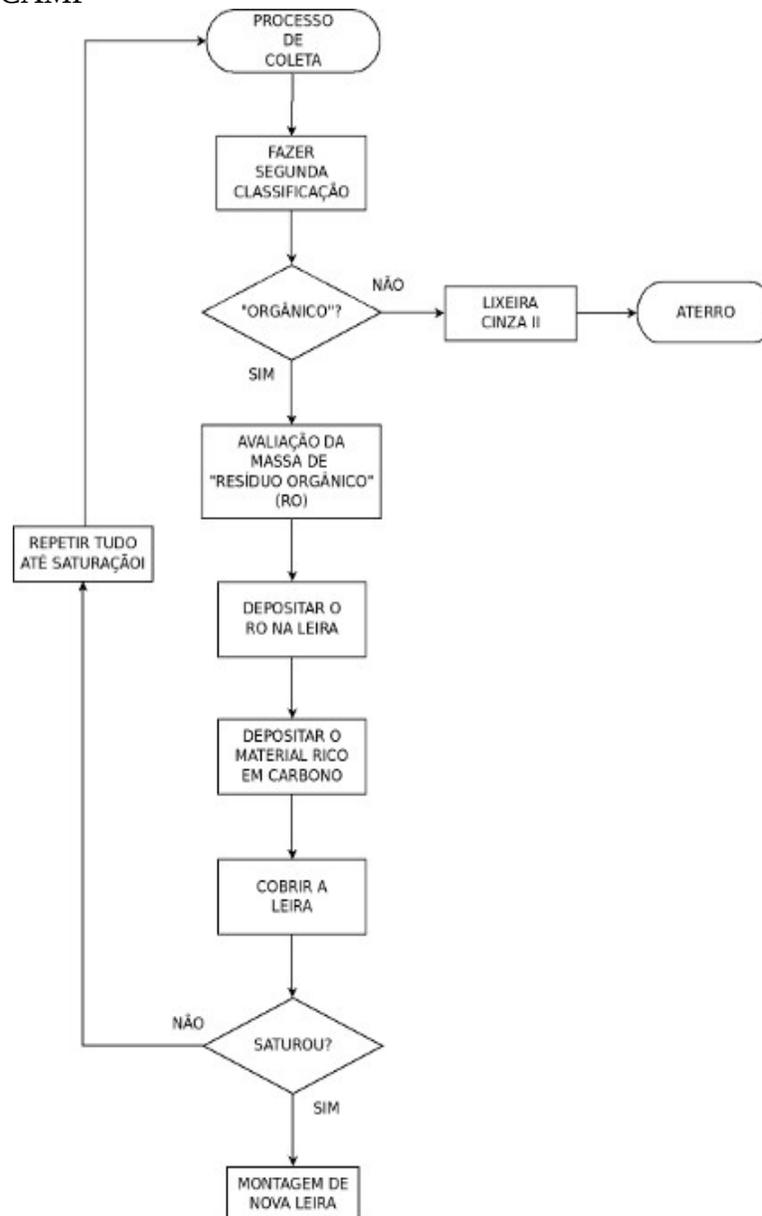
Foto: Ademilton Guerra de Souza, junho de 2008

Após atingir aproximadamente 1 m de altura, uma nova leira era montada. O pátio

experimental de compostagem tinha uma área que comportava cinco leiras.

Verifica-se por meio da Figura 5.15, o fluxograma do processo de montagem das leiras na Moradia Estudantil.

Figura 5.15 Fluxograma do processo de montagem das leiras na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

5.3.3.6 Pós-tratamento, armazenamento e escoamento do composto maduro

Após um período de aproximadamente 100 dias o composto maduro era retirado da leira, peneirado e armazenado em uma baia no pátio experimental de compostagem.

Para otimizar o processo de peneiração foi construído um peneirador de composto, Figura 5.16, na serralheria da Divisão de Meio Ambiente da UNICAMP utilizando-se sucatas.

Figura 5.16 Peneirador de composto da Moradia Estudantil da UNICAMP

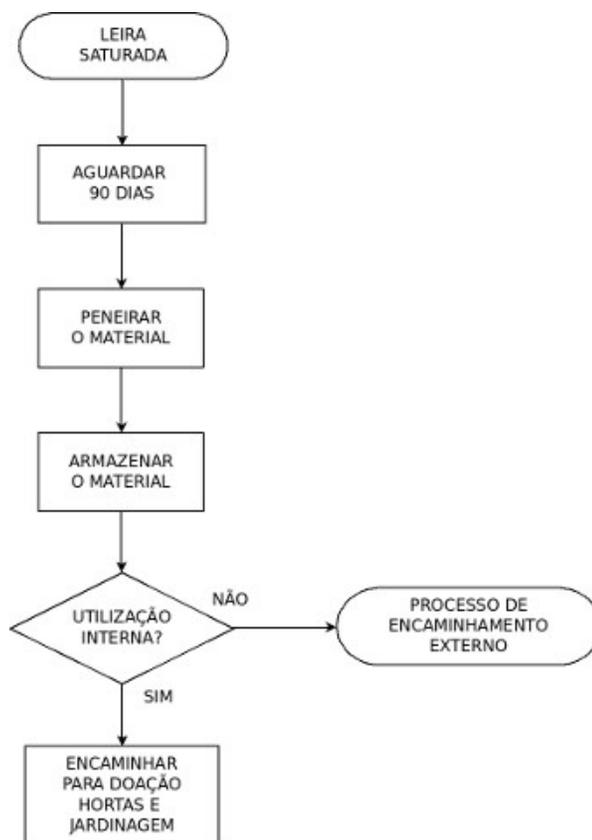


Fonte: deste autor

O composto peneirado era doado a funcionários e alunos da UNICAMP e utilizado na horta da Moradia.

Verifica-se por meio da Figura 5.17, o fluxograma do processo de pós-tratamento e escoamento do composto maduro na Moradia Estudantil.

Figura 5.17 Fluxograma do processo de pós-tratamento e escoamento do composto curado (maduro) na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

5.4 RESULTADOS OBTIDOS NA CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO DOMÉSTICO GERADO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

Os itens desta seção correspondem aos resultados obtidos por meio das carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010. E está dividida em:

- datas das carreiras de caracterização;
- geração e composição em massa do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP;
- composição percentual do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia;

- distribuição e taxa de geração de resíduo sólido doméstico nas carreiras (semanas) de caracterização na Moradia; e,
- eficiência do sistema de coleta seletiva da Moradia.

5.4.1 Datas das carreiras de caracterização

As datas das carreiras de caracterização foram organizadas seguindo os critérios do item 4.6.1 deste trabalho e são apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Datas das carreiras de caracterização realizadas entre 13 de abril de 2009 e 18 de junho de 2010 na Moradia Estudantil da Unicamp

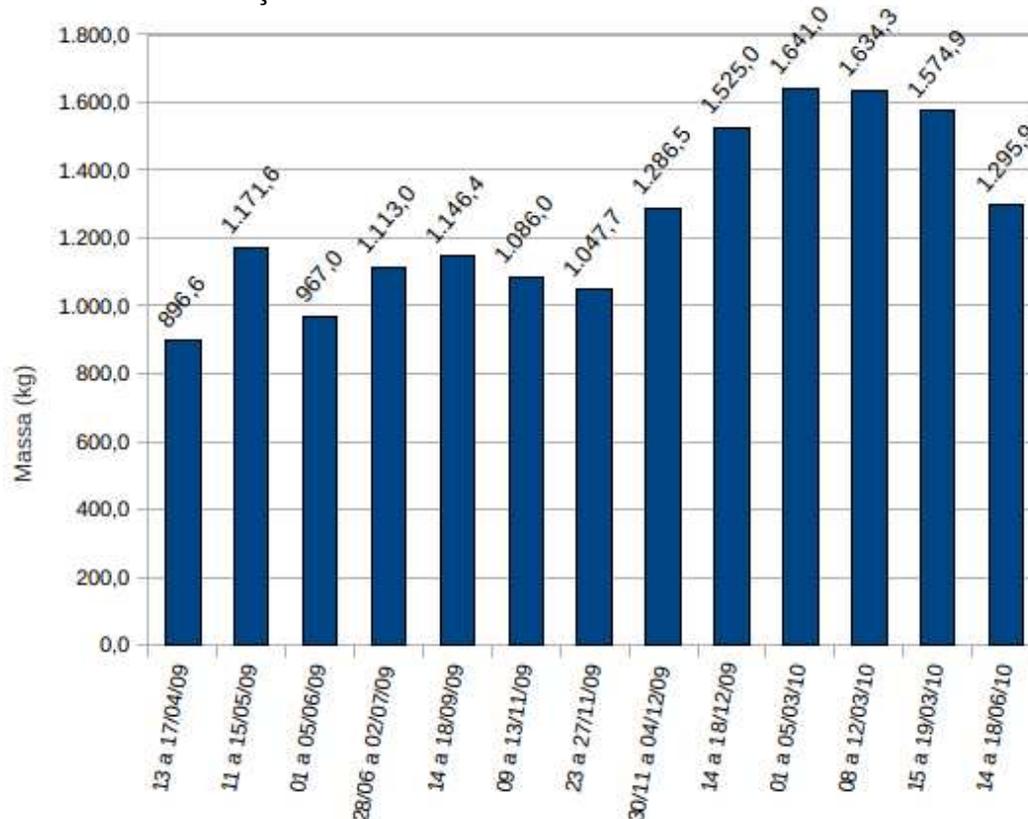
Período (dias da semana)	Semana do mês	Estação do ano	Número da caracterização
13 a 17/04/09	3 ^a	Outono	1
11 a 15/05/09	2 ^a	Outono	2
01 a 05/06/09	1 ^a	Outono	3
28/06 a 02/07/09	1 ^a	Inverno	4
14 a 18/09/09	3 ^a	Inverno	5
09 a 13/11/09	2 ^a	Primavera	6
23 a 27/11/09	4 ^a	Primavera	7
30/11 a 04/12/09	1 ^a	Primavera	8
14 a 18/12/09	3 ^a	Primavera	9
01 a 05/03/10	1 ^a	Verão	10
08 a 12/03/10	2 ^a	Verão	11
15 a 19/03/10	3 ^a	Verão	12
14 a 18/06/10	3 ^a	Outono	13

Diversos fatores impossibilitaram a caracterização do resíduo sólido doméstico em alguns períodos previstos como para as quartas semanas das estações: outono, inverno e verão e a segunda semana de inverno. Dentre estes fatores destacam-se: os períodos de férias na Universidade, aliados à disponibilidade para a caracterização; a prorrogação das férias devido à gripe H1N1 em agosto de 2009 e feriados.

5.4.2 Geração e composição em massa do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP

Na Figura 5.18 são apresentadas as quantidades totais de resíduo sólido doméstico (RSD) geradas nas carreiras (semanas) de caracterização realizadas na Moradia Estudantil da UNICAMP. Foram realizadas nove carreiras de caracterização no ano de 2009 e quatro em 2010.

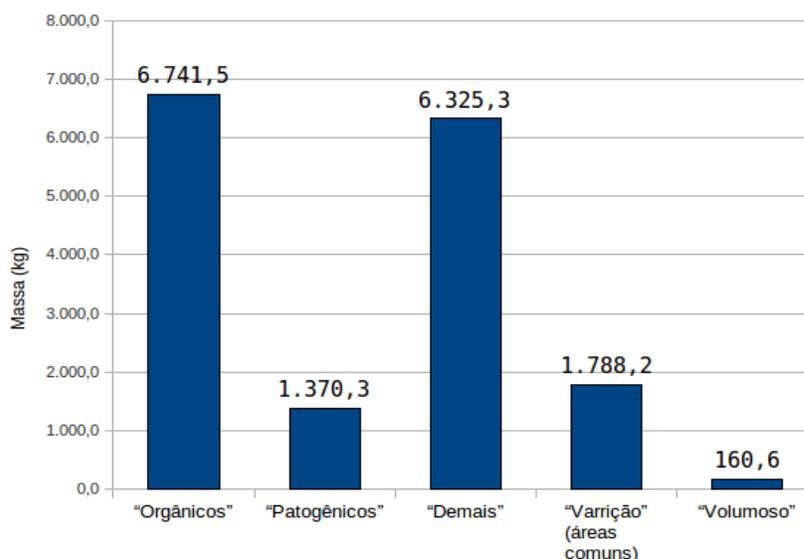
Figura 5.18 Quantidade total de resíduo sólido doméstico gerado nas 13 carreiras de caracterização realizadas na Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

Nas 13 carreiras de caracterização realizadas em 2009 e 2010 obteve-se 16.385,9 kg de resíduo sólido doméstico (RSD). Desse total, obteve-se 6.741,5 kg de resíduo sólido orgânico, 6.325,3 kg de "demais resíduos", 1.788,2 kg de resíduo de varrição de áreas comuns, 1.370,3 kg de resíduo "patogênico" e 160,6 kg de resíduo volumoso (Figura 5.19; Tabela 5.6).

Figura 5.19 Composição total de resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP em 13 carreiras de caracterização realizadas de abril de 2009 a junho de 2010



Obs.: * A varrição deste gráfico corresponde àquela presente em áreas comuns da Moradia, a varrição das residências e áreas de manutenção e administração foi pesada junto com os "demais resíduos"

Fonte: deste autor

Tabela 5.6 Composição total do Resíduo Sólido gerado nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 na Moradia Estudantil da UNICAMP

Resíduo	2009 ²	2010 ²	2009 e 2010
"Orgânico" (kg)	4.520,0	2.221,5	6.741,5
"Patogênico" (kg)	887,2	483,1	1.370,3
"Demais" (kg)	3.631,8	2.693,5	6.325,3
"Varrição" ¹ (kg)	1.081,2	707,0	1.788,2
"Volumosos" (kg)	119,6	41,0	160,6
Total (kg)	10.239,8	6.146,1	16385,9

1 A varrição correspondeu àquela presente em áreas comuns da Moradia. A varrição das residências, áreas de manutenção e administração foi pesada junto com os "demais resíduos".

2 Número de carreiras de caracterização em 2009 foram 9 e em 2010 foram 4.

Observa-se também por meio da Tabela 5.6 a geração de "resíduo orgânico", resíduo "patogênico", "demais resíduos", resíduo de "varrição" e "resíduo volumoso" nas 9 carreiras de caracterização de 2009 e nas 4 carreiras de caracterização de 2010.

Verifica-se na Tabela 5.7, os valores da geração total, média semanal, diária e per capita de resíduo sólido doméstico (RSD) para cada período em estudo: para as 9 carreiras de

caracterização de 2009, para as 4 caracterizações de 2010 e para as 13 carreiras de caracterização de 2009 e 2010.

Tabela 5.7 Geração de Resíduo Sólido nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 e avaliação da influência do resíduo de "varrição" de áreas comuns na Moradia Estudantil da UNICAMP

Geração de Resíduo Sólido Doméstico (RSD)	2009		2010		2009 e 2010	
	Incluindo varrição ¹	Excluindo varrição ¹	Incluindo varrição ¹	Excluindo varrição ¹	Incluindo varrição ¹	Excluindo varrição ¹
Total nas caracterizações do período (kg)	10.239,8	9.158,6	6.146,1	5.439,1	16.385,9	14.597,7
Média Semanal ² (kg)	1.137,8	1.017,6	1.536,5	1.359,8	1.260,5	1.122,9
Desvio Padrão Semanal (kg)	184,4	146,7	163,1	223,9	256,9	232,1
Média Diária ³ (kg)	162,5	145,4	219,5	194,3	180,1	160,4
Desvio Padrão Diário (kg)	26,3	21,0	23,3	32,0	36,7	33,2
População da Moradia (hab.)	908	908	1057	1057	954 ⁵	954 ⁵
Taxa de geração per capita de RSD ⁴ (kg/ hab.dia)	0,179	0,160	0,208	0,184	0,188 ⁶	0,167 ⁶

1 A varrição correspondeu àquela presente em áreas comuns da Moradia. A varrição das residências, áreas de manutenção e administração foi pesada junto com os "demais resíduos".

2 O cálculo da geração média semanal de RSD correspondeu ao quociente entre o total gerado na respectiva caracterização e o número de carreiras de caracterização do correspondente período.

3 O cálculo da geração média diária de RSD correspondeu ao valor da geração média semanal dividido por 7 (número de dias da semana).

4 O cálculo da taxa de geração per capita de RSD correspondeu ao valor da geração média diária dividido pela população da Moradia no período.

5- Valor corresponde à média ponderada das populações dos anos de 2009 (908) e 2010 (1057).

6 Valor obtido pela média aritmética das taxas de geração total per capita das 13 carreiras de caracterização.

A varrição presente nas Tabelas 5.6, 5.7 corresponde àquela presente em áreas comuns da Moradia. A varrição das residências e áreas de manutenção e administração foi pesada junto com os "demais resíduos".

Desta forma, dividiu-se a geração de RSD de cada período em duas categorias: "incluindo 'varrição' " e "excluindo 'varrição' ". Esta divisão em duas categorias foi realizada para se analisar a influência do resíduo de "varrição" obtido de áreas comuns da Moradia na geração de resíduo do local.

A quantidade total de resíduo sólido gerado na Moradia Estudantil nas nove carreiras de

caracterização realizadas em 2009, incluindo a varrição de áreas comuns, foi de 10.239,8 kg, e a taxa de geração per capita de 0,179 kg/ hab.dia. Excluindo-se a varrição de áreas comuns a geração total foi de 9.158,6 kg e a taxa de geração per capita foi de 0,160 kg/ hab.dia (Tabela 5.7).

Em 2010, a quantidade total de resíduo sólido gerada na Moradia Estudantil nas 4 carreiras de caracterização realizadas, incluindo-se a varrição de áreas comuns, foi de 6.146,1kg e a taxa de geração per capita foi de 0,208 kg/ hab.dia. Excluindo-se a varrição de áreas comuns a geração total foi de 5.439,1kg e a taxa de geração per capita foi de 0,184 kg/ hab.dia (Tabela 5.7).

A varrição de áreas comuns correspondeu a 10,6% do total de resíduo sólido doméstico gerado em 2009 e 11,5% do total de 2010 (10,9 % em média). Este percentual de geração em massa da varrição de áreas comuns foi significativo e deve ser considerado na caracterização e no gerenciamento do resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil. A varrição de áreas comuns foi analisado em separado, já que este material era coletado e disposto nas lixeiras por funcionários de empresa terceirizada contratados pela UNICAMP. Porém, como as áreas externas das casas da Moradia Estudantil estão conectadas, neste trabalho considerou-se a varrição de áreas comuns como parte do resíduo sólido doméstico.

Os cálculos da geração média semanal, diária e per capita de resíduo sólido orgânico (RSO) da Moradia Estudantil para todos os períodos foram feitos da mesma forma que para o resíduo sólido doméstico (Tabela 5.8, ver item 4.6.3).

A geração per capita, segundo Tenório e Espinosa (2009), depende de condições locais, época do ano e mesmo de condições climáticas. Na Moradia Estudantil da UNICAMP os valores de geração per capita foram muito inferiores ao de diversas localidades: Brasil, Estado de São Paulo, município de Campinas, distrito de Barão Geraldo.

No Brasil, de acordo com a projeção realizada em 2010 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011), a geração per capita de resíduo sólido urbano foi de 1,079 kg/hab.dia. No Estado de São Paulo a geração per capita em 2010 foi de 1,382 kg/hab.dia e no município de Campinas foi estimada em 0,984 kg/hab.dia

(ABRELPE, 2011). Em Barão Geraldo, numa caracterização realizada em 60 residências, verificou-se, em 1998, uma geração per capita média de 1,08kg/hab.dia de resíduo sólido doméstico (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Tabela 5.8 Geração de "Resíduo Orgânico" (RO) nas 13 carreiras de caracterização realizadas nos anos de 2009 e 2010 na Moradia Estudantil da UNICAMP

Geração de "Resíduo Orgânico" (RO)	2009	2010	2009 e 2010
Total nas caracterizações do período (kg)	4.520,0	2.221,5	6.741,5
Média Semanal ¹ (kg)	502,2	555,4	518,6
Desvio Padrão Semanal (kg)	56,7	42,6	57,0
Média Diária ² (kg)	71,7	79,3	74,1
Desvio Padrão Diário (kg)	8,1	6,1	8,1
População da Moradia	908	1057	954 ³
Taxa de geração per capita de RO ⁴ (kg)	0,079	0,075	0,078 ⁵

1 O cálculo da geração média semanal de RO correspondeu ao quociente entre o total gerado na respectiva caracterização e o número de carreiras de caracterização do correspondente período.

2 O cálculo da geração média diária de RO correspondeu ao valor da geração média semanal dividido por 7 (número de dias da semana).

3 Este valor corresponde à média ponderada das populações dos anos de 2009 (908) e 2010 (1057).

4 O cálculo da taxa de geração per capita de RO correspondeu ao valor da geração média diária dividido pela população da Moradia no período.

5 Valor obtido pela média aritmética das taxas de geração de resíduo sólido orgânico per capita das 13 carreiras de caracterização.

De acordo com dados calculados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2000 (IBGE, 2012a), nos municípios brasileiros, o coeficiente per capita de geração de resíduo sólido doméstico variou em função da população urbana entre 0,56 kg/hab.dia para localidades com até 100 mil habitantes e 1,16 kg/hab.dia para municípios com mais de 1 milhão de habitantes (Tabela 3.3 item 3.2.2).

Esta reduzida geração de resíduo sólido na Moradia Estudantil da UNICAMP (0,188kg/hab.dia, em média - 2009 e 2010 - incluindo varrição de áreas comuns), pode estar relacionada aos hábitos cotidianos dos estudantes ali residentes. Diversas informações sobre estes hábitos podem ser obtidas por meio da análise de seu comportamento alimentar (ALVES; BOOG, 2006, 2007; em 2010, RODRIGUES, 2012).

Uma percentagem significativa dos estudantes passa grande parte do dia fora da Moradia, permanecendo principalmente na Universidade, por conta de atividades acadêmicas. Assim, uma elevada percentagem do resíduo gerado pelos estudantes neste período é descartada na própria Universidade.

Isto pode ser verificado por meio da distribuição dos locais de refeições dos estudantes entrevistados na pesquisa de Alves; Boog (2007); Rodrigues (2012, em 2010). Observa-se na Tabela 3.21 (item 3.14) que 79% dos estudantes entrevistados almoçou fora da Moradia, sendo 63% no restaurante universitário, 8% em lanchonetes e 8% foi categorizado como outros (ALVES; BOOG, 2007).

Rodrigues (2012, em 2010) verificou que mais de 75 % dos estudantes de graduação e pós-graduação da UNICAMP almoçavam de três a cinco vezes por semana na Universidade (Figura 3.8 item 3.14).

Alves; Boog (2007) verificaram pela análise do jantar, que uma percentagem significativa de estudantes, também permanecia na Universidade no período noturno, já que, segundo a pesquisa, 45 %, jantou fora da Moradia, dos quais, 28%, declarou ter jantado no restaurante universitário, 6 % em lanchonetes e 11 % foi categorizado como outros. Corroborando os dados apresentados por Alves; Boog (2007), Rodrigues (2012, em 2010) verificou que uma percentagem significativa de estudantes de graduação noturno, 65,8 %, declararam jantar de três a cinco vezes na Universidade (Figura 3.9 item 3.14).

Outro fator que pode ser correlacionado com a reduzida geração de resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil é a qualidade das refeições dos estudantes. As autoras destacaram que dentre os entrevistados, 30% não realizou o desjejum e 20 % realizou esta refeição de maneira incompleta. No almoço o índice de refeições categorizadas como ausentes (5%) e incompletas (23%) foi inferior com relação ao desjejum principalmente porque os estudantes almoçaram no restaurante universitário. Contudo, no jantar a percentagem de refeições classificadas como incompletas elevou-se para 63% (Tabela 3.23) (ALVES; BOOG, 2007).

Nas refeições caracterizadas como incompletas, Alves; Boog (2007) verificaram um elevado consumo de pão, leite, bolacha e macarrão, enquanto a frequência de compra de alimentos como frutas, hortaliças, ovos e carnes foi relativamente menor (Tabela 3.22 e Tabela 3.24) (ALVES; BOOG, 2007).

Os estudantes consumiam grande quantidade de "marmitex", pizza e lanches principalmente no jantar e final de semana. Isto pôde ser observado pela elevada presença de embalagens de frios, marmitex, pizza e pacotes de pão no resíduo.

Dados sobre qualidade alimentar levantados por Marcondelli et al. (2012, em 2008) e Feitosa et al. (2012, em 2010) corroboraram os dados apresentados por Alves; Boog (2007). Marcondelli et al. (2012, em 2008) verificaram que dentre 218 estudantes universitários da área de saúde entrevistados na Universidade de Brasília, 75,1 % apresentaram uma alimentação reduzida e portanto inadequada de frutas e vegetais. Além disto, 73,7 % dos estudantes entrevistados apresentaram um consumo elevado e portanto inadequado de refrigerantes e doces. Feitosa et al. (2012, em 2010) verificaram que dentre 718 universitários, 67,7 % apresentaram baixo consumo de frutas e 84,4 % apresentaram reduzido consumo de verduras e legumes.

Assim, o reduzido consumo de frutas e hortaliças e o elevado consumo de produtos industrializados ou pré-preparados, determinaram uma baixa taxa de geração de resíduo sólido doméstico, principalmente orgânico.

Nos finais de semana, Alves; Boog (2007) observaram que muitos estudantes iam para a casa dos pais contribuindo para redução na geração de resíduo neste período. Consideraram, desta forma, que a casa dos pais era um local onde o estudante podia obter uma alimentação saudável durante o final de semana.

Apesar da reduzida geração de resíduo sólido doméstico houve, ainda assim, um grande desperdício de matéria orgânica. Como mostrado na Figura 5.20, observou-se um frequente desperdício de matéria orgânica, tanto em campo (nas 13 carreiras de caracterização), quanto

pelos bolsistas durante suas atividades de coleta de resíduo sólido orgânico. Estas informações corroboram Alves; Boog (2006) ao tratar da dificuldade do estudante em estabelecer uma periodicidade para as compras de perecíveis e não perecíveis, dentre outras condições relacionadas à situação de prover sua própria alimentação. Assim, a geração de matéria orgânica poderia ser minimizada, por meio de mudanças nos hábitos e costumes da população da Moradia, como por exemplo, com um melhor planejamento da compra e consumo dos alimentos.

Figura 5.20 Amostras do desperdício de alimentos na Moradia Estudantil da UNICAMP



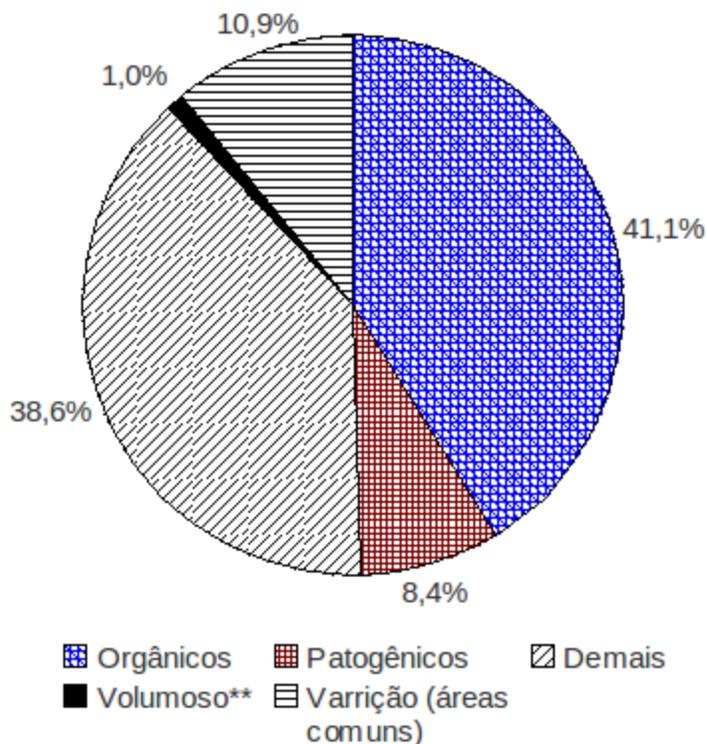
Foto: Ademilton Guerra de Souza, junho de 2008

Portanto, a situação de moradia, a rotina alimentar e a forma como o estudante lida com a vida fora da casa dos pais são elementos que transformam e determinam o comportamento alimentar do estudante que ingressa na Universidade e este comportamento alimentar influencia diretamente na geração de resíduo.

5.4.3 Composição percentual do resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil da UNICAMP

Na Figura 5.21 é apresentada a distribuição percentual média semanal (em kg) do resíduo sólido doméstico (RSD) gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP correspondente às 13 carreiras de caracterização realizadas em 2009 e 2010.

Figura 5.21 Distribuição percentual semanal média do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP correspondente às 13 carreiras de caracterização de 2009 e 2010



Fonte: deste autor

Na Figura 5.21 observa-se que em média 41,1 % do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia corresponde a resíduo orgânico (RO), 38,6 % corresponde aos “demais resíduos” (resíduos potencialmente reciclável e não reciclável), seguido de “varrição de áreas comuns” (10,9 %), “patogênicos” (8,4 %) e “volumosos” (1,0 %).

A percentagem de “resíduo orgânico” na composição do resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil predominou, 41,1%. De maneira análoga ocorre no Brasil, com geração de 52,5% de resíduo orgânico (TIVERON, 2001) e em diversas outras localidades, como no município de São Paulo, 48,2 % (LIMPURB, 2002 apud TENÓRIO; ESPINOSA, 2009), Minas Gerais, 67% (PEREIRA NETO, 1999) e no distrito de Barão Geraldo, 56% (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Associando os hábitos alimentares dos estudantes à geração de “resíduo orgânico”

verifica-se que percentagem desse componente apesar de predominante poderia ser mais elevada caso os estudantes preparassem com mais frequência suas refeições e sua alimentação fosse constituída de mais frutas, legumes, verduras e hortaliças (ALVES; BOOG, 2007).

A categoria "demais resíduos" corresponde ao resíduo potencialmente reciclável, têxtil, resíduo perigoso (exceto o resíduo correspondente à categoria "patogênico", neste trabalho), animal morto, varrição das residências e outros (ver item 4.6.2). Esta categoria foi a segunda mais expressiva em massa, correspondendo em média 38,6 % do resíduo sólido doméstico gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP.

Observou-se em campo, que grande parte da categoria "demais resíduos" era constituída por material potencialmente reciclável e por isto correspondeu à categoria mais expressiva volumetricamente. Dentre os "demais resíduos" da Moradia, observou-se uma grande quantidade de garrafas PET, caixas de pizza, embalagens marmitex, de biscoitos, papel, etc. Vale ressaltar que estas informações com relação aos "demais resíduos" foram observações realizadas em campo mas não quantificadas.

De qualquer forma, vale considerar que a grande quantidade de embalagens gerada está associada ao consumo cada vez mais frequente de alimentos pré-preparados e industrializados, já que "o preparo da comida não é algo merecedor do 'escasso' tempo na vida de um estudante universitário" (ALVES; BOOG, 2006, p.49).

Além disto, intensa geração de papel ocorre, pois, é um elemento característico da vida do estudante universitário (em 2007, BARBOSA, 2010).

Neste sentido, é importante destacar que o percentual de resíduo potencialmente reciclável foi também a segunda categoria mais expressiva em massa em diversas localidades: no Brasil com 31,3% (TIVERON, 2001); em Minas Gerais com 23% (PEREIRA NETO, 1999); no município de São Paulo com 38,7 % (LIMPURB, 2002 apud TENÓRIO; ESPINOSA, 2009); no município de Campinas com 41,04 % (PMC,1996); e, no distrito de Barão Geraldo com 15,5 % (papel com 7,4%; plástico com 4,2%; vidros com 2,3%; e, metal com 1,6%) empatando com o

resíduo de jardins (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Como apresentado no item 4.6.2, a varrição de áreas comuns inclui terra, folhas, pedras e outro material correspondente à limpeza das ruas e corredores da Moradia Estudantil. A varrição é realizada por dois funcionários contratados por uma empresa terceirizada, que limpam as ruas e corredores, depositam o resíduo em sacos de “lixo” de 100 litros que são dispostos sob as lixeiras cinza da Moradia.

Observou-se durante as atividades de campo que terra e folhas foram os materiais mais encontrados na massa de resíduo de varrição de áreas comuns. A percentagem média de resíduo de varrição de áreas comuns foi significativa, 10,9 %, superando a geração em massa de resíduo patogênico. O resíduo de jardim caracterizado no distrito de Barão Geraldo era constituído também por varrição e apresentou uma produção significativa também, 15,5% (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000).

Portanto, é importante ressaltar que a intensa geração de resíduo de varrição de áreas comuns deve ser considerada na determinação do volume das lixeiras.

O resíduo categorizado como “patogênico” na Moradia estudantil era composto principalmente por papel higiênico, absorvente e fralda, encontrava-se com frequência aparelhos descartáveis de barbear e preservativos e eventualmente curativos, seringas e fezes de animais. Foi um resíduo que ocupava um volume considerável nas lixeiras da Moradia Estudantil. Contudo, a reduzida densidade do papel higiênico não determinou uma massa expressiva para este tipo de resíduo, 105,4 kg por semana, 8,4% do resíduo doméstico gerado na Moradia.

O resíduo perigoso caracterizado em Barão Geraldo no trabalho de Teixeira; Fassina; Castro (2000) correspondia a fezes de animais, fraldas, absorventes, papéis higiênicos, curativos, produtos químicos (pilhas, entre outros) e pérfuro cortantes. Este resíduo perigoso, caracterizado em Barão Geraldo, diferenciou-se do patogênico, caracterizado na Moradia Estudantil, pela presença de produtos químicos (pilhas, entre outros). Ainda assim, associando-se o resíduo “patogênico” ao resíduo “perigoso” caracterizado em Barão Geraldo, verifica-se um percentual

de geração semelhante, 8,4% e 8,5%, respectivamente.

A geração de resíduo volumoso foi pouco expressiva, correspondendo a 1,0 % da composição do resíduo sólido analisado, determinando uma média semanal de 12,4 kg. O resíduo “volumoso” constituiu-se por colchões, estrados, luminárias de lâmpadas fluorescentes, televisões, cadeiras. Este resíduo foi produzido em quantidades irregulares e de forma esporádica. Geralmente eram dispostos sobre, debaixo ou próximos às lixeiras. Quando dispostos sobre as lixeiras causavam grande transtorno, ocupando grande espaço e sobrecarregando o volume da lixeira. Este resíduo permanecia mais de uma semana nestes locais por dois motivos: este não era coletado pelo sistema de coleta convencional e, além disto, levava bastante tempo para que responsáveis do setor da administração/manutenção designassem um funcionário para depositá-lo nas caçambas dispostas na Moradia para este fim.

Levando em consideração os transtornos apontados com relação à geração de "resíduo volumoso", vale ressaltar: a necessidade da instalação de um local fixo para deposição deste resíduo gerado pelos residentes da Moradia Estudantil, a realização de campanhas informativas para a utilização deste local, a instrução para que os funcionários retirem imediatamente qualquer resíduo volumoso das lixeiras destinadas para outro fim e a organização de um sistema de coleta periódica para este resíduo.

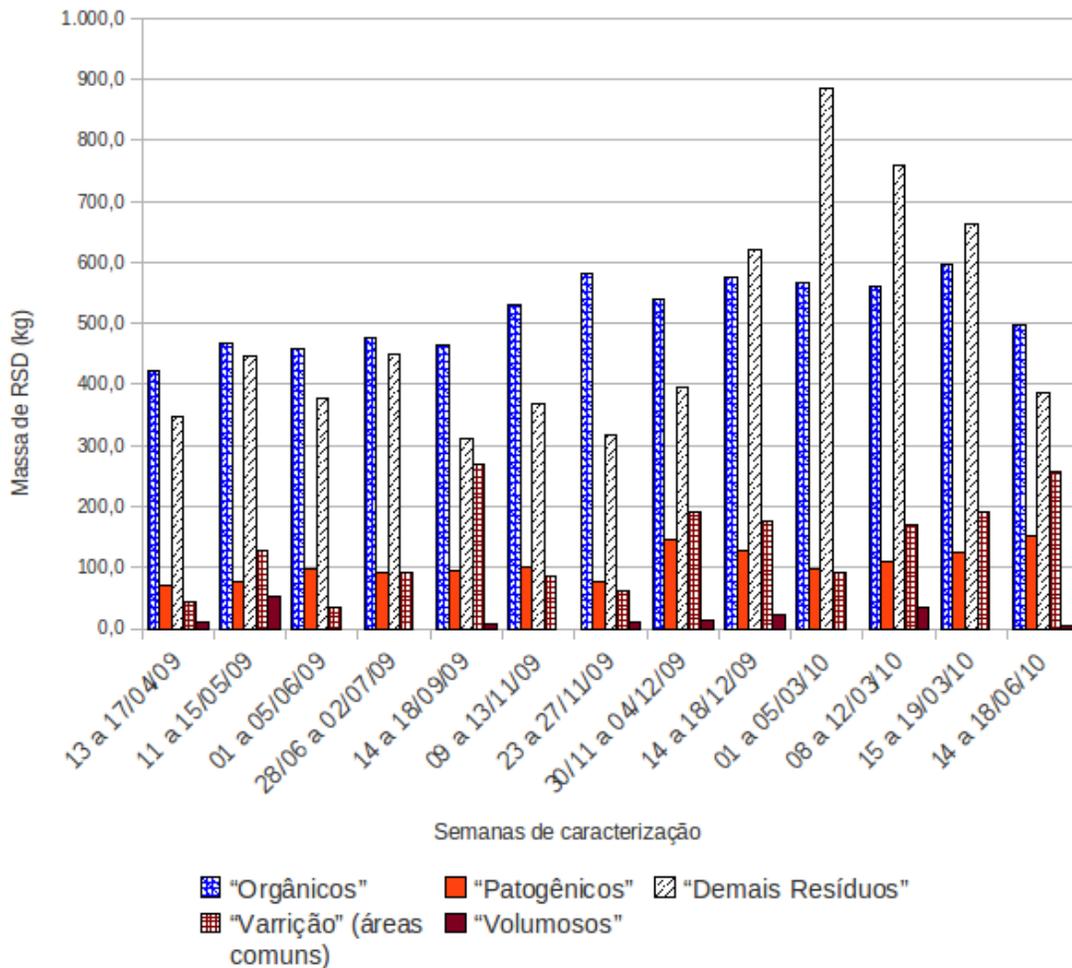
Verificou-se, a partir da análise dos dados e observações em campo, que para um melhor entendimento da composição e da geração do resíduo sólido doméstico da Moradia Estudantil é necessário um levantamento mais minucioso da geração de resíduo sólido do local, com a caracterização gravimétrica mais detalhada. Recomenda-se, por exemplo:

- a caracterização dos "demais resíduos" separando-se no mínimo o material que realmente é potencialmente reciclável (plástico, vidro, metal, papel, etc.) daquele que não é potencialmente reciclável (perigosos, cerâmica); e,
- a caracterização do resíduo sólido orgânico segregando-se o desperdício de preparo, consumo, compra, e outros.

5.4.4 Distribuição e taxa de geração de resíduo sólido doméstico nas carreiras (semanas) de caracterização na Moradia Estudantil da UNICAMP

Verifica-se na Figura 5.22 a distribuição da geração de resíduo sólido doméstico (RSD) por categorias nas 13 carreiras (semanas) de caracterização.

Figura 5.22 Distribuição da geração de resíduo sólido doméstico (RSD) por categorias nas 13 carreiras (semanas) de caracterização

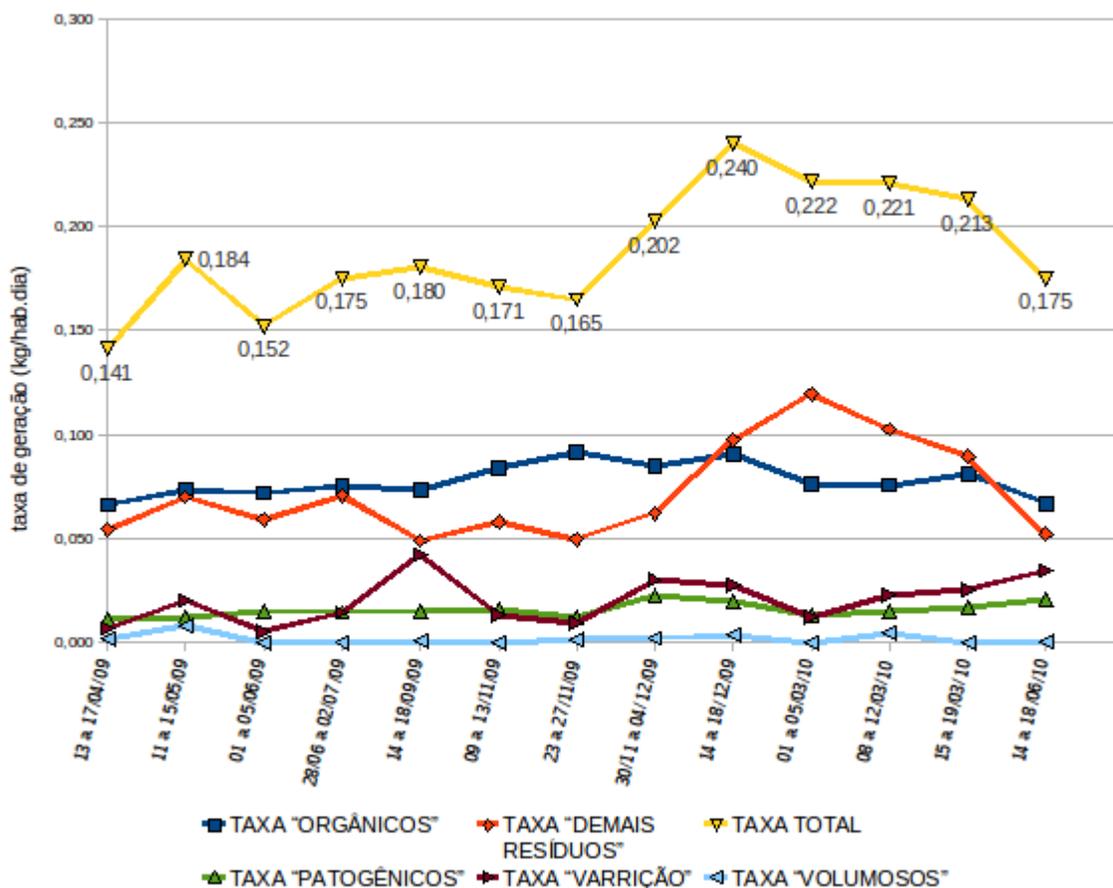


Fonte: deste autor

A partir da distribuição da geração e da população da Moradia, calcula-se a taxa de geração de resíduo sólido para as diversas categorias analisadas (resíduo “orgânico”, “demais resíduos”, patogênico, “varrição”, “volumoso” e total) nas 13 carreiras de caracterização (Figura 5.23). Para o cálculo da taxa de geração de resíduos para as diversas categorias foi considerada a

população, para 2009, de 908 habitantes e, para 2010, de 1057 habitantes, incluindo assim todos os funcionários da Moradia. Além disto, para o cálculo da geração total per capita de resíduo na Moradia, utilizou-se a massa de resíduo gerado incluindo "varrição" de áreas comuns e resíduo volumoso.

Figura 5.23 Taxa de geração per capita de resíduo sólido na Moradia Estudantil da UNICAMP: total e por categoria ("orgânico", "demais resíduos", "patogênicos", "varrição" e "volumosos") nas 13 carreiras de caracterização. Para os cálculos, foram usadas as populações, para 2009, de 908 habitantes e, para 2010, de 1057 habitantes



Fonte: deste autor

Neste sentido, verifica-se que dentre as 13 carreiras de caracterização, a taxa de geração total de resíduo variou de 0,141 kg/hab.dia a 0,240 kg/hab.dia (Figura 5.23, Tabela 5.9). Como apresentado Tabela 5.9, a taxa de geração per capita média em 2009 foi de 0,179 kg/hab.dia e em 2010 foi de 0,208 kg/hab.dia.

A taxa de geração média de resíduo sólido orgânico, 0,078 kg/ hab.dia, foi superior à taxa de geração das outras categorias de resíduo, com valor máximo de 0,092 kg/ hab.dia e mínimo de 0,066 kg/ hab.dia. Seu valor foi superior em 9 das 13 carreiras de caracterização realizadas (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 Taxa de geração per capita de resíduo sólido na Moradia Estudantil da UNICAMP: total e por categoria (“orgânico”, “demais resíduos”, “patogênicos”, “varrição” e “volumosos”) nas 13 carreiras (semanas) de caracterização, médias valor máximo, valor mínimo e desvio padrão

Carreiras (semanas)	Taxa de Geração Per Capita (kg/ hab.dia)					
	"Orgânicos"	"Demais resíduos"	"Patogênicos"	"Varrição" de áreas comuns	"Volumosos "	Total
13 a 17/04/09	0,066	0,055	0,011	0,007	0,002	0,141
11 a 15/05/09	0,073	0,070	0,012	0,020	0,008	0,184
01 a 05/06/09	0,072	0,059	0,015	0,005	0,000	0,152
28/06 a 02/07/09	0,075	0,071	0,015	0,015	0,000	0,175
14 a 18/09/09	0,073	0,049	0,015	0,042	0,001	0,180
09 a 13/11/09	0,084	0,058	0,016	0,013	0,000	0,171
23 a 27/11/09	0,092	0,050	0,012	0,010	0,002	0,165
30/11 a 04/12/09	0,085	0,062	0,023	0,030	0,002	0,202
14 a 18/12/09	0,091	0,098	0,020	0,028	0,004	0,240
01 a 05/03/10	0,077	0,120	0,013	0,012	0,000	0,222
08 a 12/03/10	0,076	0,103	0,015	0,023	0,005	0,221
15 a 19/03/10	0,081	0,090	0,017	0,026	0,000	0,213
14 a 18/06/10	0,067	0,052	0,020	0,035	0,001	0,175
Média 2009	0,079	0,063	0,016	0,019	0,002	0,179
Desv. Pad. 2009	0,009	0,015	0,004	0,012	0,003	0,029
Média 2010	0,075	0,091	0,016	0,024	0,001	0,208
Desv. Pad. 2010	0,006	0,029	0,003	0,009	0,002	0,022
Média 2009 e 2010	0,078	0,072	0,016	0,020	0,002	0,188
Valor Máximo	0,092	0,120	0,023	0,042	0,008	0,240
Valor Mínimo	0,066	0,049	0,011	0,005	0	0,141
Desvio Padrão	0,008	0,023	0,004	0,011	0,002	0,030

Os valores da taxa de geração per capita de resíduo sólido orgânico na Moradia, apesar de ter superado as outras categorias foi de maneira geral bastante reduzida, acompanhando a baixa

geração per capita do resíduo sólido doméstico em sua totalidade. Em Barão Geraldo, por exemplo, a taxa de geração per capita de resíduo sólido orgânico das 60 residências analisadas variou entre 0,50 kg/ hab.dia e 0,60 kg/ hab.dia, com valor pico de 0,80 kg/ hab.dia (ver Figura 3.7) (TEIXEIRA; FASSINA; CASTRO, 2000). Na localidade El Zanjón, Santiago de Estero Argentina, as 61 famílias que colaboraram para o estudo realizado segregando seu resíduo orgânico, geraram aproximadamente 400 kg de resíduo sólido orgânico semanalmente, determinando uma geração per capita por volta de 0,234 kg/ hab.dia (PALAZZI et al., 2002; PAZ et al., 2002).

Apesar da taxa de geração de resíduo sólido orgânico ser reduzida devido ao fato dos estudantes passarem grande parte do tempo na Universidade, este valor provavelmente aumentaria com a qualificação da alimentação dos estudantes.

Verifica-se por meio da Figura 5.23 e do valor do desvio padrão, 0,008 kg/ hab. dia (Tabela 5.9) que a taxa de geração de resíduo sólido orgânico manteve-se homogênea (não variou muito) no período em estudo. Infere-se a partir destes dados que os hábitos alimentares da população da Moradia mantiveram-se constantes durante o período estudado.

A taxa de geração dos "demais resíduos" foi também bastante expressiva 0,072 kg/hab.dia e sua variação bastante intensa, apresentando, dentre as categorias de resíduo gerado na Moradia, o maior valor de desvio padrão, 0,023 kg/hab. dia, contribuindo de sobremaneira na variação do desvio padrão da taxa de geração total de resíduo, 0,030 kg/hab. dia (Figura 5.23, Tabela 5.9).

Observa-se por meio da Figura 5.22 e Figura 5.23 quatro períodos de caracterização em que a geração dos "demais resíduos" foi superior à de orgânicos: de 14 a 18 de dezembro de 2009 (com taxa de geração de 0,098 kg/hab.dia) e nas 3 carreiras de caracterização realizadas em março de 2010; 1 a 5 de março (0,120 kg/hab.dia), 08 a 12 de março (0,103 kg/hab.dia) e 15 a 19 de março de 2010 (0,090 kg/hab.dia).

A produção de "demais" resíduos nestas quatro carreiras de caracterização determinou os quatro maiores valores de taxa de geração total de resíduo sólido doméstico (Figura 5.23). Estas carreiras de caracterização com intensa geração de resíduo foram realizadas no início (1 a 5 de

março, 08 a 12 de março e 15 a 19 de março de 2010) e final do período letivo (de 14 a 18 de dezembro de 2009) da Universidade. Estas datas de carreira de caracterização podem, portanto estar associadas ao período em que muitos estudantes organizam seus pertences e ocorre o ingresso, saída e transferência de moradores entre casas da Moradia Estudantil. De acordo com o calendário da diretoria acadêmica da DAC UNICAMP (2012), o último dia do ano letivo de 2009 foi o dia 15 de dezembro de 2009 e o início das aulas foi no dia primeiro de março de 2010. Estas datas, relacionadas com o ingresso, saída e transferência de moradores entre as casas, coincidem justamente com os dois picos de geração em massa dos "demais resíduos" (carreiras de caracterização de 14 a 18 de dezembro de 2009 e de 1 a 5 de março de 2010).

Outro fator que deve ter contribuído para o incremento na geração da categoria "demais resíduos" no mês de março foi a mudança de moradores entre blocos devido à reforma da Moradia, que ocorreu nos dias 6 e 7 de março de 2010. Nestes dias, os moradores do bloco A transferiram-se para o bloco M da Moradia (ANEXO I).

A taxa de geração em massa das categorias "patogênicos" e "volumosos" foi bastante reduzida e homogênea no período de caracterização. No caso dos patogênicos, a geração per capita média foi de 0,016 kg/hab.dia, com desvio padrão de 0,004 kg/ hab.dia. No caso do "resíduo volumoso", verificou-se uma taxa de geração próxima a zero, com uma taxa de geração per capita média de 0,002 kg/ hab.dia (Tabela 5.9).

Observou-se por meio da Figura 5.23 que a taxa de geração de resíduo de varrição de áreas comuns variou bastante nos períodos de caracterização e superou a taxa de geração de resíduo "patogênico". A taxa de geração média dessa categoria nas 13 carreiras de caracterização analisadas foi de 0,020 kg/ hab.dia, com desvio padrão de 0,011 kg/hab.dia. Verificou-se, também, um pico de geração da categoria na carreiras de caracterização de 14 a 18 de setembro de 2009. Este pico e a intensas variações na taxa de geração da varrição deve ter ocorrido por causa de chuvas e quedas de folhas nos períodos analisados. Nesta carreira de caracterização, a taxa de geração do resíduo de varrição aproximou-se da dos "demais resíduos".

Diante da variação na geração de resíduo no início e final de períodos letivos é importante a realização de um estudo com uma periodicidade mais ampla (pelo período mínimo de três

anos), dando uma atenção especial a estes períodos e incluindo também uma análise da geração no período de férias.

5.4.5 Eficiência do sistema de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP

A análise da eficiência do sistema (ou programa) de coleta seletiva da Moradia Estudantil da Unicamp está dividida em:

- erro de descarte nas lixeiras marrons; e,
 - erro de descarte nas lixeiras laranja.

5.4.5.1 Erro de descarte nas lixeiras marrons na Moradia Estudantil da UNICAMP

As lixeiras marrons são destinadas à deposição de sacos plásticos com resíduo sólido orgânico doméstico (ver item 5.3.1). A presença de resíduo patogênico e "demais resíduos" nessa lixeira foi considerado erro de descarte. Definiu-se, desta forma, duas categorias: erro de descarte devido ao resíduo "patogênico" e erro de descarte devido aos "demais resíduos". O erro de descarte total corresponde à soma do erro de descarte devido aos "demais resíduos" com o erro de descarte devido ao resíduo "patogênico" (Tabela 5.10).

O erro de descarte total nas lixeiras marrons variou de 2,6 % na carreira de caracterização de 23 a 27 de novembro de 2009 a 13,8 % na carreira de caracterização de 11 a 15 de maio de 2009. O erro de descarte total médio obtido foi de: 6,9 % em 2009, 5,0% em 2010 e 6,3 % em 2009 e 2010 (Tabela 5.10, Figura 5.24).

O erro de descarte devido aos "demais resíduos" foi o mais expressivo em todas as carreiras de caracterização devido à sua frequente presença e sua densidade relativa ser superior à do resíduo patogênico.

Tabela 5.10 Erro de descarte percentual e em massa devido ao resíduo “patogênico” e devido aos “demais resíduos” depositados nas lixeiras marrons da Moradia Estudantil da UNICAMP nas 13 carreiras de caracterização realizadas em 2009 e 2010

Carreiras (semanas)	Erro de descarte “patogênicos”		Erro de descarte “demais resíduos”		Erro de descarte total	
	%	kg	%	kg	%	kg
13 a 17/04/09	1,3	3,0	6,4	14,5	7,7	17,5
11 a 15/05/09	2,1	6,0	11,7	32,7	13,8	38,7
01 a 05/06/09	1,0	3,0	6,0	18,1	7,0	21,1
28/06 a 02/07/09	0,8	2,1	6,4	16,9	7,2	19,0
14 a 18/09/09	1,5	4,3	5,8	16,4	7,4	20,7
09 a 13/11/09	0,9	2,1	6,6	14,8	7,6	16,9
23 a 27/11/09	0,2	0,8	2,4	8,8	2,6	9,6
30/11 a 04/12/09	1,1	2,8	4,8	11,8	5,9	14,6
14 a 18/12/09	0,8	2,5	4,2	12,6	5,0	15,1
01 a 05/03/10	0,4	1,2	3,0	8,2	3,5	9,4
08 a 12/03/10	1,1	3,5	7,2	21,9	8,3	25,4
15 a 19/03/10	1,3	4,3	1,8	5,9	3,1	10,2
14 a 18/06/10	2,0	5,8	3,2	9,1	5,2	14,9
Média 2009	1,1	3,0	5,9	16,3	6,9	19,2
Desv. Pad. 2009	0,5	1,5	2,5	6,8	3,0	8,1
Média 2010	1,2	3,7	3,8	11,3	5,0	15,0
Desv. Pad. 2010	0,6	1,9	2,3	7,2	2,4	7,4
Média 2009 e 2010	1,1	3,2	5,2	14,7	6,3	17,9
Desv. Pad. 2009 2010	0,5	1,6	2,6	7,0	2,9	7,8

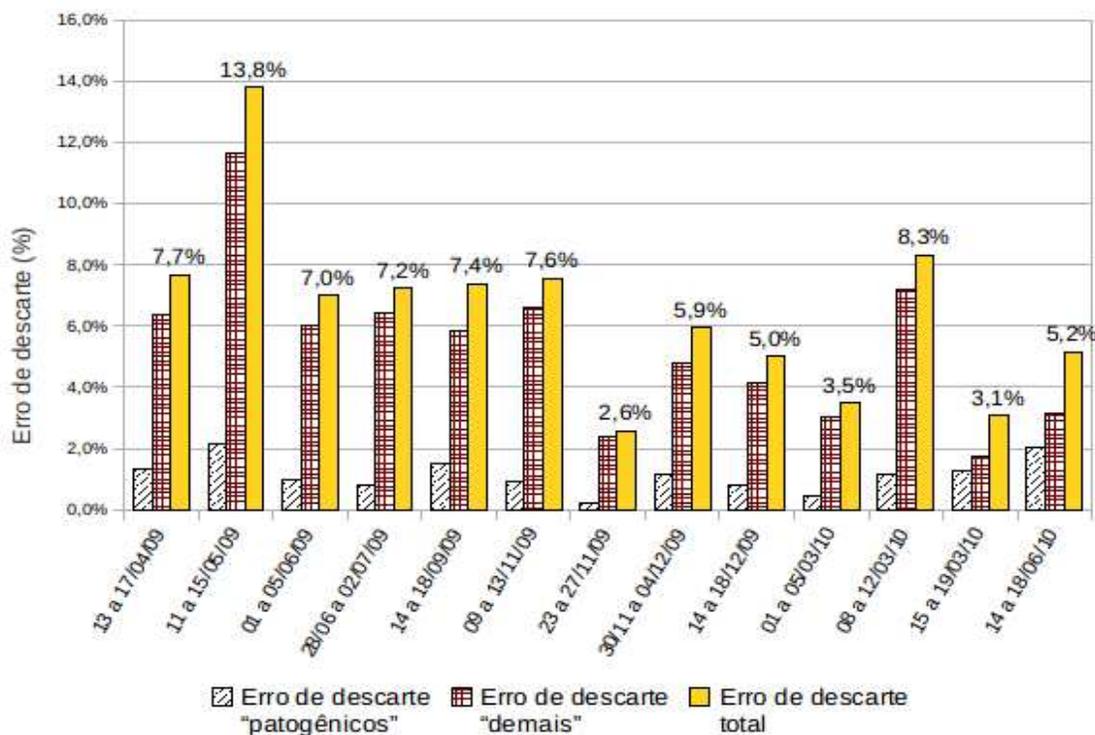
Apesar do aparente reduzido percentual de erro de descarte médio, observou-se em campo elevado volume, principalmente de "demais resíduos" na lixeiras marrons. A presença destes, principalmente misturados ao resíduo sólido orgânico, dificultou bastante a coleta e segunda classificação do resíduo sólido orgânico.

O erro de descarte nas lixeiras marrons foi devido, de maneira geral, a dois tipos de comportamento por parte da população da moradia: pela deposição indevida nas lixeiras marrons de sacos plásticos que deveriam ser depositados nas lixeiras cinza ou laranja; e, por causa da segregação inadequada de resíduo sólido orgânico nas residências. Os estudantes misturavam ao resíduo sólido orgânico, embalagens plásticas, latas e outro material que não é, ou dificilmente é, degradado no processo de compostagem, e que reduzem a qualidade do composto.

Os sacos plásticos que eram depositados indevidamente nas lixeiras marrons, eram transferidos pelos bolsistas para as lixeiras cinza ou laranja durante o processo de coleta. O material não compostável misturado ao resíduo sólido orgânico era retirado durante a segunda classificação.

Alguns moradores, além disto, levavam muito tempo para colocar o material orgânico nas lixeiras, o que também dificultou a coleta e segunda classificação, visto que o material passava a apresentar mau cheiro, larvas e chorume.

Figura 5.24 Composição do erro de descarte nas lixeiras marrons da Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

O erro de descarte devido ao "resíduo patogênico" e "demais resíduos" nas lixeiras marrons interfere diretamente na coleta e segunda classificação do resíduo sólido orgânico. Além disto, a segregação adequada do resíduo sólido orgânico na fonte interfere diretamente na qualidade do composto final (KIEHL, 1998; PEREIRA NETO, 1999; em 2002, SILVA et al., 2012; BARREIRA et al., 2009; INÁCIO; MILLER, 2009).

Com isto, é imprescindível a realização de campanhas informativas, com periodicidade não superior a seis meses, junto à população da Moradia, considerando a constante troca de moradores nos semestres e a substituição de funcionários. Para garantir assim, uma melhor qualidade no resíduo sólido orgânico que deve ser depositado nas lixeiras marrons, facilitando o processo de coleta e segunda classificação e permitindo a obtenção de um composto de melhor qualidade.

5.4.5.2 Erro de descarte nas lixeiras laranja na Moradia Estudantil da UNICAMP

As lixeiras laranja são destinadas à deposição de sacos plásticos com resíduo potencialmente reciclável (ver item 5.3.1).

Para a caracterização do resíduo da Moradia Estudantil da UNICAMP, determinou-se a categoria “demais resíduos”. Esta categoria abrange todo tipo de resíduo depositado nas lixeiras laranja exceto os resíduos enquadrados na categoria “patogênico”, “orgânico” ou “volumoso”.

Restos de alimentos, papel higiênico usado, fraldas, absorventes, por exemplo, poderiam "sujar" ou mesmo contaminar o resíduo potencialmente reciclável levado para a cooperativa, dificultando ou até mesmo inviabilizando o processo de triagem.

Por isto, a presença de "resíduo orgânico" e "patogênico" dentre os "demais resíduos" foi considerada como erro de descarte. Definiu-se assim duas categorias de erro de descarte: erro de descarte devido ao "resíduo orgânico" e erro de descarte devido ao resíduo "patogênico".

O erro de descarte total nas lixeiras laranja variou de 7,9 % (na carreira de caracterização de 01 a 05 de março de 2010) a 17,8 % (na carreira de caracterização de 13 a 17 de abril de 2009). O erro de descarte total médio obtido foi de: 12,7 % em 2009, 9,5 % em 2010 e 11,3 % em 2009 e 2010 (Tabela 5.11, Figura 5.25).

O erro de descarte devido ao "resíduo orgânico" foi o mais expressivo em todas as carreiras de caracterização. Além disto, verificou-se que o erro de descarte total nas lixeiras laranja foi relativamente superior ao erro de descarte total médio encontrado nas lixeiras marrons. Isto deve ter sido determinado principalmente pela densidade do resíduo "orgânico" que é relativamente superior aos "demais resíduos" e "patogênicos".

Tabela 5.11 Erro de descarte percentual e em massa devido ao resíduo "orgânico" e devido ao resíduo "patogênico" depositados nas lixeiras laranja da Moradia Estudantil da UNICAMP

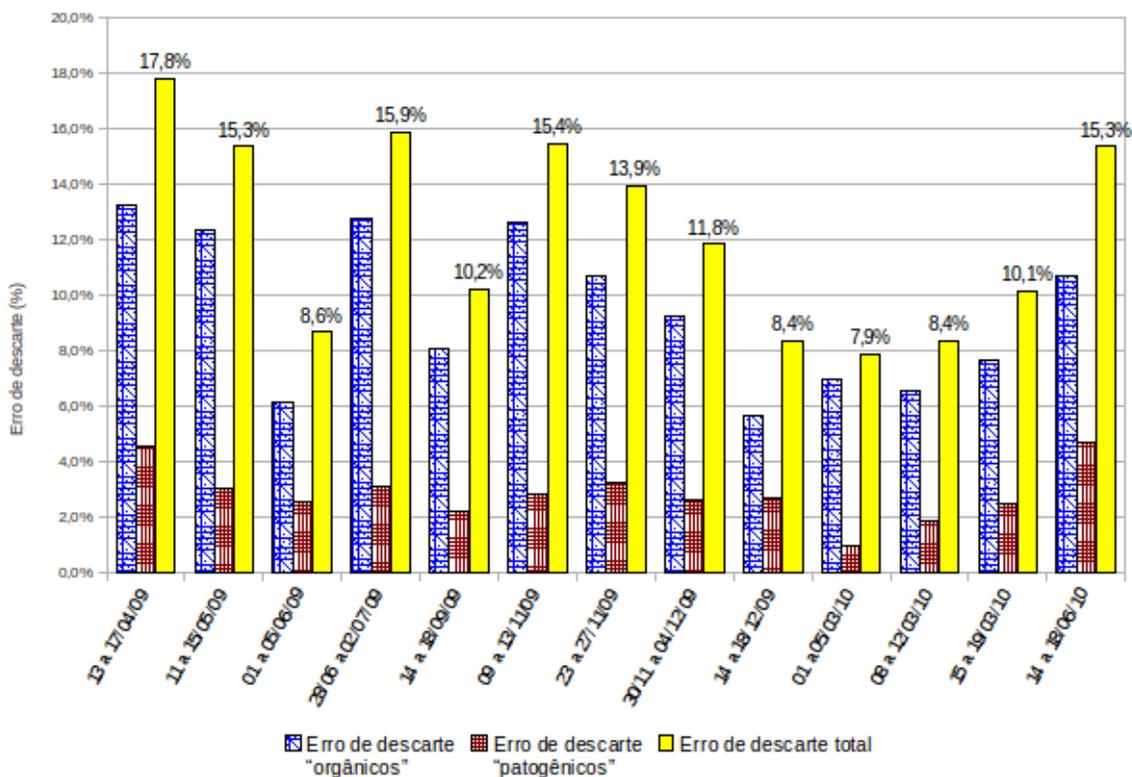
Semanas (carreiras)	Erro de descarte "orgânicos"		Erro de descarte "patogênicos"		Erro de descarte total	
	%	kg	%	kg	%	kg
13 a 17/04/09	13,2	29,0	4,5	9,9	17,8	38,9
11 a 15/05/09	12,3	29,5	3,0	7,2	15,3	36,7
01 a 05/06/09	6,1	15,4	2,5	6,4	8,6	21,8
28/06 a 02/07/09	12,8	34,2	3,1	8,3	15,9	42,5
14 a 18/09/09	8,0	14,6	2,2	4,0	10,2	18,6
09 a 13/11/09	12,6	28,9	2,8	6,5	15,4	35,4
23 a 27/11/09	10,7	21,7	3,2	6,6	13,9	28,3
30/11 a 04/12/09	9,2	28,4	2,6	8,0	11,8	36,4
14 a 18/12/09	5,7	22,1	2,7	10,5	8,4	32,6
01 a 05/03/10	6,9	46,0	0,9	6,1	7,9	52,1
08 a 12/03/10	6,5	35,5	1,8	9,9	8,4	45,4
15 a 19/03/10	7,6	33,0	2,5	10,8	10,1	43,8
14 a 18/06/10	10,7	25,8	4,6	11,2	15,3	37,0
Média 2009	9,8	24,9	2,9	7,5	12,7	32,4
Desv. Pad. 2009	2,9	6,8	0,7	2,0	3,4	8,0
Média 2010	7,5	35,1	2,0	9,5	9,5	44,6
Desv. Pad. 2010	1,9	8,4	1,6	2,3	3,4	6,2
Média 2009 e 2010	8,7	28,0	2,5	8,1	11,3	36,1
Desv. Pad. 2009 e 2010	2,8	8,5	1,0	2,2	3,5	9,3

A presença de resíduos "orgânico" e "patogênico" dificulta o processo de segregação na cooperativa de triagem de resíduo, já que gera mau cheiro, larvas e chorume, e pode transmitir doenças aos trabalhadores da cooperativa, respectivamente.

A coleta de resíduo reciclável era realizada às segundas e quintas-feiras no período noturno. Os coletores eram instruídos a reconhecer dentre os sacos plásticos dispostos nas lixeiras laranja aqueles que apresentavam resíduo "orgânico" e "patogênico" misturado ao resíduo

potencialmente reciclável. Estes coletores depositavam os sacos plásticos com resíduo “misturado” devidamente nas lixeiras cinza e eventualmente nas lixeiras marrons. A deposição de sacos plásticos com resíduo “misturado” na lixeira marrom, dificultava a coleta de orgânicos pelos bolsistas. Estes faziam reclamações diretamente aos coletores e eventualmente ligavam para a empresa responsável pela coleta de resíduo. A situação após as reclamações normalizava-se. Contudo, esta situação voltava a ocorrer com a mudança no quadro de funcionários responsáveis pela coleta.

Figura 5.25 Composição do erro de descarte nas lixeiras laranja da Moradia Estudantil da UNICAMP



Fonte: deste autor

Para minimizar o erro de descarte nas lixeiras laranja, são necessárias também campanhas informativas periódicas para a população da Moradia. Para garantir, assim, uma melhor segregação de resíduo reciclável nas residências e permitir a obtenção de um resíduo potencialmente reciclável de mais qualidade para a cooperativa.

5.5 PROPOSTA DE PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO NA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

Verifica-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 - PNRs (BRASIL, 2012c) que a gestão e gerenciamento de sistemas de compostagem são atribuídas ao poder público, representado pelos titulares dos serviços públicos de manejo de resíduo sólido, associados a outros atores que têm responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: empresários (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes) e consumidores.

Diversos modelos de gestão e gerenciamento de unidades de compostagem podem ser desenvolvidos considerando os diferentes atores (ou “stakeholders”) que podem estar envolvidos no processo (em 2006, ROTHENBERGER et al., 2012; em 2004, ALI, 2011; em 2008, MASSUKADO, 2011).

A Moradia Estudantil da UNICAMP, inserida no contexto universitário, pode ser um modelo de Unidade de Compostagem, com o gerenciamento da fração orgânica do resíduo sólido doméstico gerado principalmente pelos estudantes, ainda que em caráter experimental.

Neste sentido, com base nas experiências de compostagem com segregação de resíduo na fonte geradora, apresenta-se o seu uso na proposta de plano de gerenciamento de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP.

A proposta de otimização do plano de gerenciamento para o resíduo sólido orgânico na Moradia sugerida deve:

- envolver uma estrutura para a segregação, coleta e tratamento do resíduo sólido orgânico; já existente em caráter experimental, descrito no item 5.3, e que deve ser ampliado e otimizado (itens 5.6.1 a 5.6.7)
- envolver um sistema de informação e sensibilização permanente (para segregação adequada e minimização do resíduo sólido orgânico, do resíduo potencialmente reciclável) (item 5.6.8); e,
- ter um sistema de escoamento do composto produzido (item 5.6.7).

5.6 EXEMPLO PRÁTICO DE DIMENSIONAMENTO DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM DA MORADIA ESTUDANTIL DA UNICAMP

A organização da estrutura para o tratamento do resíduo sólido orgânico baseou-se na caracterização gravimétrica, a partir da qual obteve-se uma geração média semanal de 518,6 kg de resíduo sólido orgânico. Com os dados obtidos pela gravimetria foi possível realizar os cálculos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil, a partir do exemplo prático de dimensionamento proposto, em 2007, por Pereira Neto (2010) e Inácio; Miller (2009). Neste dimensionamento obteve-se:

- a área necessária para as diversas instalações da Unidade de Compostagem (ver itens 5.6.1 ao item 5.6.5), aplicando-se os métodos de compostagem com revolvimento e sem revolvimento (método UFSC); e,
- a mão de obra necessária para a operação da Unidade (item 5.6.6).

5.6.1 Cálculo da área de disposição das leiras de compostagem com revolvimento

O primeiro passo para a definição da organização e da localização da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP é a realização do cálculo da área ocupada pelas leiras de compostagem.

Assim, considerando:

- área da seção transversal reta de uma leira em forma de paralelepípedo;
- geração média semanal 518,6 kg de resíduo orgânico doméstico (Tabela 5.8);
- altura da leira: 1,5 metros;
- proporção volumétrica de montagem da leira, seguindo os valores propostos, em 2008, por Massukado (2010), com duas medidas em volume de material rico em nitrogênio, resíduo sólido orgânico, para uma medida em volume de material rico em carbono, no caso triturado de podas; e
- a montagem uma leira por semana, tem-se:

$mro = 518,6 \text{ kg por semana}$ (mro - massa de resíduo orgânico gerado em uma semana -

Tabela 5.8);

$d_{ro} = 500 \text{ kg/m}^3$ (densidade do resíduo orgânico, valor estimado com base em Kiehl (1998), em 2008, Massukado (2010) e, em 2007, Pereira Neto (2010));

$V_{ro} = m_{ro} / d_{ro}$; e,

$V_{ro} = 518,6 / 500 = 1,04 \text{ m}^3$ (V_{ro} - volume de resíduo orgânico gerado semanalmente).

O cálculo do volume de triturado (de podas) a ser utilizado deve seguir a proporção apresentada anteriormente. Portanto:

$$2 V_{tr} = V_{ro}$$

$V_{tr} = 1,04 / 2 = 0,52 \text{ m}^3$ (V_{tr} - volume de triturado, de podas, a ser utilizado semanalmente)

Isto significa que semanalmente seria produzido aproximadamente $1,04 \text{ m}^3$ de resíduo orgânico doméstico e seria utilizado para a montagem da leira $0,52 \text{ m}^3$ de triturado (de podas) . Com estes valores, pode-se calcular o volume ocupado pela leira:

$$V_L = V_{ro} + V_{tr} \text{ (} V_L \text{ - volume da leira)}$$

$$V_L = 1,04 + 0,52 = 1,56 \text{ m}^3$$

Cálculo da área da base quadrada (A_q)

$A_q = b^2 \times h$, onde (A_q - área da base quadrada, b - lado do quadrado da base da leira e h - altura da leira)

Considerando $h = 1,50 \text{ m}$:

$$V_L = A_q \times h$$

$$Aq = 1,56 / 1,50$$

$$Aq = 1,04 \text{ m}^2$$

$$b = 1,02 \text{ m}$$

O lado do quadrado da base b é 1,02 metros ou aproximadamente, 1,00 m.

De acordo com Massukado (2010, em 2008) as leiras eram cobertas com uma camada de grama ou folhas. Contudo, a autora não deixou claro a quantidade de grama (ou folhas) que deveria ser utilizado para cobrir a leira. Neste sentido, adotou-se a construção de leiras em forma de paralelepípedo, com uma cobertura de grama de 0,20 m nas "paredes" laterais (b+0,20 m) e superior (h+0,20 m), proposta por Inácio; Miller (2009):

$$V_{gr} = (b + 0,20)^2 \times (h + 0,20) - VL$$

$$V_{gr} = (1,02 + 0,20)^2 \times (1,5 + 0,20) - 1,56$$

$$V_{gr} = 0,97 \text{ m}^3 \text{ (Vgr - volume de grama a ser utilizado semanalmente)}$$

A leira em forma de paralelepípedo será construída com 1,04 m³ de resíduo sólido orgânico misturado com 0,52 m³ de triturado e coberta com 0,97 m³ de grama. Ou seja,

$$VLC = V_{ro} + V_{tr} + V_{gr} \text{ (VLC - volume da leira com cobertura)}$$

$$VLC = 1,04 + 0,52 + 0,97$$

$$VLC = 2,53 \text{ m}^3$$

Isto significa que semanalmente será ocupado um volume de 2,53 m³ para a formação de

uma leira.

A área ocupada pela leira deve ser calculada considerando a medida das "paredes" laterais (0,20 m), portanto:

$$A_{bl} = (b + 0,20)^2 \text{ (onde } A_{bl} \text{ - área da base da leira incluindo as paredes laterais)}$$

$$A_{bl} = (1,02 + 0,20)^2$$

$$A_{bl} = 1,49 \text{ m}^2$$

De acordo com Pereira Neto (2010, em 2007) deve-se considerar uma área de folga (A_f), com a mesma dimensão da área ocupada pela leira, para seu revolvimento. Assim, tem-se a ocupação semanal de:

$$A_f = A_{bl} = 1,49 \text{ m}^2$$

$$A_{bf} = A_{bl} + A_f = 2,98 \text{ m}^2 \text{ (onde } A_{bl} \text{ - área da base quadrada com paredes laterais; } A_f \text{ - área de folga para a leira e } A_{bf} \text{ - área da base da leira incluindo a área de folga)}$$

Considerando um período de compostagem de 14 semanas (98 dias) e que seja montada uma leira por semana, a área útil para as leiras de compostagem, seria:

$$A_{ucr} = 2,98 \text{ m}^2 \times 14 = 41,72 \text{ m}^2 \text{ (} A_{u} \text{ - área útil das leiras de compostagem com revolvimento)}$$

Adotando-se um coeficiente de segurança de 10% (devido a áreas de circulação), tem-se um área adicional de $4,17 \text{ m}^2$.

Portanto, a área de disposição das leiras de compostagem será:

$$A_{tcr} = 41,72 + 4,17 = 45,89 \text{ m}^2 \text{ (} A_{tcr} \text{ - área total para a disposição das leiras de compostagem com revolvimento)}$$

Desta forma, a área total necessária para a disposição das leiras de compostagem será de 45,89 m², ou seja, aproximadamente 50 m².

Vale ressaltar que a grama é um material que pode ser obtido na própria Moradia Estudantil. Periodicamente a grama da Moradia Estudantil é cortada por funcionários de uma empresa terceirizada, que podem ser instruídos a levarem parte deste material para o pátio de compostagem.

O Departamento de Áreas Verdes pode disponibilizar o triturado de podas periodicamente mediante solicitação. Contudo, sugere-se a obtenção de um triturador de podas para a Moradia Estudantil.

5.6.2 Cálculo da área de disposição das leiras de compostagem sem revolvimento

O cálculo para a definição da área ocupada pelas leiras estáticas com aeração passiva (método UFSC) assemelha-se aos realizados para as leiras de compostagem com revolvimento (ver item 5.6.1). Os dados a serem considerados são os mesmos:

- área da seção transversal reta de uma leira em forma de paralelepípedo;
- geração média semanal 518,6 kg de resíduo orgânico doméstico (Tabela 5.8);
- altura da leira: 1,5 metros; e,
- montagem de uma leira por semana.

A diferença entre os dois métodos seria a proporção de material estruturante utilizado (triturado de podas) e o estabelecimento de uma área da folga, que inexistente para o método UFSC, pois não haveria necessidade de revolvimento das leiras.

Além disto, de acordo com o método UFSC, diversas leiras deveriam ser montadas simultaneamente. Porém, para efeito de cálculos utilizou-se o tempo de maturação de 98 dias. O diferencial neste caso seria a dinâmica de desmontagem e montagem de leiras. A cada 98 dias, 3 leiras seriam desmontadas simultaneamente para liberar espaço para montagem de outras 3 leiras. Para garantir, assim, o "rodízio de leiras" como procedimento para evitar o desenvolvimento de moscas (ver item 3.5.3.5).

Portanto, a massa e o volume de resíduo orgânico gerado semanalmente não se altera:

$m_{ro} = 518,6$ kg de resíduo sólido orgânico

$V_{ro} = 1,04$ m³ (V_{ro} - volume de resíduo orgânico gerado semanalmente)

Inácio; Miller (2009) avaliaram a percentagem volumétrica de resíduo sólido orgânico, material estruturante e gramas na montagem de leiras com o método UFSC, obtendo 31 % de resíduo sólido orgânico, 38 % de material estruturante e 31 % de grama.

Seguindo a proporção apresentada por Inácio; Miller (2009), o volume de material estruturante, no caso o triturado (de podas), a ser adotado foi igual ao volume de resíduo sólido orgânico, portanto:

$$V_{tr_{UFSC}} = V_{ro}$$

$V_{tr_{UFSC}} = 1,04$ m³ ($V_{tr_{UFSC}}$ - volume de triturado, de podas, a ser utilizado semanalmente, com o método UFSC)

Com isto, pode-se obter o volume, os valores da área e do lado do quadrado que formam a base no paralelepípedo ocupado pelo resíduo sólido orgânico e material estruturante da leira utilizando o método UFSC:

$$VL_{UFSC} = V_{ro} + V_{tr_{UFSC}}$$

$$VL_{UFSC} = 1,04 + 1,04$$

$$VL_{UFSC} = 2,08 \text{ m}^3$$

Cálculo da área da base quadrada (Ab_{UFSC}):

$Ab_{UFSC} = b_{UFSC}^2 \times h$, onde (Ab_{UFSC} - área da base quadrada com o método UFSC,

b_{UFSC} - lado do quadrado da base da leira com método UFSC e

h - altura da leira)

Considerando $h = 1,50 \text{ m}$:

$$VL_{UFSC} = Ab_{UFSC} \times h$$

$$Ab_{UFSC} = 2,08 / 1,50$$

$$Ab_{UFSC} = 1,39 \text{ m}^2$$

$$b = 1,18 \text{ m}$$

O lado do quadrado da base b é 1,18 metros, ou aproximadamente, 1,20m.

Adotando a construção das leiras com o método UFSC proposta por Inácio; Miller (2009) com cobertura de 0,20 m de espessura montada com grama nas paredes laterais ($b_{UFSC} + 0,20 \text{ m}$) e superior ($h+0,20 \text{ m}$). Obtêm-se o volume de grama a ser utilizado por leira, a partir do seguinte cálculo:

$$V_{gr_{UFSC}} = (b_{UFSC} + 0,20)^2 \times (h+0,20) - VL_{UFSC}$$

$$V_{gr_{UFSC}} = (1,18 + 0,20)^2 \times (1,5+0,20) - 2,08$$

$$V_{gr_{UFSC}} = 1,16 \text{ m}^3$$

A leira em forma de paralelepípedo será construída com 1,04 m³ de resíduo sólido orgânico misturado com 1,04 m³ de triturado e coberta com 1,16 m³ de grama. Ou seja,

$VLC_{UFSC} = V_{ro} + V_{tr_{UFSC}} + V_{gr_{UFSC}}$ (VLC_{UFSC} - volume da leira com cobertura com o método UFSC)

$$VLC_{UFSC} = 1,04 + 1,04 + 1,16$$

$$VLC_{UFSC} = 3,24 \text{ m}^3$$

Isto significa que semanalmente será ocupado um volume de 3,24 m³ para a formação de uma leira aplicando-se o método UFSC.

A área ocupada pela leira deve ser calculada considerando a medida das paredes laterais (0,20 m), portanto:

$Abl_{UFSC} = (b + 0,20)^2$ (onde Abl_{UFSC} - área da base da leira incluindo as paredes laterais com o método UFSC)

$$Abl_{UFSC} = (1,18 + 0,20)^2$$

$$Abl_{UFSC} = 1,90 \text{ m}^2$$

Considerando um período de compostagem de 14 semanas (98 dias). Ou seja, a cada três semanas três leiras seriam montadas simultaneamente. Isto é equivalente à construção de uma leira por semana. Assim, a área útil para as leiras de compostagem com o método UFSC de compostagem (Au_{UFSC}), deve ser:

$$Au_{UFSC} = Abl_{UFSC} \times 14$$

$Au_{UFSC} = 1,90 \text{ m}^2 \times 14 = 26,60 \text{ m}^2$ (Au_{UFSC} - área útil das leiras de compostagem com método UFSC)

Adotando-se um coeficiente de segurança de 10% (devido a áreas de circulação), tem-se um área adicional de $2,66 \text{ m}^2$.

Portanto, a área de disposição das leiras de compostagem será:

$$At_{UFSC} = 26,60 + 2,66 = 29,26 \text{ m}^2 \text{ (} At_{UFSC} \text{ - área total para a disposição das leiras de compostagem com método UFSC)}$$

Desta forma, a área total necessária para a disposição das leiras de compostagem será de $29,26 \text{ m}^2$, ou seja, aproximadamente 30 m^2 .

5.6.3 Cálculo da área do local de armazenamento do composto pronto

Cálculo da geração de composto peneirado, considerando a redução a um quinto da massa inicial de resíduo sólido orgânico (RAVEN; EVERT; SUSAN, 2001; em 2008, MASSUKADO, 2010), tem-se :

$mro = 518,6 \text{ kg}$ por semana (mro - massa de resíduo orgânico gerado em uma semana em média - Tabela 5.8);

$C_p = 518,6 / 5$ (CP - composto pronto, ou seja, massa aproximada da geração semanal de composto pronto); e,

$C_p = 103,7$ kg geração de composto por leira/ semanal.

O dimensionamento da área de armazenagem de composto pronto (A_{cp}) foi realizado considerando um período de escoamento de 28 semanas. Este período de 28 semanas, corresponde ao fechamento de dois ciclos de compostagem.

Em um período de 28 semanas têm-se a geração de: $103,7\text{kg} \times 28$

Massa de composto gerado no período de 28 semanas: 2903,6 kg.

Segundo Massukado (2011, em 2008), a densidade do composto pronto é de $360\text{kg}/\text{m}^3$.

Cálculo do volume ocupado pelo composto:

$V_c = 2903,6/360 = 8,07 \text{ m}^3$ (onde V_c - volume ocupado pelo composto pronto).

Considerando uma altura útil da área de armazenagem de composto pronto (A_{cp}) de 1,5 metros, pode-se calcular a área necessária:

$A_{cp} = 8,07/1,5 = 5,38 \text{ m}^2$ (onde, A_{cp} - área ocupada pelo composto pronto).

Recomenda-se construir uma área de armazenagem de composto pronto coberta, para evitar perda de nutrientes devido à lixiviação.

5.6.4 Cálculo da área de disposição do triturado e da grama

Os valores dos volumes ocupados pelo triturado e grama para cada um dos métodos foram:

- com revolvimento;

$V_{tr} = 0,52 \text{ m}^3$ (V_{tr} - volume de triturado, de podas, a ser utilizado semanalmente); e,

$V_{gr} = 0,97 \text{ m}^3$ (V_{gr} - volume de grama a ser utilizado semanalmente).

- com método UFSC;

$V_{tr_{UFSC}} = 1,04 \text{ m}^3$ (V_{tr} - volume de triturado, de podas, a ser utilizado semanalmente, com o método UFSC); e,

$V_{gr_{UFSC}} = 1,16 \text{ m}^3$ ($V_{gr_{UFSC}}$ - volume de grama a ser utilizado semanalmente, com o método UFSC).

Considerando a dinâmica de reposição de triturado e grama a cada 14 semanas, pode-se calcular o volume necessário para este material neste período, considerando revolvimento:

$V_{tr14} = 0,52 \times 14 \text{ semanas} = 7,28 \text{ m}^3$ (onde, V_{tr14} - volume de triturado (de podas) para um período de 14 semanas); e,

$V_{gr14} = 0,97 \times 14 \text{ semanas} = 13,58 \text{ m}^3$ (onde, V_{gr14} - volume de grama para um período de 14 semanas de compostagem).

Para a disposição do triturado e da grama não existe limitação de altura, estabelecendo 1,50 m a altura de disposição destes materiais, tem-se:

$A_{tr} = 7,28 / 1,50 = 4,85 \text{ m}^2$ (onde, A_{tr} corresponde a área necessária para disposição de triturado (de podas) para o período de 14 semanas); e,

$A_{gr} = 13,58 / 1,50 = 9,05 \text{ m}^2$ (onde, A_{gr} corresponde a área necessária para disposição de grama para o período de 14 semanas).

Com o método UFSC tem-se valores diferentes:

- com método UFSC;

$V_{tr_{UFSC}} = 1,04 \text{ m}^3$ (V_{tr} - volume de triturado, de podas, a ser utilizado semanalmente, com o método UFSC); e,

$V_{gr_{UFSC}} = 1,16 \text{ m}^3$ ($V_{gr_{UFSC}}$ - volume de grama a ser utilizado semanalmente, com o método UFSC).

Considerando a dinâmica de reposição de triturado e grama a cada 14 semanas, pode-se calcular o volume necessário para este material neste período:

$V_{tr14UFSC} = 1,04 \times 14 \text{ semanas} = 14,56 \text{ m}^3$ (onde, $V_{tr14UFSC}$ - volume de triturado (de podas) para um período de 14 semanas, com método

UFSC); e,

$V_{gr14UFSC} = 1,16 \times 14 \text{ semanas} = 16,24 \text{ m}^3$ (onde, $V_{gr14UFSC}$ - volume de grama para um período de 14 semanas de compostagem, com método UFSC).

Para a disposição do triturado e da grama não existe limitação de altura, estabelecendo 1,50 m a altura de disposição destes materiais, tem-se:

$A_{tr14UFSC} = 14,56 / 1,50 = 9,71 \text{ m}^2$ (onde, $A_{tr14UFSC}$ corresponde a área necessária para disposição de triturado (de podas) para o período de 14 semanas, com método UFSC); e,

$A_{gr14UFSC} = 16,24 / 1,50 = 10,83 \text{ m}^2$ (onde, $A_{gr14UFSC}$ corresponde a área necessária para disposição de grama para o período de 14 semanas com método UFSC).

5.6.5 Cálculo da área total da unidade Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP

Os módulos básicos de uma unidade de compostagem são (em 2007, PEREIRA NETO, 2010):

- administração;
- almoxarifado para guardar ferramentas; e,
- banheiro/ vestiário.

A Moradia Estudantil da UNICAMP, já possui uma área administrativa, sala de manutenção/almoxarifado, vestiário, banheiro e cozinha, para os funcionários de diversos setores.

Para o pátio de compostagem, seria necessário apenas um galpão coberto para segunda classificação do resíduo orgânico, com um local reservado e fechado para a colocação das ferramentas que seriam utilizadas no pátio de compostagem. Pereira Neto (2010, em 2007) sugere a instalação de um galpão de 50 m² para a triagem do resíduo sólido orgânico para um local com geração média de 10.000 kg de resíduo sólido orgânico. Na Moradia Estudantil a geração de

resíduo é bastante inferior 518,6 kg de resíduo sólido orgânico por semana. Portanto, a área mínima do galpão de triagem poderia ser a mesma utilizada no pátio experimental de compostagem utilizada durante a realização do trabalho de iniciação científica (DUTRA, 2005; 2006).

Área mínima para o galpão (A_g): 16 m^2 (onde, A_g - área do galpão)

Portanto, a área da Unidade de Compostagem na Moradia com revolvimento, de acordo com Pereira Neto (2010, em 2007), seria:

$A_{UCMORA} = A_t + A_{tr} + A_g + A_{cp} + A_g$ (onde, A_{UCMORA} - área da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil)

$$A_{UCMORA} = 45,89 + 4,85 + 9,05 + 5,38 + 16,00$$

$$A_{UCMORA} = 81,17 \text{ m}^2$$

A área total da Unidade de Compostagem na Moradia sem revolvimento, segundo Inácio; Miller (2009), seria:

$A_{UCUFSC} = A_{tUFSC} + A_{trUFSC} + A_{gUFSC} + A_{cp} + A_g$ (onde, A_{UCUFSC} - área da Unidade de Compostagem na Moradia aplicando-se o método UFSC de compostagem)

$$A_{UCUFSC} = 29,26 + 9,71 + 10,83 + 5,38 + 16,00$$

$$A_{UCUFSC} = 71,18 \text{ m}^2$$

Verifica-se por meio da Tabela 5.12 um resumo dos cálculos e os valores obtidos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP.

A área total necessária para instalação de uma Unidade de Compostagem na Moradia com

leiras revolvidas seria portanto de 81,17 m². Aplicando-se o método UFSC, a área total necessária seria de 71,18 m².

Tabela 5.12 Cálculos para o dimensionamento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil da UNICAMP

Valores calculados	Cálculos	Método: Leiras Revolvimento Periódico	Método: Leiras Estáticas com aeração passiva (Método UFSC)
Geração semanal de resíduo sólido orgânico (kg)		518,6	518,6
Volume do resíduo sólido orgânico (m ³)		1,04	1,04
Volume de triturado (m ³)		0,52	1,04
Volume de grama (cobertura) (m ³)		0,97	1,16
Volume da leira sem cobertura (m ³)	$V_L = V_{ro} + V_{tr}$	1,56	2,08
Volume da leira com cobertura (m ³)	$V_{LC} = V_{ro} + V_{tr} + V_{gr}$	2,53	3,24
Área da base da leira com cobertura (m ²)	$A_{bl} = (b + 0,20)^2$	1,49	1,90
Área da base + Área de folga (m ²)	$A_{bf} = A_{bl} + A_f$	2,98	1,90
Área útil para as leiras (m ²)	$A_u = A_{bf} \times 14$ $A_{u_{UFSC}} = A_{bl} \times 14$	41,72	26,60
Área total (m ²)	$A_t = A_u \times 1,10$	45,89	29,26
Área ocupada pelo composto pronto (m ²)	$A_{cp} = ((m_{ro}/5) \times 28) / (360 \times 1,50)$	5,38	5,38
Volume ocupado pelo triturado para 14 semanas (m ³)	$V_{tr14} = V_{tr} \times 14$	7,28	14,56
Volume ocupado pela grama para 14 semanas (m ³)	$V_{gr14} = V_{gr} \times 14$	13,58	16,24
Área necessária para a disposição de triturado (m ²)	$A_{tr} = V_{tr14}/1,5$	4,85	9,71
Área necessária para a disposição da grama (m ²)	$A_{gr} = V_{gr14}/1,5$	9,05	10,83
Área do galpão (m ²)	A_g	16,00	16,00
Área da Unid. de Compostagem	$A_{uc} = A_t + A_{tr} + A_{gr} + A_{cp} + A_g$	81,17	71,18

A área necessária para a instalação de uma Unidade de Compostagem com o método UFSC ficaria aproximadamente 10 m² menor. A área necessária para a disposição das leiras utilizando o método UFSC obtido foi menor em 15 m². Contudo, o método UFSC requer a utilização de um volume maior de triturado e grama, necessitando de uma área maior para o armazenamento deste material.

A Unidade de Compostagem da Moradia foi dimensionada para ciclos de 14 semanas, ou seja, aproximadamente 4 meses. Desta forma, a reposição de material (triturado e grama) e a desmontagem de leiras deve seguir esta periodicidade. A área de armazenamento de composto foi dimensionada para comportar o material produzido em dois ciclos de compostagem (28 semanas).

Para a dinâmica de montagem de leiras e obtenção de material (como triturado e grama) é importante levar em consideração os períodos de férias na Universidade. Não se deve armazenar grande quantidade de triturado e grama ao final de períodos letivos, principalmente em final de ano, pois a decomposição deste material inviabiliza seu uso.

A Moradia Estudantil possui área disponível para a instalação de uma Unidade de Compostagem para ambos os métodos (leiras com revolvimento periódico e método UFSC). Dos 55.000 m² do terreno, apenas 18.632 m² é construído. Além disto, a Unidade de Compostagem poderia ser instalada no próprio local, com devidas adaptações, onde foi organizado o pátio experimental de compostagem.

5.6.6 Mão de obra necessária para a operação da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP

Para a Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP prevê-se uma geração média de 518,6 kg de resíduo sólido orgânico doméstico por semana. Esta produção de resíduo permite que as leiras sejam reviradas manualmente, caso seja adotado o método de compostagem com revolvimento.

Desta forma, a mão de obra necessário para a unidade seria:

- 1 funcionário; e,
- 2 bolsistas.

O funcionário deve ficar encarregado de todas as funções envolvendo a coleta de resíduo sólido orgânico, montagem das leiras, revolvimento (caso necessário) e pós-tratamento do composto. Este funcionário deve receber treinamento para montagem e monitoramento das leiras seguindo o método de compostagem (leiras com revolvimento periódico ou método UFSC) adotado para a Unidade de Compostagem da Moradia

Os bolsistas devem ter a função de administrar a Unidade de Compostagem e organizar as atividades que envolvem o processo de compostagem, ou seja, monitorar as atividades realizadas pelo funcionário, monitorar a montagem das leiras, identificá-las, acompanhar o processo de compostagem, solicitar periodicamente triturado e grama para as leiras, retirar amostras de composto para análise e monitorar o pós-tratamento e o escoamento do composto.

Como o gerenciamento de resíduo deve ser realizado de maneira integrada, estes bolsistas devem ser responsáveis pelo gerenciamento de todas as atividades que envolvem a geração de resíduo da Moradia. Além disto, estes bolsistas devem acompanhar as atividades dos projetos agregados, integrando questões relacionadas à geração de resíduo e compostagem às outras propostas de educação ambiental.

Os próprios vigias contratados para cuidar dos diversos espaços da Moradia, devem ter incluída a Unidade de Compostagem em suas áreas de atuação.

A administração da Moradia possui funcionários responsáveis por atividades envolvendo escritório que devem incluir dentre suas atribuições as atividades envolvendo a unidade de compostagem.

5.6.7 Sugestões para o estabelecimento da Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP

Na Moradia Estudantil da UNICAMP é possível a instalação de uma Unidade de Compostagem. O local possui área disponível para sua instalação aplicando-se tanto o método natural com leiras revolvidas, quanto o método UFSC (leiras estáticas com aeração natural) sem revolvimento.

A escolha do método de compostagem a ser aplicado (com leiras revolvidas periodicamente ou método UFSC) deve seguir as características locais, necessidades e condições do momento de instalação da Unidade de Compostagem, observando-se as vantagens e desvantagens da utilização de cada método, como pode ser verificado na Tabela 3.8 e Tabela 3.9.

A escolha do método a ser adotado na Moradia Estudantil com revolvimento ou sem revolvimento (método UFSC) é uma atitude a ser definida na época da implementação. Depende de vários fatores como:

- a disponibilidade em termos de qualidade e a quantidade do material rico em carbono. É imprescindível para o método UFSC a utilização de grande quantidade de material com elevada relação C/N (como triturado de podas, maravalha, palha de arroz, etc.). Para o método com revolvimento a utilização de material rico em carbono é mais flexível podendo-se utilizar material estruturante com relação C/N relativamente menor como apenas grama, folhas, etc;
- tempo de reposição para o triturado de podas. A qualidade do triturado de podas para o método UFSC é muito importante para uma aeração adequada da leira, portanto, o tempo de reposição deste material não deve exceder demasiadamente as 14 semanas devido à decomposição deste material (ver item 3.5.3.5). Para o método com revolvimento é possível a aplicação de material rico em carbono parcialmente decomposto, já que a aeração pode também ser controlada pelo revolvimento; e,
- capacitação do funcionário responsável pela montagem das leiras. O método com revolvimento requer um maior tempo para o revolvimento das leiras e o método UFSC requer um maior tempo e atenção na montagem das leiras, devido ao "rodízio de leiras".

Deve ser observado para a instalação da Unidade de Compostagem alguns critérios como: a distância mínima de núcleos habitacionais; limites da propriedade ou de vias públicas, de cursos de água e nível do lençol freático no local de aplicação. Silva et al. (2012, em 2003), Inácio; Miller (2009) e Pereira Neto (2010, em 2007) apresentam alguns destes critérios que devem ser avaliados e seguidos de acordo com as condições do local.

Neste sentido, por abranger uma área residencial, o controle de odor e chorume nesta Unidade de Compostagem deve ser bastante intenso e constante, onde deve ser verificado a necessidade de impermeabilização do solo do local.

Silva; Mendes; Barreira (2009) sugerem a elaboração de um projeto paisagístico para Unidade de Compostagem para melhorar a possível má impressão que a comunidade possa ter com o fato de se trabalhar com resíduo.

Associado ao projeto paisagístico, Pereira Neto (1999) sugere a inclusão de uma área para projetos agregados. Neste caso, seria interessante incluir uma horta, um espiral de temperos e ervas medicinais, viveiro, área de vivência, etc.

Deve ser observado também o uso e distribuição do composto produzido na Moradia Estudantil. O composto pode ser aplicado nos jardins, bosques, gramas, nas hortas e outros projetos paisagísticos desenvolvidos no local. Além disto, este material pode ser doado para moradores, funcionários ou comunidade local, ou até mesmo ser vendido. No plano de gerenciamento sugerido, estas destinações devem ser verificadas quanto à quantidade disponível e necessária de composto para cada uso, de forma a permitir o adequado escoamento do composto produzido.

Contudo, para isto é importante a realização de análises periódicas da qualidade do composto, para se verificar a presença de patógenos, metais pesados, etc., seguindo principalmente a legislação vigente.

Considerando o papel dos diferentes atores (ou "stakeholders") envolvidos no

desenvolvimento de Unidades de Compostagem proposto por Ali (2011), em 2004, e Massukado (2010), em 2008, e nos modelos de gestão apresentados em 2006 por Rothenberger et al. (2011), verifica-se que a Universidade como instituição deve subsidiar o desenvolvimento da Unidade de Compostagem, fornecendo, por exemplo, funcionários, bolsistas e material necessários para o funcionamento da Unidade. O desenvolvimento da Unidade de Compostagem pode contar com recursos obtidos pelo estabelecimento de parcerias entre a Universidade com outras instituições públicas, empresas privadas, ou mesmo com a possível venda do composto.

Neste contexto, vale ressaltar que a segregação e tratamento de resíduo sólido orgânico, mesmo que experimental no contexto universitário é de suma importância. A universidade é o local onde se formam pesquisadores, empresários, economistas, provedores de recursos culturais, recreacionais e de infraestrutura (em 2003, LAMBERT, 2012), futuros líderes (em 2005, THOMPSON; GREEN, 2011) e educadores. Estes atores têm papel fundamental em inculcar e difundir valores e práticas de sustentabilidade assim como a formação de futuras gerações que precisam vislumbrar, endossar e implementar propostas sustentáveis.

5.6.8 Campanhas educativas para a Unidade de Compostagem na Moradia Estudantil da UNICAMP

A realização de campanhas informativas e de sensibilização é muito importante para o desenvolvimento da Unidade de Compostagem. Estas campanhas devem:

- conter orientações para a minimização e segregação adequada do resíduo sólido orgânico e do resíduo sólido potencialmente reciclável; e,
- sugestões para o escoamento e aplicação para o potencial composto produzido na Moradia Estudantil da UNICAMP, incentivando o desenvolvimento de hortas, espirais de ervas e outros projetos paisagísticos que possibilitem o uso do composto produzido.

Devido à grande rotatividade de funcionários e estudantes na Moradia Estudantil, sugere-se que estas campanhas sejam realizadas com uma periodicidade não superior a seis meses.

6 CONCLUSÕES

As conclusões obtidas neste trabalho foram:

- o resíduo sólido gerado na Moradia Estudantil da UNICAMP tem um potencial orgânico que permite a implantação de uma unidade de compostagem;
- a Moradia Estudantil possui área disponível para a instalação de uma Unidade de Compostagem própria, para tratar todo o resíduo orgânico produzido, tanto com o método UFSC sem revolvimento (leiras estáticas com aeração natural), quanto com o método natural com leiras revolvidas;
- a otimização do sistema de gerenciamento de resíduo sólido doméstico na Moradia pode ser obtida por meio de: segregação de resíduo orgânico na fonte mais eficiente e abrangendo todos moradores; a coleta de todo resíduo deve ter locais (contêineres) específicos e bem dimensionados; e, a operação do pátio de compostagem deve ser de forma bem planejada e estruturada;
- a segregação e tratamento de resíduo sólido orgânico, mesmo que experimental, no contexto universitário é de suma importância, dado seu papel na formação dos alunos;
- o desenvolvimento da Unidade de Compostagem da Moradia Estudantil depende de subsídio logístico e financeiro da UNICAMP;
- o resíduo sólido orgânico predominou em relação aos demais caracterizados, corroborando a literatura consultada;
- a geração per capita de resíduo sólido doméstico na Moradia Estudantil foi baixa em relação às localidades estudadas;
- o percentual e a taxa de geração em massa de resíduo sólido orgânico poderiam ter sido superiores caso o padrão alimentar dos estudantes residentes na Moradia de maneira geral fosse completo;

- a geração da varrição de áreas comuns na Moradia Estudantil deve ser considerada no dimensionamento do volume das lixeiras;
- o resíduo volumoso necessita de um local específico para sua deposição pelos geradores;
- as lixeiras abertas para o armazenamento do resíduo para a coleta são inadequadas para uma área residencial como a Moradia Estudantil; e,
- o acondicionamento da matéria orgânica em sacos plásticos tornou a segregação mais demorada.

7 RECOMENDAÇÕES

Este item foi dividido em recomendações gerais e para futuros trabalhos.

7.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS

As recomendações gerais são:

- campanhas de informação e sensibilização aos residentes e funcionários da Moradia para adequada segregação de resíduo devem ser realizadas com uma periodicidade não superior a seis meses;
- lixeiras fechadas para o armazenamento de resíduos devem ser adotadas para coleta em áreas residenciais;
- o acondicionamento direto de resíduo orgânico em contenedores sem o uso de sacos plásticos para facilitar a coleta para compostagem;
- um funcionário, a ser encarregado de todas as funções envolvendo a coleta e tratamento de resíduo sólido orgânico da Moradia e organização das lixeiras, deve ser contratado;
- alunos bolsistas devem ser encarregados do gerenciamento de todas as atividades que envolvam a geração de resíduo na Moradia, processo de compostagem e realização de campanhas educativas;
- o controle da geração de odor e chorume deve ser intenso e contínuo no pátio de compostagem, considerando que a Moradia Estudantil é uma área residencial; e,
- análises do composto, para se verificar a presença de patógenos, metais pesados, etc., devem ser realizadas periodicamente.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

As recomendações para futuros trabalhos são:

- um levantamento mais minucioso da geração de resíduo sólido do local, com as carreiras de caracterização gravimétrica mais detalhadas; e,
- as carreiras de caracterização gravimétrica devem ser feitas pelo período mínimo de três anos, para garantir um número mínimo de repetições necessárias para melhor definição do processo de geração de resíduo sólido doméstico na Moradia e para considerar os períodos de férias e aulas.

REFERÊNCIAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma **NBR 10004** – Resíduo Sólido – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
2. _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.591** Compostagem-Terminologia. Rio de Janeiro, 1996.
3. _____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.
4. ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2010**. São Paulo:ABRELPE, 2010. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 28 jun. 2011, 7h42min.
5. ABREU Jr., C. H.; PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R. Utilização agrícola de composto de resíduo sólido urbano. In: SILVA, Fábio César da; PIRES, Adriana M.; RODRIGUES, Mário Sérgio; BARREIRA, Luciana. **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 123-137.
6. ALI, M. Sustainable Composting: case studies and guidelines for developing countries. Leicestershire: **Water, Engineering and Development Centre**, 2004. Disponível em: <http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/swm/dl/sustainable_composting.pdf>. Acesso em: 22 de jul. 2011, 7h17min.
7. ALSHUWIAKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. **Journal of Cleaner Production (Science Direct)**, Elsevier, n. 16, p 177-1785, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652607002545>>. Acesso em: 1jul. 2012. 21h36min.

8. ALVES, H. J.; BOOG, M. C. F. Comportamento Alimentar em moradia estudantil: um espaço para promoção da saúde. **Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 197-204, 2007.
9. ALVES, Hayda J.; BOOG, M. C. F. Promoção de Saúde e Comensalidade: Um Estudo entre Residentes de Moradia Universitária. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, n. 2, p 43-53, 2006.
10. AMOR à Moradia da Moradia Estudantil da UNICAMP. **I Mostra de Projetos de Extensão Comunitária da Moradia Estudantil da UNICAMP**, ano 1, n. 1, p. 1, out. 1999a.
11. AMOR à Moradia da Moradia Estudantil da UNICAMP. **Recicladia: Projeto de Gerenciamento de Resíduos Gerados na Moradia Estudantil da UNICAMP**, ano 1, n.1, p. 3, out. 1999b.
12. ANUÁRIO ESTATÍSTICO 2011 UNICAMP: base 2010. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.aeplan.unicamp.br/anuario_estatistico_2011/index_arquivos/index.htm>. Acesso em: 23 mar. 2012. 22h20min.
13. ARMIJO DE VEGA, C., OJEDA BENÍTEZ, S., RAMÍREZ BARRETO, M.E. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. **Waste Management**, n. 28, p.21–26, 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18572396>>. Acesso em: 01 jul. 2012.
14. BARBOSA, M. **Minimização de resíduo sólido doméstico na Faculdade de Engenharia Civil**, 2007. 214p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo Arquitetura e Urbanismo , Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000445220>>. Acesso em: 03 mar. 2010. 13h37min.
15. BARBOSA, G. L.M. **Gerenciamento de resíduo sólido: Assentamento Sumaré II, Sumaré-SP**. 2005. 147p. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

16. BARREIRA, L. B. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2004. 187 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-08032006-111308/pt-br.php>>. Acesso em: 1jul.2012. 21H35min.
17. BARREIRA, L. P.; SILVA, F. C.; RODRIGUES, M. S.; FILHO, A. J. M.; GOMES, T. F.; GUEDES, R. E.. Processos de Compostagem e Sistemas de Triagem e Compostagem de Resíduo Sólido Urbano Orgânico. In: SILVA, Fábio César da; PIRES, Adriana M.; RODRIGUES, Mário Sérgio; BARREIRA, Luciana. **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.53-68.
18. BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_21.12.2011/index.shtm>. Acesso em: 23 mar. 2012a, 20h24min.
19. _____. Decreto-lei nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o regulamento da Lei nº 6894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 23 mar. 2012b. 20h27min.
20. _____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 de ago. 2010, nº 147, Seção1, p.3-7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 21 fev. 2012c 20h04min.
21. CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; BERTON, R. S. O solo e a qualidade do ambiente. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. p. 11-32.
22. CAMARGO, O. A.; BERTON, R. S. A disposição de rejeitos em solos agricultáveis. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. p. 57-65.

23. CEMPRES - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Compostagem. A outra metade da Reciclagem.** São Paulo: CEMPRES 1997. Cadernos de Reciclagem 6.
24. CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; FEALQ-Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz. **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil.** Piracicaba: CEPEA-FEALQ, 2005. Disponível em:
<<http://www.scribd.com/doc/2363344/Sumario-Executivo>>. Acesso em: 24 jan. 2010, 19h42min.
25. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Glossário** . Disponível em:
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/institucional/70-glossario>>. Acesso em: 04 fev. 2012. 16h20min.
26. CGU/UNICAMP- COORDENADORIA GERAL DA UNIVERSIDADE/UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Declaração da política ambiental.** Disponível em: <<http://www.cgu.unicamp.br/gestaoambiental/index.html>>. Acesso em: 11 jun. 2012a, 11h21min.
27. CGU/UNICAMP- COORDENADORIA GERAL DA UNIVERSIDADE/UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Programa de Gestão Ambiental.** Disponível em:
<<http://www.cgu.unicamp.br/gestaoambiental/sobre.html>>. Acesso em: 11 jun 2012b, 12h35min.
28. [CONAMA] Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, 29 de agosto de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 agosto. 2006. Seção 1, p. 141-146. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2012. 8h11min.
29. COOPERATIVA BARÃO no Real Parque é responsável pela reciclagem do lixo seletivo na região. **Guia Web Regional**, ano 5, n. 59, p. 8, set. 2002.
30. CORGHI, F. N.; DUTRA, B. R. M. **Modelo de lixeira de alvenaria para a Moradia Estudantil da UNICAMP.** Disponível em arquivo da administração da Moradia Estudantil da UNICAMP, 2009.
31. DAC UNICAMP. Calendários de Graduação. Disponível em:
<http://www.dac.unicamp.br/portal/destaques/calendario_escolar_2010/>. Acesso em: 09 nov. 2012. 01h45min.

32. DLU CAMPINAS. Departamento de Limpeza Urbana. **Programa de coleta seletiva municipal**. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/governo/servicos-publicos/dlu/programa.php>>. Acesso em: 5 fev. 2012. 8h38min.
33. DUTRA, B. R. M. **Desenvolvimento de um modelo de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP**, 2005. Relatório final de iniciação científica (Graduação) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
34. _____. **Desenvolvimento de um modelo de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP**, 2006. Relatório final de iniciação científica (Graduação) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
35. DUTRA, B. R. M.; HABIB, M.; BARBOSA, G. Desenvolvimento de um modelo de compostagem como instrumento de reciclagem de resíduos orgânicos na Moradia Estudantil da UNICAMP. In: Jornada de Jovens Pesquisadores da AUGM: Empreendedorismo, Inovação Tecnológica e Desenvolvimento Regional, 14., 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2006. p. 210.
36. ENAYETULLAH, I.; MAQSOOD SINHA, A. H.M.M. (2001). Community Based Decentralized Composting: Experience of Waste Concern in Dhaka. New Delhi: **Urban Management Inovation**, 2001. Disponível em: <<http://www.wasteconcern.org/Publication/Urban%20Innovation.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2011. 13h50min.
37. ENSINAS, Adriano Viana. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP. 2003**. 129p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos. Campinas: UNICAMP, 2003. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000315429>>. Acesso em: 19 fev. 2010, 9h09min.
38. EVANGELINOS, K.I., JONES, N., PANORIOU, E.M. Challenges and opportunities for sustainability in regional universities: a case study in Mytilene, Greece. **Journal of Cleaner Production**, n. 17, v. 12, p. 1154–1161, 2009. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0959652609000626/1-s2.0-S0959652609000626-main.pdf?_tid=4b1dd4ee-291c-11e2-bad9-00000aab0f02&acdnat=1352321407_02f7ada03de4c93d2e298ebe7e3bab19>. Acesso em: 07 nov. 2012, 16h55min.

39. FEITOSA, E. P. S.; DANTAS, C. A. O.; WARTHA, E. R. S.; MARCELLINI, P. S. e MENDES-NETTO, R. S. Hábitos Alimentares de Estudantes de uma Universidade Pública no Nordeste, Brasil. **Alimentação Nutrição**, Araraquara. v. 21, n. 2, p. 225-230, abr./jun. 2010. Disponível em: < <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/1185/a8v21n2.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2012. 21h56min.
40. FIGUEIREDO, D. **Logotipo desenvolvido para o programa de coleta seletiva da Moradia Estudantil da UNICAMP**. Disponível em arquivo da administração da Moradia Estudantil da UNICAMP, 2007.
41. FORRANT, R., PYLE, J.L. Globalization, universities and sustainable human development. **Development**, v.3, n. 45, p. 102–106, 2002. Disponível em: < <http://www.palgrave-journals.com/development/journal/v45/n3/pdf/1110388a.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2012. 16h58min.
42. FOZATTI, P. H. Gestor administrativo e de recursos humanos do Programa de Moradia Estudantil da UNICAMP [comunicação pessoal]. Entrevistador: Bruno Ricardo Marques Dutra. Campinas, 27 jan. 2011.
43. GARCÍA-GIL, Juan Carlos; SÁNCHEZ de PINTO, María Inês ; POLO, Alfredo. Métodos de Determinación del Grado de Madurez y Estabilidad en Compost de Residuos Urbanos. In: _____. **Microbiología Agrícola: Un aporte de la investigación Argentina**. Santiago de Estero (Argentina): A. Albanesi, p. 241-251, 2003.
44. GOOGLE EARTH Disponível em :< <http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 23 de fev. 2010, 8h44min.
45. HENRIQUE, J.B.C. **Diagnóstico dos Serviços de Limpeza Urbana do Campus Cidade Universitária “Zeferino Vaz” da Universidade Estadual de Campinas**. 2008. 203p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=000432668>>. Acesso em: 03 mar. 2010. 13h39min.

46. HOGG, D.; BARTH, J.; FAVOINO, E.; CENTEMERO, M.; CAIMI, V.; AMLINGER, F.; DEVLIGHER, W.; BRINTON, W.; ANTLER, S. **Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia**. Oxon: The Waste and Resources Action Programme - WRAP, 2002. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=hogg%20comparison%20of%20compost&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.wrap.org.uk%2Fdownloads%2FCompost_Standards_Section_1.58de9a78.325.pdf&ei=ZWxkT-3PGorftgeJojj-DQ&usg=AFQjCNEZzRG1b1bAKV1EG_m9-DeilO52oQ>. Acesso em: 17 mar. 2012, 7h58min.
47. HOWARD, Albert e WAD, Yeshwant D. **The Waste. Products of Agriculture (Their Utilization as Humus)**. London: Oxford University, 1931. Disponível em: <http://journeytoforever.org/farm_library/HowardWPA/WPAtoC.html>. Acesso em: 16 abr. 2006. 15h08min.
48. [IBAM] INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 193 p. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/index.php>>. Acesso em: 17 de jan 2010. 15h25min.
49. [IBGE] –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 10 mar. 2012a, 18h15min.
50. [IBGE]–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/vocabulario.shtm?c=13>>. Acesso em: 11 mar. 2012b, 8h26min.
51. [IBGE] –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 11 mar. 2012c, 18h15min.
52. [IBGE] –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Populacional**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em 11 mar. 2012d, 18h15min.
53. INÁCIO, Caio de Teves. Coleta Seletiva e compostagem de lixo orgânico: um novo caminho para a reciclagem. **Limpeza Pública**, v. 49, n. 98, p. 6-13, out. 1998.

54. INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.
55. INACIO, C. de T.; PROCÓPIO, A. S.; TEIXEIRA, C.; MILLER, P. R. M. Dinâmica de O₂, CO₂ E CH₄ em leiras estáticas de compostagem durante a fase termofílica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 2009, Vitória. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2009. Disponível em: <<http://www.fundagres.org.br/biossolido/images/COMPOSTAGEM/08.pdf>>. Acesso em 16 mar. 2012, 8h14min.
56. IPT/CEMPRE – Instituto de Pesquisas Tecnológicas/ Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo Municipal: manual do gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
57. KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica "Ceres", 1985. 492 p.
58. _____. **Manual de compostagem**. Piracicaba: JG Digitação, 1998. 171 p.
59. KRAUSS, P.; EIGENHEER, E. **Como Preservar a Terra Sem Sair do Quintal**. Niterói: CIRS, 1996.
60. LAMBERT, R. Review of Business – University Collaboration. **HM Treasury**: London, 2003. Disponível em: <http://www.hm-treasury.gov.uk/d/lambert_review_final_450.pdf> . Acesso em: 07 nov. 2012, 17h09min.
61. LAYRARGUES, Philippe Pomier. O Cinismo da Reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (orgs.). **Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2008. p. 179-219.
62. LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo**. São Paulo: Hemus, 1995. 240 p.
63. LIMA, L. M.Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3. ed. São Paulo:Hemus, 2004. 265 p.
64. LUPPI, O. **Desenho de projeto de lixeira metálica para “Lixo Comum” elaborado com aplicativo AutoCAD**. Disponível em arquivo da administração da Moradia Estudantil da UNICAMP, 2002a.

65. LUPPI, O. **Desenho de projeto de lixeira metálica para resíduo potencialmente reciclável elaborado com aplicativo AutoCAD**. Disponível em arquivo da administração da Moradia Estudantil da UNICAMP, 2002b.
66. MAHMOUD, A. G. E.; DUTRA, B. R. M.; HABIB, M.; FAGUNDES, G. G. Pátio de Compostagem na Moradia e Campus da UNICAMP: exemplo de integração ciência/gestão pública. **Interagir: pensando a extensão**, Rio de Janeiro, n. 12, p 77-84, ago/dez. 2007.
67. [MAPA] BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 27, 5 de junho de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jun. 2006. Seção 2, n. 110, p. 10. Disponível em:
<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em 17 mar. 2012a. 13H45min.
68. [MAPA] BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 25, 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, n. 142, p. 20. Disponível em:
<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em 28 mar. 2012b. 13H45min.
69. MARCONDELLI, P.; COSTA, T. H. M.; SCHIMITZ, B. A. S. Nível de atividade física e hábitos alimentares de universitários do 3o ao 5º semestres da área da saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas. v. 1, n. 21, p. 39-47, jan./fev., 2008. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rn/v21n1/a05v21n1.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2012. 22h18min.
70. MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 182 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-18112008-084858/>>. Acesso em: 03 mar. 2010. 13h40min.
71. MELLONI, R.; VILLA, M. R.; CORREA, F. S.; MOREIRA, F. M. S. **Manual de compostagem de resíduos orgânicos domésticos**: boletim técnico. Lavras, ano 7, n. 29, 23p., 1998.

72. NAGLE, E.C. **Potencial de minimização do material biodegradável de alimentação contido no resíduo sólido domiciliar em municípios da região metropolitana de Campinas**. 2004. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000350684>>. Acesso em: 03 mar. 2010.13h41min.
73. [NEW YORK]. New York City Department of Sanitation, Bureau of Waste Prevention, Reuse & Recycling. **New York City Master Composter Manual**. Staten Island Botanical Garden Inc. New York, 2007. 141p. Disponível em: <<http://www.nyc.gov/html/nycwasteless/html/compost/compostproj.shtml>> Acesso em: 15 ago. 2011, 9h15min.
74. OFICINA DE COMPOSTAGEM. Programação de Oficinas. **Folheto do Festival Artístico-Cultural Virada da Lua**, p. 2, dez. 2005.
75. OFICINA DE COMPOSTAGEM. **Folheto do I Fórum de (Com)Ciência da Moradia Estudantil da UNICAMP**, p. 12-13, set. 2006.
76. OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Percolação de nitrato em latossolo amarelo distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 25, p 731-741, 2001. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180218337024>>. Acesso em: 3 jun. 2012.
77. PALAZZI, V.; TEVEZ, H.; JORGE DE CUBA, E.; SÁNCHEZ de PINTO, M. I.; Environment education and protagonist of community in relation to the urban waste. In: KOCASOY, G., ATABARUT, T., NUHOGLU, I. (orgs.). **Appropriate environmental and solid management and technologies for developing countries**, Turkey, v. 5, n. 790, p. 3043-3048, July 2002.
78. PAZ, V.; UMBIDES, R.; MISHIMA, H.; SÁNCHEZ de PINTO, M.I.S. Tratamiento de los residuos urbanos en Santiago del Estero (Argentina): una experiencia piloto. **Residuos** , España, v. 8, n. 71, p 40-45, mar./abr. 2003.
79. PAZ, V; UMBIDES, R.; MISHIMA, H.; SÁNCHEZ de PINTO, M. I.; POLO, A. Experimental Plant of Compost Elaboration from Urban Solid Waste. In: KOCASOY, G., ATABARUT, T., NUHOGLU, I. (Eds.). **Appropriate environmental and solid management and technologies for developing countries**, Turkey, v. 2, n. 790, p. 1371-1378, July 2002.

80. PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Viçosa: UFV, 2007. 81 p. Reimp. de 2010.
81. _____. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v 1, n. 1, p. 41-52, jan./jun. 1999.
82. PIRES, A. M. M.; ANDRÉ, E. M.; COSCIONE, A. R. Regulamentação do uso agrícola de composto de resíduo sólido urbano. In: SILVA, Fábio César da; PIRES, Adriana M.; RODRIGUES, Mário Sérgio; BARREIRA, Luciana. **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.53-68.
83. [PME] - PROGRAMA DE MORADIA ESTUDANTIL Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://www.prg.unicamp.br/moradia/apresentacao.html>>. Acesso em 03 fev. 2010, 12h19min.
84. POLPRASERT, C. **Organic waste recycling: technology and management**. 2. ed. Bangkok: John Wiley & Sons, 1996. 412p.
85. PORTILHO, M. de F. F. **Profissionais do lixo: um estudo sobre as representações sociais de engenheiros, garis e catadores**. 1997, 140p. Dissertação (Mestrado em Psicologia de Comunidades e Ecologia Social) Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
86. [PMC] PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. Secretaria de Serviços Públicos e Secretaria de Administração. **Campinas: a gestão dos resíduos sólidos urbanos**. PMC, 1996. 223p.
87. [PROSAB] PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2012, 8h20min.
88. RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; SUSAN E. E. Nutrição Vegetal e Solos – Ensaio: Compostagem. Tradução de Lázaro Eustáquio Pereira Peres. In: _____. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. cap. 30, p. 717.

89. ROCHA, M. T. **Fertilização Orgânica e Qualidade do Solo: um estudo de alguns indicadores de manejo sustentável**. 2000. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2000.
90. RODRIGUES, N. S.S. **Aplicação da matriz qualidade do QFD – desdobramento da função qualidade – para avaliar serviços de alimentação no campus da Unicamp**. 2010. 190 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2010. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000476830&fd=y>>. Acesso em: 22 out. 2012. 21h45min.
91. ROMANO, H. M. **Viabilidade econômica da compostagem na CEASA/SJ**. 2005. 81f. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2005.
92. ROTHENBERGER, S.; ZURBRÜGG, C.; ENAYETULLAH, I.; SINHA, A. H. Md. M. **Decentralised composting for Cities of Low - and Middle Income Countries: a user's manual**. Bangladesh and Switzerland: Waste Concern, 2006. 110 p. Disponível em: <http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ROTHENBERGER%20%202006%20Decentralized%20Composting%20for%20cities.pdf>. Acesso em: 15 abril 2011, 17h27min.
93. SÃO PAULO (Estado) Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 17 de mar. 2006, v. 116, nº 51, p.1. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2006_Lei_Est_12300.pdf>. Acesso em 15 fev. 2012. 22h13min.
94. SILVA, F. C.; MENDES, D. G.; BARREIRA, L. P. Procedimentos para o aproveitamento de resíduo sólido urbano orgânico em municípios. In: SILVA, F. C.; PIRES, A. M.; RODRIGUES, M. S.; BARREIRA, L. **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.69-92.
95. SILVA, F. C.; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D. Recomendações Técnicas para o Uso Agrícola do Composto de Lixo Urbano no Estado de São Paulo. **Circular Técnica 3**, Campinas: EMBRAPA, 2002. p. 1-17. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/8691/1/circtec3.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2012.
96. SKECTH UP. Disponível em < <http://www.sketchup.com/> >. Acesso em: 7 nov. 2012, 17h18min.

97. STEPHENS, J.C., HERNANDEZ, M.E., ROMAN, M., GRAHAM, A.C., SCHOLZ, R.W., 2008. Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, n. 9, v. 3, p. 317–338, 2008.
98. STREB, C. S. **Resíduo Sólido domiciliar: potencial de minimização e potencial de conservação de energia com reciclagem em municípios da Região Metropolitana de Campinas**. 2004. 182p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000349308>>. Acesso em: 03 mar. 2010a. 13h42min.
99. _____. **A coleta informal de lixo no município de Campinas - SP : uma análise na perspectiva das questões energéticas e da qualidade de vida**. 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001. Disponível em : <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000231010>>. Acesso em: 03 mar. 2010b. 13h42min.
100. STREB, C. S., NAGLE, E. C.; TEIXEIRA, E. N. Caracterização do Resíduo Sólido doméstico: metodologia para avaliação do potencial de minimização. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29., 2004, Porto Rico. **Anais...** Porto Rico: AIDIS, 2004 . Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/nagle.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010. 09h21min.
101. TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management: engineering principles and management issues**. New York:McGraw-Hill, 1993. 978p.
102. TCI/UNICAMP - TROTE DA CIDADANIA PELO CONSUMO CONSCIENTE / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Trote da cidadania pelo consumo consciente**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/tci/>> Acesso em: 11 jun. 2012, 12h26min.
103. TEIXEIRA, C. **Dinâmica de gases (CO₂, O₂ e CH₄) e da temperatura em compostagem estática com aeração natural no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**. 46f. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2009. Disponível em: <www.tcc.cca.ufsc.br/agronomia/ragr063.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2012.

104. TEIXEIRA, Eglé Novaes. Modelo integrado de gestão de resíduo sólido. In: SILVA, Fábio César da; PIRES, Adriana M.; RODRIGUES, Mário Sérgio; BARREIRA, Luciana. **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agro-florestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.25-52.
105. TEIXEIRA, E. N.; BIDONE, F. R. A. Conceitos Básicos. In: PROSAB. **Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
106. TEIXEIRA, E. N.; FASSINA, L. T. C. V. S.; CASTRO, V. L. F. L. Resíduos sólidos domésticos: potencial de minimização (redução na fonte, reutilização e reciclagem) em termos de matéria orgânica In: Seminário Nacional sobre Resíduos Sólidos - Gestão Integrada, 4.,2000b, Recife. **Anais...** Recife: URPE, 2000. CD-ROM.
107. TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.; FURLAN JUNIOR, J. Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Carozo de Açaí. **Circular Técnica 29**, Belém: EMBRAPA, 2002. p. 1-8.
108. TEIXEIRA, E. N.; NUNES, C. R.; OLIVEIRA, S. Análise crítica das normas de resíduos sólidos. Parte 1. **Saneamento Ambiental**. São Paulo, nº 16. p. 28-30. Out./Nov. 1991.
109. TEMÓTEO, Tássia Gaspar. **Avaliação do Processo de Compostagem de Lodo de Esgoto**. 2005. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC – Graduação) - Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2005.
110. TENÓRIO, J. A. S., ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI Jr., A.; ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004. p. 155-212. Reimp. de 2009.
111. THOMPSON, R., GREEN, W. When sustainability is not a priority: An analysis of trends and strategies. **The Esmerald Register**, p 7-17, 2005. Disponível em: <www.emeraldinsight.com/1467-6370.htm>. Acesso em: 26 set. 2011.
112. TIVERON, V. P. M. **Gestão de resíduos sólidos no município de São Paulo no período de 1989 a 2000: atores em processo e conflito**. 2001. 185 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental), Programa de Pós-Graduação Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

113. [USEPA] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Compost of Yard Trimmings and Municipal Solid Waste**. United States of America: Solid Waste and Emergency Response, 1994, 151 p. Disponível em:
<www.epa.gov/ttnatw01/burn/burnalt1.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2012, 0h16min.
114. ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. ; Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: PROSAB. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. cap. 1, p. 1-18.
115. ZHANG, N., WILLIAMS, I. D., KEMP, S., SMITH, N.F. Greening academia: Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions. **Waste Management (Science Direct)**. n. 31. p 1606-1616. 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/wasman>. Acesso em: 26 set. 2011. 15h32min.
116. ZURBRÜGG, C; DRESCHER, S.; RYTZ, L.; ENAYETULLAH, I. Decentralized composting in Dhaka, Bangladesh - Production of compost and its marketing. **Anais**. In. ISWA 2002 Annual Congress, Istanbul, 2002. Disponível em:
<<http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/swm/dl/composting-dhaka-ISWA2002.pdf>> Acesso em: 25 set. 2011. 13h06min.

Anexos

Anexo A – Jornal "Amor à Moradia"

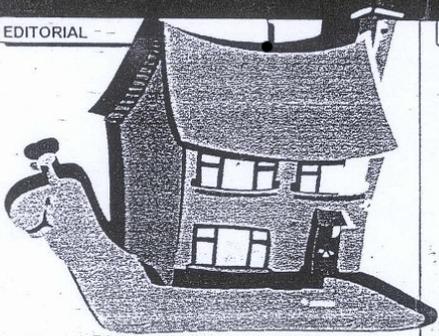
São apresentados, nas Figuras A1 e A2, o Jornal da Moradia Estudantil da UNICAMP com informações do projeto Recicladia.

FIGURA A1 Capa do Jornal da Moradia Estudantil da UNICAMP: "Amor à Moradia", fazendo menção ao projeto Recicladia

Jornal editado na Moradia Estudantil da UNICAMP Outubro de 1999

Amor à Moradia ♥ ♥ ♥

EDITORIAL



Amor à Moradia

De forma voluntária e cooperativa, alunos da UNICAMP estão desenvolvendo, na Moradia Estudantil da Unicamp, projetos pioneiros de integração dos moradores entre si e com a comunidade externa.

Exemplarmente, a Alfabetização de Jovens e Adultos, o "Supletivo", o Recicladia, o Cursinho Pré-Vestibular e as Oficinas (educação não formal) são atividades de extensão comunitária, que estão mobilizando pessoas e transformando posturas e visões dos moradores e da comunidade externa em relação à Moradia.

Estas iniciativas contribuem para uma formação universitária mais integral, educando estudantes para a cidadania, tal que mais que um técnico tenha-se a formação de um agente social e, conseqüentemente, preenchendo assim uma lacuna na formação universitária atual.

Mais que buscar ações politicamente corretas, estas iniciativas vêm construindo uma nova forma de relação dos estudantes com o espaço em que vivem (amor à moradia) e com a sociedade que os rodeia. Em verdade, esta se conseguindo resgatar o amor e a beleza que há dentro de cada um de nós e a capacidade de transformar nossa realidade a partir do espaço em que vivemos.

Assim, com o *Amor A Moradia*, mais que um novo jornal, surge um espaço gráfico para as importantes iniciativas na Moradia, um animador cultural das mesmas ou, em síntese, um sorriso otimista para a VIDA que há nesses movimentos. Então, bons sorrisos!

Neste número:

- 1 I Mostra dos Projetos de Extensão da Moradia
- 2 Em Busca de um Diálogo com o Mundo
- 3 G1 - Espaço Bar
- 4 CV-4: o resgate ou, simplesmente... tão simples

NOVIDADE

I Mostra dos Projetos de Extensão Comunitária da Moradia Estudantil da Unicamp

Neste ano que passou, uma série de projetos de extensão comunitária têm ocorrido na Moradia Estudantil da Unicamp.

Estes projetos surgiram por iniciativa dos próprios alunos, sem apoio ou incentivo institucional. Acreditamos que são fundamentais para complementar a formação que recebemos em nossos cursos, normalmente tão distantes e isolados da sociedade na qual estamos inseridos.

Esta experiência tem sido muito rica, tanto para os moradores da Moradia quanto para os da região de Barão Geraldo.

Estamos organizando um encontro aberto com toda a comunidade envolvida com nossos trabalhos, a ser realizada

dia 22 de Outubro de 1999,
a partir das 18h,
na Moradia Estudantil.

Sua presença neste encontro será muito importante, não só por poder conhecer nosso trabalho, mas também tendo em vista a reflexão que desejamos realizar, com todos os convidados, sobre o significado e próximos passos desta proposta de extensão comunitária.

Esperamos que seja um momento rico e agradável, um instante de encontros, troca...

Programação

18:00h	Palestra : Extensão Universitária e seus múltiplos significados
18:30h	Apresentação dos Projetos
	- Alfabetização de Jovens e adultos - MAP (Movimento Abrindo as portas)
	- Cursinho Pré-Vestibular
	- Vivência Educacional de Jovens e Adultos
	- Curso de Idiomas
	- Recicladia
	- Oficinas Amor à Moradia
19:30h	Apresentação Musical
20:00h	Fala dos Membros da Comunidade de Barão Geraldo
20:30h	Debate Aberto com todos convidados
21:00h	Encerramento da mostra com Sarau-Lual

Fonte: AMOR... (1999a)

FIGURA A2 Fragmento do Jornal da Moradia Estudantil da UNICAMP: "Amor à Moradia" com fragmento com informações do projeto Recicladia de outubro de 1999

3
Amor à Moradia

RECICLADIA

Projeto de Gerenciamento dos Resíduos Gerados na Moradia Estudantil da Unicamp

Preocupados com o lixo que é gerado na Moradia e com as diversas questões em torno do mesmo, alguns estudantes da Unicamp tomaram a iniciativa de planejar e implementar um projeto de gerenciamento de resíduos gerados na moradia, o RECICLADIA. O trabalho, sempre em andamento, iniciou-se com algumas reuniões de discussão sobre o tema. Uma das primeiras ações do grupo foi a elaboração de um questionário-consulta, há cerca de dois meses, através do qual os moradores puderam manifestar como viam a questão do lixo na Moradia. O questionário-consulta também serviu para que fosse feita uma primeira caracterização do lixo e para o envolvimento dos demais moradores, abordando questões relacionadas ao lixo e ao nosso dia a dia.

O segundo passo foi viabilizar a coleta seletiva na Moradia, dialogando casa a casa, conseguindo lixeiras diferenciadas e contatando a Prefeitura de Campinas para retirar o material reciclável periodicamente.

A BOA NOVA: agora quem realiza a coleta do lixo reciclável da Moradia não é mais a prefeitura de Campinas, mas sim o Sr. Agide, morador da Vila Santa Izabel.

Há muitas vantagens com essa mudança. Entre elas o fato de termos informações sobre o lixo aqui gerado, a quantidade e qualidade dos mesmos, o grau de adesão dos moradores na separação do lixo reciclável, o destino dos mesmos, etc. Este acompanhamento mais pessoal nos permite também desenvolver um relação de maior comprometimento e cumplicidade. Assim, quando você vir um senhor e seus filhos, com uma carroça, retirando o lixo que você separou e colocou nas lixeiras cor laranja, pode dizer sem medo: BOM DIA SENHOR ÁGIDE !!

PROJETO RECICLADIA

DÚVIDAS, CRÍTICAS, SUGESTÕES, INTERESSE ...
em qualquer caso, entre em contato conosco:
recicladia@egroups.com

Vender, comprar, trocar, doar ...

<< Este espaço é reservado para que moradores anunciem. É um tipo de classificados interno da Moradia, fazendo pontes entre os que tem algum bem ou algo disponível e pessoas interessadas >>

- Oficina de Expressão Corporal para Mulheres: O feminino, ministrada por Kátia Zaca – Aula Aberta (gratuita) – 21/Outubro, 19:00 h, no CV-4 (Moradia)
- Encomendas de livros nas várias áreas de conhecimento, com desconto, com Ronaldo casa F6
- Precisa-se de almofadas para o espaço CV-4 contatar Izabel, H-5.

PROCESSO SELETIVO PARA MORADIA -ANO 2000 - COMEÇA ESTE ANO:

- 06 a 21 de dezembro: entrega de documentação e entrevista para VETERANOS.

Observação: em breve toda casa da Moradia receberá o calendário completo do processo seletivo para o ano 2000, para divulgação entre os moradores.

Atendimento CGPM:

- Por telefone: 788-8692 (Seg. à Sexta, hor. comere.)
- Na Unicamp: PRG (diariamente)
- Plantão discente na Moradia: Quarta das 22 às 23:30 horas – na Torre E/F)

Parque Ecológico, as Árvores e Nós:

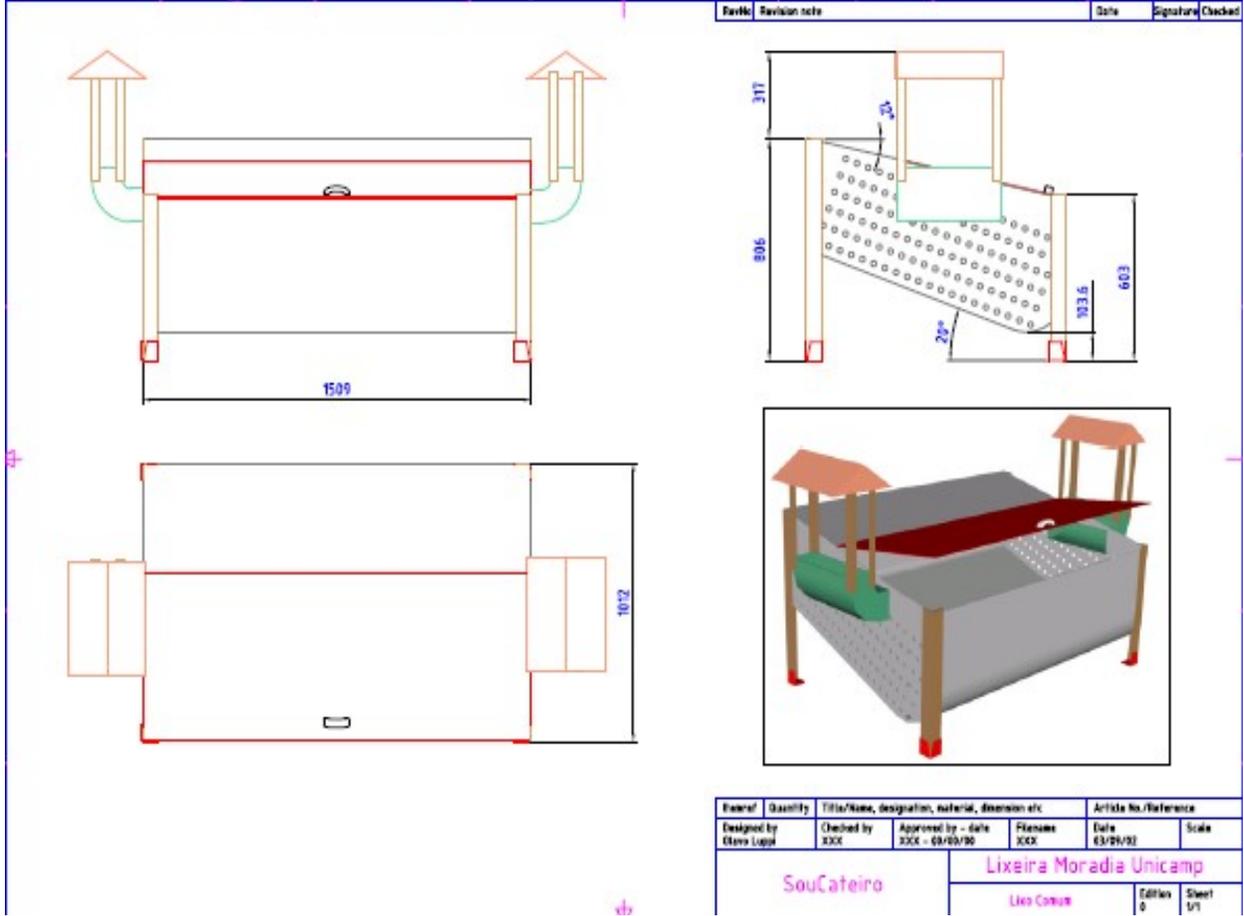
Em breve, equipe do Parque Ecológico estará cortando árvores, na Moradia, que estejam colocando em risco o sistema de água e esgoto das casas e solicita a compreensão e colaboração

Fonte: AMOR...(1999b)

Anexo B – Desenho do projeto de lixeiras metálicas para Moradia Estudantil da UNICAMP

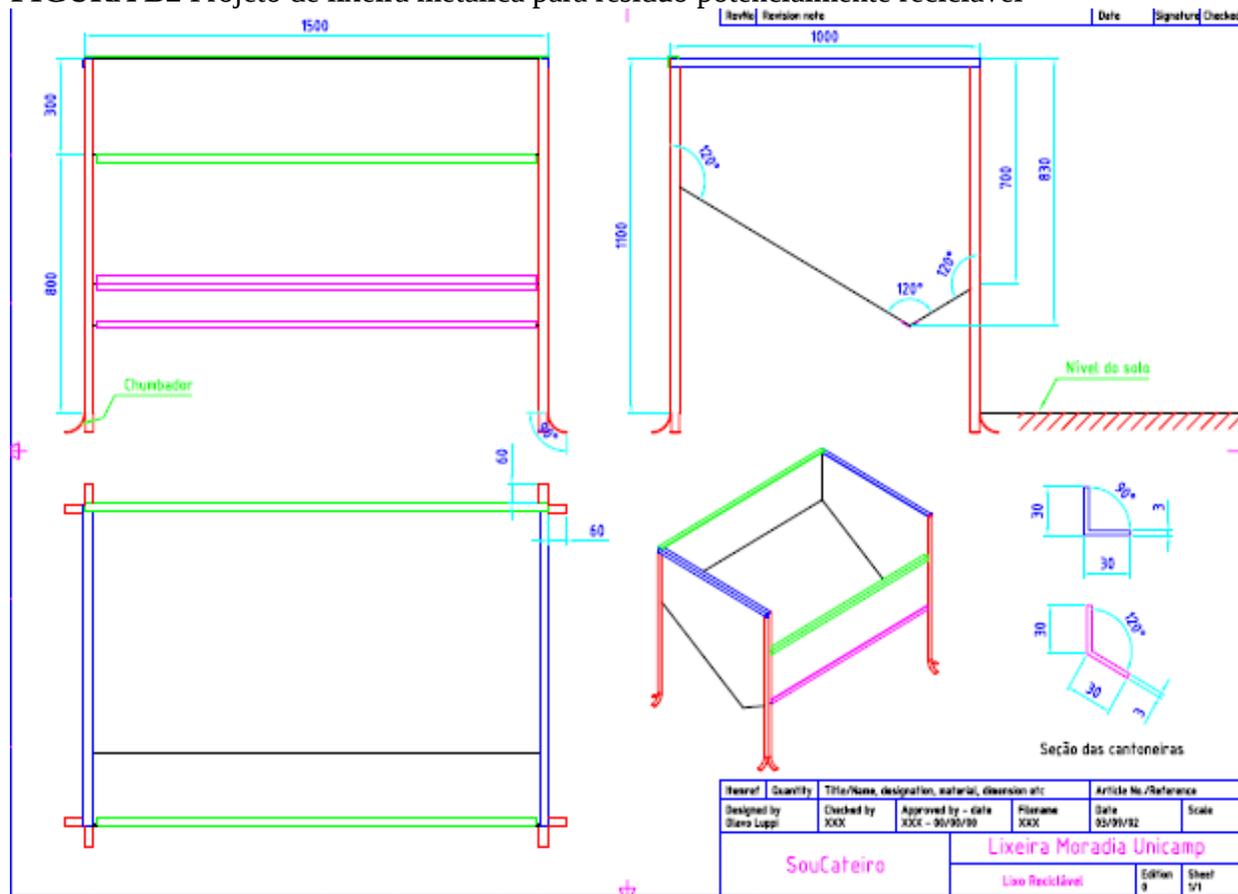
São apresentados, nas Figuras B1 e B2, o desenho do projeto de lixeiras metálicas respectivamente para "lixo comum" e "recicláveis".

FIGURA B1 Projeto de lixeira metálica para "Lixo Comum"



Fonte: Luppi (2002a)

FIGURA B2 Projeto de lixeira metálica para resíduo potencialmente reciclável



Fonte: Luppi (2002b)

ANEXO C - Jornal com reportagem sobre a cooperativa de triagem de resíduo reciclável de Barão Geraldo

É apresentado na Figura C1 um jornal com reportagem sobre a cooperativa de triagem de resíduo de Barão Geraldo.

FIGURA C1 - Notícia de jornal com reportagem sobre a cooperativa de triagem de resíduo reciclável de Barão Geraldo

Cooperativa Barão, no Real Parque é responsável pela reciclagem do lixo seletivo na região

Graças à valiosa participação e colaboração de todos, a nova coleta seletiva, iniciada no dia 06/12/2001 está se desenvolvendo muito bem.

Para se ter uma idéia, já estão sendo coletadas aproximadamente 100 ton./mês de materiais recicláveis (seco-limpo) que anteriormente eram descartados juntamente com o lixo orgânico. Hoje esses materiais estão sendo encaminhados à Cooperativa, gerando trabalho e renda para mais de 20 famílias da região.

Com isso o trabalho vem gerando economia de espaço na área do aterro sanitário, reduzindo em 10% a quantidade depositada e colaborando com nosso meio ambiente, na diminuição da extração de recursos naturais.

Continue participando da coleta seletiva, é muito fácil. Basta separar todo lixo reciclável do lixo orgânico, deixando-os fora, para a coleta seletiva, que é realizada em todo o distrito, às terças e sextas através da Ecocamp

Os lixos recicláveis são os seguintes:
Plásticos (embalagens plásticas em



geral, detergentes, refrigerantes, iogurtes, álcool, desodorantes, óleo comestível, etc.).
Metal (latas de alumínio, de cervejas, refrigerantes, sucos, etc.).
Papel: (de escritório, rascunhos, xerox, envelopes, listagens de computador, jornais, revistas, listas telefônicas, papelão, caixinhas longa vida).
Vidro (garrafas de bebidas em geral, potes de molhos, frascos de remédios e perfumaria).
Praticando este ato de cidadania, você estará contribuindo na geração de emprego e na qualidade de vida junto à natureza!

A Cooperativa Barão está localizada à R. Hugo Zaperlon, 15 - Real Parque
Telefones para contato:
3289-5390 - Nane
3288-0448 - Alício

Fonte: COOPERATIVA BARÃO... (2002)

Anexo D - Folheto Informativo sobre Coleta Seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP

São apresentados nas Figuras D1 e D2, a frente e o verso do Folheto que fornece informações e orientações sobre Coleta Seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP.

FIGURA D1 - Página de frente do folheto que fornecia informações e orientações sobre Compostagem e Coleta Seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP

<p>Já onde começamos? Preocupando-nos mais em gerar menos lixo do que reciclá-lo. Incorporando simples ações no seu dia-a-dia, seguindo os 3 Rs.</p> <p>Os 3 R's</p> <p>1 REDUZIR •Tirando xerox frente e verso; •Substituindo descartáveis por similares duráveis; •Evitando embalagens supérfluas •Diminuindo o consumo e o desperdício...</p> <p>2 REUTILIZAR •Papel para rascunho, frascos e potes; •Doar, trocar ou vender seus materiais usados; •Consertar utensílios em sapateiros, costureiros, etc.</p> <p>A Profcolor, da BC, tira xerox em papel rascunho mais barato! Sebos e Brechós comercializam materiais usados. A SOBRAPAR do HC recebe doações (o que parece lixo para uns é útil para outros)</p> <p>3 RECICLAR A estrutura da Moradia facilita tudo para você colaborar.</p>	<p>A dedicação em relação a COLETA SELETIVA NA MORADIA, já existe há algum tempo. O projeto RECICLADIA de 1999 e o grupo SOUCATEIROS, que existe desde 2002, são iniciativas que de maneira geral tem por objetivo a sensibilização dos habitantes da Moras para a convivência em um espaço agradável e integrado. Além disto, existe no momento a idéia de se disseminar focos de pesquisa na Moradia, ou seja, estudantes interessados em realizar sua pesquisa dentro de um microcosmo que é a moradia, com a possibilidade de integrar ensino, pesquisa e extensão neste espaço de vivência.</p> <p>Se você tiver interesse no assunto ou sugestões, entre em contato conosco.</p>  <p>bmdutra@gmail.com</p> <p>As soluções para questão do Lixo devem ser pensadas e resolvidas coletivamente.</p> <p>Atenção ao Painel comunicamoras@yahoo.com.br na Portaria I e ao grupo de Educação Ambiental na Moras.</p> <p>Folheto desenvolvido por Bruno R. M. Dutra Bolsista Iniciação Científica CNPq/PIBIC sob orientação do Prof. Dr. Mohamed Habib</p> <p><i>Apoio:</i> Programa de Moradia Estudantil Programa de Coleta Seletiva da Prefeitura da Unicamp Restaurante Universitário II Pizzaria Borda de Ouro Instituto de Biologia CNPq / PIBIC</p> <p><small>Ídlias e Imagens Retiradas dos folhetos: USP Recicla, São José Recicla e Tetra Pak</small></p> <p>Folheto em papel Reciclado</p>	<p>COLETA SELETIVA NA MORADIA</p> <p>Você se incomoda com:</p> <p>Lixeiras superlotadas? Lixo espalhado pelos blocos? A grande produção de lixo?</p> <p>O QUE FAZER?</p> <p>É só SE - PA- RAR em casa.</p> <p>As placas nas lixeiras ou o verso deste panfleto informam como fazer.</p>
---	---	---

Fonte: Dutra (2006)

FIGURA D2 Verso do folheto que fornecia informações e orientações sobre Compostagem e Coleta Seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP

COLETA SELETIVA NA MORADIA sugestão: AFIXE ESTE FOLHETO NA GELADEIRA DE SUA CASA

<p style="text-align: center;">LIXEIRA MARROM</p> <p style="text-align: center;">SÓ ORGÂNICOS <small>QUE TAL ALIMENTAR A COMPOSTEIRA!</small></p> <p>SOBRAS DE COMIDA; PÃO; CASCAS DE OVOS, VERDURAS, LEGUMES E FRUTAS; BORRA DE CAFÉ; SAQUINHO DE CHÁ; GRAMA; RAMOS CORTADOS E QUALQUER OUTRO RESTO ORGÂNICO.</p> <p style="text-align: center;">Para onde vai o que você separou? Para o Pátio de Compostagem!</p>  <p style="text-align: center;"><small>Composteira</small> <i>Onde todo material orgânico se transformará Naturalmente em adubo.</i></p> <p style="text-align: center;">Como?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Fornecemos um recipiente para seu resíduo orgânico... Nele não descarte RECICLÁVEIS, LIXO COMUM, EMBALAGENS, etc. 2- Você deposita a sacola com Resíduo Orgânico em uma das LIXEIRAS MARRONS que será coletada e levada para o Pátio de Compostagem. (Venha nos visitar!!!) <p style="font-size: small;">A produção em massa de resíduos orgânicos aproxima-se de 50% em diversas localidades!</p>	<p style="text-align: center;">LIXEIRA LARANJA</p> <p style="text-align: center;">Recicláveis <small>Que tal "passar uma água" antes de depositar o resíduo aqui!</small></p> <p>PAPEL, PAPELÃO E JORNAIS, EMBALAGENS, PLÁSTICO, METAIS, CAIXAS DE OVOS E DE LEITE, VIDRO INTEIRO OU QUEBRADO.</p> <p style="text-align: center;"><i>TUDO DE PREFERÊNCIA LIMPO</i></p> <p style="text-align: center;">Para onde vai o que você separou? Para COOPERBARÃO!!</p> <p>Será recolhido 2 vezes por semana, levado para a Cooperbarão, garantindo qualidade de vida na Moradia e renda de muitas famílias cooperadas.</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Serão disponibilizados recipientes para seu resíduo orgânico e recicláveis.</p>	<p style="text-align: center;">LIXEIRA CINZA</p> <p style="text-align: center;">LIXO COMUM QUEM NÃO SE-PA-RA DEIXA TUDO AQUI!</p> <p>PAPEL HIGIÊNICO, FRALDAS, ABSORVENTES, PRESERVATIVOS, BITUCADA CIGARRO, BANDEJA DE CARNE E QUALQUER EMBALAGEM MUITO SUJA OU ENGORDURADA.</p> <p style="text-align: center;">Para onde vai o que sobrou?</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Se você tem um cachorro ou gato também é responsável pelo lixo espalhado em frente a sua casa... Que tal recolhê-lo?</p> 
---	--	---

Não deixe seu lixo na porta de casa por mais de 12 horas. Leve-o para a lixeira.
Evite advertências de acordo com Artigo 23, item VI do Capítulo IX da Deliberação CONSU-A-24/01

Fonte: Dutra (2006)

Anexo E - Folhetos de atividades envolvendo compostagem e coleta seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP

São apresentados, nas Figuras E1 e E2, folhetos de atividades envolvendo compostagem e coleta seletiva na Moradia Estudantil da UNICAMP.

FIGURA E1 - Folheto informativo do evento Virada da Lua em que foi realizada uma oficina de compostagem

O que é?

Aconteceu algo incrível, quando fizemos a primeira reunião na Torre E-F, a Moradia compareceu em peso. Os que dormem de dia, os que dormem de noite e também os que nunca dormem; o pessoal dos estúdios, os “arroz de festa”, o pessoal das exatas, das humanas, biológicas; os arrumadinhos e os mundrungs, todos os MONSTERS. Estávamos reunidos – os diversos tipos que só a Moradia tem – cara a cara com a diversidade que quem mora aqui na Moras bem conhece. Todo mundo topou e então chegamos a pergunta: Como organizar tudo isso? Como materializar esse festival? Nessa que seria a hora do “bicho pegar” ... aconteceu... A galera começou a se organizar, a se dividir em comissões e a única forma de se fazer isso é “**Cunversá**”. E assim tudo foi acontecendo, a galera chamando a resposta pra si e, encarando a bronca. Dividimos todo o serviço, vááááárias frentes diferentes, várias comissões. (...)

Programação das Origens

horário	oficina	local
10-12h	Oficina dança de salão	CV3
10-12h	Cinema	Cinemoras
10-12h	Oficina de compostagem	Ateliê m-n
14-16h	Oficina de teatro	CV3
14-16h	Oficina de relações raciais	CV2 (cursinho)
14-16h	Cinema	Cinemoras
14-16h	Oficina de grafite	Muro
14-16h	Oficina de malabares	Gramado CV4
16-18h	Oficina de samba	CV3
16-18h	Oficina de diversidade sexual (papo sobre opções)	CV2 (cursinho)
16-18h	Cinema	Cinemoras
16-18h	Oficina de pintura	Muro

Programação do Palco

horário	evento
09:00	Abertura
09:30	Show de variedades
12:00	Show: Rodolpho Gartier - Rock
12:40	Show: Borboleta Bêbada - Chorinho
13:30	Show: Nelson - MPB
14:30	Lançamento do livro “Pérola negra: história de um caminho” (Elaine Pereira da Silva) Negritude, Medicina, minha verdade da vida
15:00	Mesa de discussão com os Bixos: Cheguei. O que deveriam ter me dito?
16:00	Mesa de discussão com os Veteranos: Como resolver conflitos existenciais: olhando para trás
17:00	Flautins e poesia performática com Euzébio
18:00	Sarau: Poesias e Cortejo Teatral
19:00	Show: The Lemons
19:50	Drag Queen com apresentação de Rubya Bittencourt)
20:10	Variedades
22:00	Encerramento

Origens Para Crianças

Entre as 10 e 17h haverá oficina e mais programação para a criançada:

- Vamos fazer um saci?
- Brincando com música
- Trilhar estórias
- Oficina de brinquedos de sucata

É um evento dos moradores para os moradores, antes do próximo ano, depois de mais um.



“Tamo aí mandando brasa”.

Fazê o quê? Num aguenta bebe leite!

E mais...

- Tenda
- Projeção de filmes
- Correio Elegante
- Xô Dodóis
- Feira de troca-troca
- Distribuição de preservativos: 01.12: Dia mundial de luta contra a AIDS
- Exposição de quadros de moradores
- As bichas da moradia prometeram ir montadas
- [...]

Fonte: OFICINA DE COMPOSTAGEM...(2005)

FIGURA E2 - Folheto informativo do I Fórum de (Com)Ciência que foi realizada uma oficina de compostagem

Programação

(Continuação)

Sexta-feira, 29 de setembro:

13:30 - 14:30: Oficinas:
Gramado em frente ao CV3 - "Compostagem: o passeio da família casca e outras aventuras"
Bruno Ricardo Marques Dutra (IB - UNICAMP).
CV3 - "Movimento e jogo, jogo do movimento"
Henrique Romero (IEL - UNICAMP).

14:30 - 15:45: Mesa Redonda 2 (tenda):
"Diversidade e Convivência: é possível uma conciliação?"
Alexandre Alencar (Grupo de Combate às Opressões; FE - UNICAMP);
Magali Mendes (funcionária do IFCH - UNICAMP);
Juan Cabanillas (Associação dos Estudantes Peruanos; FCM - UNICAMP);
Representante do PAGU - UNICAMP.

15:45 - 16:00: Pausa café-lanche

16:00 - 18:15: Grupo de Discussão (CV1):
"UNICAMP e Moradia em discussão: ilusões e perspectivas"
"II Festival Artístico-Cultural Virada da Lua"
Edy Souza (IFCH - UNICAMP); Fabi Jesus (IEL - UNICAMP).
"Universidade e (o) mito Campinas: um diálogo imaginário"
Ricardo de S. Dagnino (IG - UNICAMP).
"As origens do mito Campinas"
Rogério B. da Silva (IG - UNICAMP); Henrique T. Novaes (IG - UNICAMP).
"Contradições do espaço histórico da universidade no contexto da internacionalização"
Ana M. dos Reis (Universidade de Sorocaba).
"O Mito da 'Ilha da Fantasia' e os universos paralelos de Barão"
Warney S. R. da Silva.

12

Programação

(Continuação)

Sexta-feira, 29 de setembro:

18:15 - 18:30: Pausa café-lanche

18:30 - 19:30: Assembléia Deliberativa (tenda)

A partir das

19:30: Encerramento do dia (CV3):
Apresentação de Dança-teatral
Grupo Caótico Zum.

Danças do Brasil
Tatiane Silva (IA - UNICAMP).

Apresentação de dança do Projeto Moras Dance!



28, 29 e 30 de setembro de 2006
Moradia Estudantil da UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Programa de Moradia Estudantil
(19) 3289 0755 (19) 3289 7498
www.prg.unicamp.br/moradia



13

Fonte: OFICINA DE COMPOSTAGEM...(2006)

Anexo F - Documento referente a funcionário da Moradia Estudantil da UNICAMP

São apresentados, nas Figuras F1 e F2, documentos referentes a funcionário da Moradia Estudantil da UNICAMP.

FIGURA F1 - Documento por meio do qual solicitou-se à coordenadora executiva da Moradia Estudantil da UNICAMP a mudança das atribuições funcionais de um funcionário envolvido nas atividades de manutenção do pátio experimental de compostagem, hortas e jardins da Moradia Estudantil da UNICAMP

PME, 5 de dezembro de 2006

À Sra.
Profa. Dra. Kátia Stancato
Coordenadora do PME,

REFERENTE FUNCIONÁRIO DO PME

Em visita à Moradia Estudantil da Unicamp, no dia 3 de dezembro de 2006, durante o Evento Cultural-Artístico **Virada da Lua**, o prof. Dr. Mohamed se sensibilizou com o funcionário Luiz Donizete (Galo), que fez um emocionante relato sobre o comprometimento dele com o Serviço de Compostagem e Horticultura realizado na Moradia e como valoriza os estudos da terra e o plantio como fonte de nossos alimentos.

O Sr. Luiz auxilia voluntariamente o trabalho de compostagem e cuida da horta construída pelos estudantes fora do expediente, há aproximadamente um ano e meio, sendo que o mesmo montou uma horta disponível aos alunos e principalmente, aos funcionários.

O prof. Mohamed garantiu que este tipo de atividade faça parte de seu rol de atribuições, durante o expediente. Contudo, para que seja possível essa alteração, é imprescindível a contratação ou transferência de um funcionário substituto, já que o Luiz é o único pedreiro da Moradia.

Atenciosamente


Bruno Ricardo Marques Dutra
Bolsista responsável pela Compostagem e Horticultura
Programa de Moradia Estudantil
Casa M-12

Figura F2 - Documento elaborado pela coordenadora executiva da Moradia Estudantil da UNICAMP solicitando apoio para a mudança nas atribuições funcionais de um funcionário da Moradia



PROGRAMA DE MORADIA ESTUDANTIL
COORDENAÇÃO EXECUTIVA



20 de dezembro de 2006

Ilmo Sr.
Prof. Dr. Mohamed Habib
DD.Pró-reitor de Pesquisa, Extensão e Assuntos Comunitários
PREAC-Unicamp

Senhor Pró-reitor,

Encaminho, para análise e parecer, a carta do Sr. Bruno Ricardo Marques Dutra, RA: 970325, estudante bolsista da Moradia, responsável pelo Projeto de Compostagem e Horticultura, aluno do Instituto de Biologia da Unicamp..

A carta relata a necessidade do trabalho do funcionário Luiz Donizete (Galo), que é imprescindível para a continuidade e o estabelecimento do referido projeto de pesquisa e extensão, realizado desde janeiro de 2005.

Atualmente, o Sr. Luis Donizete atua como pedreiro no Setor de Manutenção do PME.

Esclareço que tenho concordância com a solicitação, tendo em vista que o funcionário encontra-se em idade avançada para a realização da função atual. E ao mesmo tempo, o Sr. Luis tem afinidade pelo serviço de preparo da terra.

Acredito que esta transferência irá atender os propósitos expressos nas diferentes missões do PME, que primam pelo apoio aos alunos e funcionários em suas necessidades, de forma a desenvolver suas atividades com excelência e pautados na responsabilidade ética e social que norteia as ações institucionais da Unicamp.

Sem mais para o momento, desde já agradeço a atenção.

Profa. Dra. Kátia Stancz
Coordenadora do P.M.E.
Matr. 165247

Anexo G - Adesivos desenvolvidos para identificar diferentes recipientes para resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP

São apresentados nas Figuras G1 e G2, adesivos desenvolvidos para identificar diferentes recipientes para resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP.

FIGURA G1 - Adesivo desenvolvido para identificar os recipientes de 3 a 5 litros utilizados na separação de resíduo sólido orgânico da Moradia Estudantil da UNICAMP



FIGURA G2 - Adesivo desenvolvido para identificar os recipientes e incentivar a segregação de resíduo potencialmente reciclável na Moradia Estudantil da UNICAMP



Anexo H – Documento referente a doação de recipientes para separação de resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP

É apresentado na figura H1 um documento referente à solicitação de recipientes à diretoria do restaurante universitário da UNICAMP para a separação de resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP.

FIGURA H1 – Documento referente a solicitação de recipientes utilizados na separação de resíduo na Moradia Estudantil da UNICAMP à diretoria do restaurante universitário da UNICAMP. Neste documento menciona-se que a Divisão de Meio Ambiente da UNICAMP (antigo Setor de Meio Ambiente) também forneceu recipientes para a Moradia.

Campinas, 08 de outubro de 2002

À
Diretoria do Restaurante Universitário
A/C Liliam

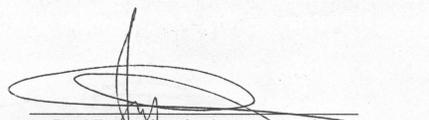
O grupo Soucateiros, que desenvolve um trabalho com a separação do lixo na moradia, solicita através desta, a liberação de alguns dos baldes que são utilizados para armazenar o suco servido durante às refeições. Estes baldes serão devidamente limpos, furados e identificados, para serem distribuídos nas casas da Moradia da Unicamp para promover a separação do lixo seco reciclável, já que servirão de recipientes para este.

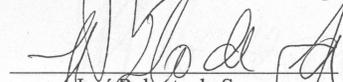
Retiramos 20 baldes do setor de Meio Ambiente do Parque Ecológico da Unicamp provindos do restaurante, no entanto, os mesmos se encontravam muito sujos e tivemos grande dificuldade na limpeza. Fomos informados que são armazenados no almoxarifado do Restaurante e após o acúmulo de certa quantidade, são levados para o Parque Ecológico. Pensamos na possibilidade de retirá-los diretamente do almoxarifado, o que facilitaria a limpeza, já que não permaneceriam muito tempo expostos a intempéries.

O projeto do Grupo Soucateiros está em anexo e adiantamos que recebemos o aval do Sr. José Benedito, responsável pelo setor de Meio Ambiente da Unicamp, bem como o do Sr. José Roberto de Souza, responsável pelo Setor de Manutenção no Programa de Moradia Estudantil

Sem mais para o momento e contando com a compreensão e colaboração de todos, agradecemos.

Atenciosamente,


José Benedito de Castro Henrique
Área de Meio Ambiente da Unicamp


José Roberto de Souza
Responsável pela Moradia do PME


Bruno Ricardo Marques Dutra
Grupo Soucateiros



Anexo I - Ata de reunião do conselho deliberativo da Moradia Estudantil da UNICAMP

É apresentado na Figura I1 o documento do conselho deliberativo da Moradia Estudantil da UNICAMP.

Figura I1 - Ata de reunião do conselho deliberativo da Moradia Estudantil da UNICAMP realizada no dia 22 de fevereiro de 2010 com destaque para a data marcada para a mudança de moradores entre blocos devido à reforma das casas da Moradia



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PROGRAMA DE MORADIA ESTUDANTIL
CONSELHO DELIBERATIVO



Ata da Reunião com os moradores do Bloco "A" do Programa de Moradia Estudantil. Aos vinte e dois dias do mês de fevereiro de dois mil e dez, às quatorze horas no CV-3, reuniram-se os moradores do bloco A e o Prof. Luiz Antonio Viotto Coordenador da Moradia e Paulo H. Fozatti Diretor de Serviços do PME. **Pauta: Organização da mudança do bloco A para a frente do bloco M.** O Prof. Antonio Viotto inicialmente fez alguns esclarecimentos sobre o andamento da reforma do bloco M. Houveram alguns atrasos em virtude de problemas administrativos, tais como atraso em editais, recursos na justiça após resultados das concorrências, muitas chuvas e temporais que prejudicaram o andamento da reforma e em particular da pintura. Para que não houvesse mão de obra ociosa, os trabalhadores iniciaram a parte estrutural de tubulações do bloco D. O Prof. Viotto esclareceu que em virtude de algumas casas do bloco A terem 2 ou 3 oficiais, solicitou que os moradores se agrupassem em casas com 4 pessoas. Como não houve adesão a esta proposta o Coordenador informa que as casas deverão receber os calouros de maneira a completar 4 pessoas por casa. Assim foi enfatizado para que recebam bem os calouros que estão chegando. Reforçou a solicitação dizendo que a Universidade investe um alto valor no processo de seleção para a moradia, manejando muitas informações e chegando a realizar visitas domiciliares fora do estado em muitos casos. Solicita então que os moradores honrem o processo realizado. Estava presente à reunião o morador Klebson da casa P-04. Eles solicitaram o retorno à casa M-04. O Sr. Coordenador solicitou ao morador da casa que justificasse tal solicitação. O mesmo justificou dizendo que a rampa de acesso a casa no bloco P é bem mais alta que no bloco M, dificultando o acesso dos moradores que possuem moto, levando a acidentes. A solicitação foi colocada à plenária e foi aprovada. Diante desta reivindicação, outros moradores do bloco A (casas A-02, A-02A, A-04A e A-10) também solicitam retorno ao bloco A após conclusão das obras do bloco, alegando que fizeram investimento na casa, colocando azulejos no banheiro e cozinha. A moradora Patrícia e outras pessoas comentaram que elas observam falhas na construção das casas, como os tijolos vazados, que suja a casa e permite a entrada de insetos e baratas, mas que elas tem respeitado a orientação de não alterar isto. O coordenador se comprometeu a verificar mudanças que poderão vir a ser feitas de maneira a melhorar a qualidade de vida para os moradores. Avaliada a questão, foi consenso na plenária que estes moradores devem retornar às suas casas no bloco A após a conclusão da reforma. Ficou acordado também, que estes moradores se encarregarão de fazer seu retorno a casa, ou seja, assumir o transporte de seus móveis e utensílios. Em seguida o Prof. Viotto ressaltou que nos dias de mudança os moradores devem ter em mãos a lista de sugestões para que a mudança seja a mais perfeita possível e a casa deverá ser liberada sem nenhum material dentro. A Administração fará a contratação de carregadores para auxiliar na mudança, nos dias 06 e 07/03/2010, porém pediu colaboração dos moradores no sentido de auxiliarem na mudança. Foi solicitado aos moradores que os móveis que não tiverem mais uso e ou descartes em geral, deverão ser levados para a caçamba designada para este fim, que estará localizada no meio do bloco A. A distribuição ficou assim estabelecida, de comum acordo entre os moradores: P-04=>M-04; A-1 => M-01; A-02 => M-02; A-02A => M-02A; A-03 => M-03; A-04 => M-14; A-04A => M-04A; A-05 => M-05; A-06 => M-06; A-06A => M-06A; A-07 => M-07; A-08 => M-08; A-08A => M-08A; A-09 => M-09; A-10 => M-10; M-10 => C-08A; M-14 => L-05. As casas estão sendo lavadas esta semana, e as chaves estarão disponíveis a partir do dia 03/03. A Administração enviará um comunicado aos moradores do bloco sobre a disponibilização das chaves. Serão entregues também as chaves dos respectivos escaninhos de correspondências. A Administração fará uma lista das casas com respectivos moradores que estão sendo realocados e deixará no Setor de Correspondência para que não haja desvios das mesmas. Nada mais havendo a tratar, Eu Vera Lúcia O. Ragazzi dos Santos, lavrei a presente Ata que segue assinada por todos os presentes abaixo. Campinas, 22 de fevereiro de dois mil e dez.

PME - Fone (19) 3289-7498 — e-mail: moradia@unicamp.br