

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL

RENATO ARRUDA VAZ DE OLIVEIRA

**Análise do processo de implantação de uma Unidade Descentralizada de  
Compostagem no Campus II da USP São Carlos**

SÃO CARLOS – SP  
2013



RENATO ARRUDA VAZ DE OLIVEIRA

**Análise do processo de implantação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São Carlos**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Assoc. Valdir Schalch

São Carlos – SP

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Oliveira, Renato  
OO48Aa      Análise do processo de implantação de uma Unidade  
Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São  
Carlos / Renato Oliveira; orientador Valdir Schalch.  
São Carlos, 2013.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2013.

1. unidade descentralizada de compostagem. 2.  
educação ambiental. 3. compostagem. 4. resíduos  
orgânicos. I. Título.

# FOLHA DE JUGAMENTO

---

Candidato(a): Renato Arruda Vaz de Oliveira

Título da Monografia: **Análise do Processo de Implantação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São Carlos**

Data da Defesa: 09/12/2013

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. Valdir Schalch (Orientador(a))

APROVADO

Marco Aurélio Soares de Castro

APROVADO

Rodrigo Eduardo Córdoba

APROVADO

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação  
Prof. Dr. Marcelo Zaiat



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Paulo e Mônica, que sempre me apoiaram e forneceram as melhores bases para a minha formação pessoal, guiando meus passos quando preciso e inspirando sempre à mais altos ideais pelo exemplo. Ao meu irmão Danilo pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos de São Carlos pelos momentos de alegria e companheirismo vividos juntos. Especialmente à REP 33 por ter se tornado uma verdadeira família durante esses anos de convivência diária. À Beatriz pela ajuda e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao Professor Valdir Schalch pela orientação e pela amizade.

Ao grupo do Projeto de Compostagem da USP pelos momentos de discussão, aprendizado e trabalho coletivo sem o qual não seria possível este trabalho de graduação.

A todos os envolvidos na gestão e implantação do projeto, em especial, ao USP Recicla na pessoa da Patrícia Leme (pazu), aos professores Victor Ranieri e Valdir Schalch, à Associação Veracidade e ao GEISA.

Aos técnicos dos laboratórios que ajudaram com as análises das amostras: Leandro Antunes Mendes (laboratório do IQSC -EESC/USP), Júlio César Trofino (laboratório de Saneamento – EESC/USP) e Oscar dos Santos Neto (laboratório de Mecânica dos Solos – EESC/USP).

À Rose, Valderez e Cecília do Departamento de Hidráulica e Saneamento pelo empenho e disposição em realizar os procedimentos de compra dos materiais necessários ao projeto aqui analisado.

Aos Engenheiros Eliel e Thiago que apoiaram e ajudaram durante todo o processo de construção do pátio de compostagem.

À Superintendência de Gestão Ambiental e à Pró-Reitoria de Pesquisa pela disponibilização de verba para realização do projeto de compostagem.





## RESUMO

OLIVEIRA, R. A. V. **Análise do processo de implementação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São Carlos**. 2013. 46 f. Trabalho de Graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

A composição física dos resíduos domiciliares no Brasil apresenta predominância de materiais orgânicos, os quais representam 51% do total de resíduos gerados no país. Essa grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final desses resíduos em aterros sanitários. Uma das alternativas que se apresenta como solução para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos é a compostagem. Este trabalho se propõe a fazer uma análise do processo de desenvolvimento e construção de uma Unidade Descentralizada de Compostagem (UDC) para atender a demanda do restaurante universitário do campus II da USP São Carlos de forma a adequar o gerenciamento integrado de resíduos sólidos da universidade à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Analisou-se o potencial da UDC de promover a conscientização e aproximação dos cidadãos sobre a questão do resíduo orgânico, fomentar a educação ambiental, o engajamento e capacidade organizativa da comunidade para que a mesma seja protagonista da gestão do próprio resíduo sólido. Realizou-se uma oficina de compostagem com alunos da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar. Coletaram-se dados do RU para estimar a produção de resíduos orgânicos, dimensionou-se a estrutura e área necessária para realizar a compostagem. Além disso, realizaram-se análises físico-químicas e granulométricas e avaliaram-se outras experiências de compostagem descentralizada quanto às dificuldades enfrentadas e quanto aos aspectos importantes para a implantação de UDCs comunitárias. Os resultados mostraram um aproveitamento de toneladas compostadas por área (ton./m<sup>2</sup>) abaixo de outras iniciativas. A abordagem da educação ambiental aliada ao pátio de compostagem demonstrou ser eficiente para tratar a questão dos resíduos orgânicos com os alunos da escola. Em relação às análises físico-químicas concluiu-se que as mesmas devem ser repetidas para fornecer resultados mais conclusivos. Palavras chave: unidade descentralizada de compostagem, educação ambiental, compostagem e resíduos orgânicos.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, R. A. V. **Implementation process analysis of a Decentralized Composting Unit in the university campus II of USP São Carlos**. 2013. 46 f. Trabalho de Graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

The physical composition of household waste in Brazil is predominantly composed of organic materials, representing 51 % of the total waste generated in the country. This large amount of organic matter is directly linked to the environmental impacts associated with the disposal of such waste in landfills. In this scenario composting systems can be employed to allow an adequate destination of organic waste. This work aims to analyze the development and construction of a Decentralized Composting Unit (DCU) developed to meet the campus II University Restaurant demand. This DCU was developed to adjust the integrated solid waste management of USP Sao Carlos university campus to the National Policy on Solid Waste. This work has proceeded to make an analysis of the UDC potential to promote awareness of citizens on the issue of organic waste, fostering environmental education, engagement and organizational capacity of the community. A workshop on composting techniques was promoted with students from Escola Estadual Professor Bento da Silva Cesar. Data collected was performed on the university restaurant to estimate the production of organic waste. The required area and the structure of the composting unit were dimensioned. In addition, physical-chemical and granulometric analysis were performed and other experiences of decentralized composting units were evaluated regarding the difficulties faced and the important aspects to the implementation of Communitarian UDC. The results showed a lower efficiency of tons composted per area (ton./ m<sup>2</sup>) when compared to other experiences in Brazil studied in the work here reported. The approach to environmental education coupled with the composting yard proved to be efficient to deal with the issue of organic waste with school students. In relation to the physicochemical analysis it was concluded that they should be repeated to provide more reliable results.

Key words: decentralized composting unit, environmental education, composting, organic waste.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2	OBJETIVO.....	3
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	LEGISLAÇÃO.....	4
3.1.2	Legislação Brasileira e qualidade do composto.....	6
3.2	UNIDADES DESCENTRALIZADAS DE COMPOSTAGEM.....	6
3.2.1	Separação na origem.....	7
3.3	EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	8
3.4	COMPOSTAGEM.....	10
3.4.1	Fatores que influenciam.....	11
3.4.2	Importância do composto para o solo e plantas.....	13
3.4.3	Potencial de contaminação do composto.....	14
3.4.4	Técnicas.....	15
3.5	EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS COM COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA.....	17
3.5.1	Projeto Revolução dos Baldinhos.....	17
3.5.2	Compostagem UFSC.....	20
3.5.3	Projeto Família Casca .....	20
3.5.4	Compostando no EcoPonto.....	21
3.5.5	Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Compostáveis de São Carlos.....	22

3.5.6	Projeto ABC da Compostagem.....	22
3.5.7	Projeto GIRO.....	24
3.6	PANORAMA FUTURO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: RESULTADOS DA IV CONFERENCIA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE.....	26
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
4.2	OBTENÇÃO DE DADOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO CAMPUS II.....	33
4.3	QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	34
4.4	BUSCA POR FONTES DE MATÉRIA RICA EM CARBONO.....	35
4.5	ESCOLHA DA TÉCNICA PARA REALIZAR A COMPOSTAGEM.....	36
4.6	DIMENSIONAMENTO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM.....	37
4.7	PROJETO E CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA DO PÁTIO DE ARMAZENAMENTO E SUPORTE.....	38
4.8	PROCEDIMENTOS DE COLETA, TRANSPORTE E EXECUÇÃO DA COMPOSTAGEM .....	41
4.9	EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CARTILHA EDUCATIVA E OFICINA DE COMPOSTAGEM.....	41
4.10	CUSTOS DE EXECUÇÃO DO PROJETO.....	43
4.11	GESTÃO DO PROJETO.....	44
4.12	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO COMPOSTO.....	45
4.12.1	Coleta de amostras.....	47
4.12.2	Análises físico-químicas.....	47
4.12.3	Análise granulométrica.....	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50

5.1	QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	50
5.2	DIMENSIONAMENTO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM .....	51
5.3	EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CARTILHA EDUCATIVA E OFICINA DE COMPOSTAGEM .....	53
5.4	APRENDIZADOS DE OUTRAS INICIATIVAS DE COMPOSTAGEM.....	56
5.4.1	Dificuldades enfrentadas por UDCs.....	56
5.4.2	Aspectos importantes para a implantação de UDCs comunitárias.....	57
5.4.3	Comparação do modelo de UDC implantado e outros modelos.....	58
5.5	VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE UMA UDC NA SUB-BACIA DO CÓRREGO DO MINEIRINHO.....	60
5.6	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	63
5.7	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	66
6	CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nota-se que, na maioria dos municípios, o fluxo de resíduos sólidos apresenta características muito semelhantes, da geração à disposição final, envolvendo apenas as atividades de coleta regular, transporte e descarga final, em locais quase sempre selecionados pela disponibilidade de áreas e pela distância em relação ao centro urbano e às vias de acesso, ocorrendo a céu aberto, em valas, etc. Em raras situações, este circuito inclui procedimentos diferenciados: coleta seletiva, processos de compostagem, tratamento térmico, etc., e, mesmo assim, frequentemente esses processos são mal planejados, o que dificulta a operação e torna-os inviáveis em curtíssimo prazo (SCHALCH et al. 2002).

O manejo inadequado de resíduos sólidos de qualquer origem gera desperdícios, contribui de forma importante à manutenção das desigualdades sociais, constitui ameaça constante à saúde pública e agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações, especialmente nos centros urbanos de médio e grande portes (SCHALCH et al. 2002).

Segundo BELLO (2010) a grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final dos resíduos sólidos em aterros sanitários, pois sua decomposição influencia na geração de chorume e de gases de efeito estufa. Uma alternativa de tratamento para os resíduos orgânicos é a compostagem, a qual é uma técnica biotecnológica utilizada para se obter, com maior rapidez e em melhores condições, a estabilização da matéria orgânica, que apresentará propriedades e características físicas, químicas e biológicas diferentes do material de origem.

Brito (2008) afirma que, considerando que a geração de resíduos é por si só um problema, o seu reaproveitamento contribui para aliviar a pressão sobre o meio ambiente, o que reforça a importância da prática da compostagem no atual contexto de consumo exacerbado e consequente geração de resíduos em meio ao qual vivemos. Além disso, a compostagem pode ser considerada importante instrumento no processo de educação ambiental, por estimular a consciência ecológica e ser embasada na ideia de reaproveitamento de restos alimentares e restos de poda, antes considerados rejeitos.

A partir do exposto, fica clara a contribuição da compostagem como forma de reduzir o volume de resíduos enviados ao aterro sanitário, permitindo elevar sua expectativa de vida bem como minimizar impactos ambientais negativos resultantes da disposição desses resíduos orgânicos.

Enquanto as Usinas de Compostagem presentes em alguns municípios brasileiros recebem os resíduos sólidos de todo o município de forma centralizada e possuem processos de triagem de materiais recicláveis e encaminhamento para a compostagem dos resíduos orgânicos em ambientes fechados, altamente mecanizados e custosos, o processo de compostagem em pequena escala analisado neste trabalho propõe-se como um modelo de gestão descentralizada que não pretende ser solução para a gestão de resíduos sólidos urbanos do município como um todo, mas sim, promover a conscientização e aproximação dos cidadãos sobre a questão do resíduo orgânico, fomentar a educação ambiental, o engajamento e capacidade organizativa da comunidade para que a mesma seja protagonista da gestão do próprio resíduo sólido e desta forma, seja ativa na implementação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) como prevê a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010.

Conforme Buarque (2002), o desenvolvimento local gera interesse e envolvimento dos moradores em melhorar as relações existentes na comunidade. Pelas dimensões e potencialidades, a energia para promover mudanças é mais bem canalizada, possibilitando a gestão local em todos os âmbitos, inclusive na questão dos resíduos sólidos.

Ayres e Filho (2007) comentam a importância da educação ambiental para repensar na educação aplicada, a inclusão de diferentes saberes, científicos e populares, para dar subsídio às pessoas para refletir, repensar e criticar o modelo que estão inseridos, onde pequenas mudanças podem fomentar grandes transformações.

Em contraposição ao modelo centralizado de gestão dos resíduos sólidos vêm ganhando força a gestão descentralizada de resíduos sólidos. Uma das causas dessa descentralização parte da observação de que numa escala menor e no nível comunitário pode-se obter mais eficiência e economia de recursos, aumentando o envolvimento da população com expressivo ganho na mobilização e coesão social. Processos educativos igualmente se beneficiam e ganha-se com a incorporação da noção de responsabilidade compartilhada. No caso dos resíduos orgânicos, a ciclagem de nutrientes localmente

favorece a prática da Agricultura Urbana. No entanto, como pré-requisito obrigatório para o sucesso da gestão descentralizada deve-se alcançar altos níveis de separação na origem.

Devido à determinação da Política Nacional de Resíduos Sólidos de que a partir de 2015 não será mais permitido o uso de lixões e que os aterros sanitários legalizados deverão receber somente rejeitos, torna-se mais evidente e necessário a conscientização da população para participar ativamente da responsabilidade compartilhada. Para atingir tal nível de participação e separação dos resíduos sólidos no próprio domicílio, deve-se realizar intensos programas de educação ambiental acompanhados da implantação da infraestrutura adequada para viabilizar a coleta seletiva e a separação na origem.

O projeto de compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos tem por objetivo ser um pólo de educação ambiental e promoção de práticas de gestão descentralizada de resíduos sólidos, ensejando a prática de compostagem comunitária nos bairros adjacentes.

O Projeto de Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos foi elaborado e executado por um grupo de estudantes de graduação e mestrado da USP e UFSCar sob coordenação do Prof. Valdir Schalch e com a orientação e auxílio de Professores e Funcionários do Campus da USP São Carlos.

Este trabalho se propõe a fazer uma análise do processo de desenvolvimento e construção do Projeto de Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos tomando como base a educação ambiental e a compostagem como solução técnica para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos da universidade em adequação à Lei Federal 12.305 de 02 de Agosto de 2010.



## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar o processo de implementação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem utilizando como base o “Projeto de compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos”, discutindo a sua viabilidade e potencial de replicação como modelo de Unidade Descentralizada de Compostagem (UDC) para instituições e comunidades.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Discutir os potenciais usos do composto proveniente de resíduos orgânicos de restaurante bem como a sua qualidade;
- Avaliar o potencial do projeto de incorporar a educação ambiental na prática da compostagem;
- Discutir os aprendizados de outras iniciativas de compostagem que podem ser incorporados em futuras iniciativas de compostagem descentralizada;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 LEGISLAÇÃO

A Lei Estadual nº 12.300, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, sancionada no dia 16 de março de 2006, e regulamentada pelo decreto estadual nº 54.645 de 2009 e a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sancionada no dia 02 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404 em 23 de dezembro de 2010, tratam, dentre outros aspectos, das diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos e das responsabilidades dos geradores e do poder público. As referidas leis trabalham com dois conceitos-chave:

- destinação final ambientalmente adequada;
- disposição final ambientalmente adequada.

O primeiro conceito remete aos resíduos e o segundo conceito aos rejeitos, para os quais, segundo a Lei nº 12.305, não há outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis. Já as ações de destinação devem ser pautadas, principalmente, na redução, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e no aproveitamento energético dos resíduos, a fim de evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos.

Outros conceitos importantes são: responsabilidade compartilhada, poluidor-pagador e protetor-recebedor. A responsabilidade compartilhada prevê que a responsabilidade do destino do resíduo sólido deve ser compartilhada entre todos que fazem parte do ciclo de vida dos produtos, incluindo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os responsáveis pelos serviços públicos de limpeza urbana. É através da definição em lei deste conceito de responsabilidade compartilhada que abrem-se inúmeras oportunidades para se incentivar e legitimar iniciativas de gestão local descentralizada de resíduos sólidos. No caso deste trabalho o foco

será nos resíduos orgânicos, mas como será conceituado mais adiante não há como se trabalhar os resíduos orgânicos sem considerar os resíduos inorgânicos, mais especificamente os recicláveis.

A reciclagem é considerada na lei 12.305 como “um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos” (BRASIL, 2010). Isto permite concluir que a parcela orgânica dos resíduos sólidos, transformada em adubo através da compostagem, é passível de reciclagem. Ademais, no item V do Art. 36, seção II, capítulo III da referida lei, lê-se que é dever do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos: “Implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido” (BRASIL, 2010). Cabe ressaltar que a implementação do que dispõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos é de responsabilidade dos municípios que o farão através do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Dentro das possibilidades para o gerenciamento dos resíduos sólidos dos municípios deve-se frisar o protagonismo e a preferência pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis, segundo o decreto 7.405 de 23 de Dezembro de 2010, que atualmente realizam apenas a coleta seletiva dos resíduos inorgânicos, mas cuja atuação pode ser estendida aos resíduos orgânicos desde que o PMGIRS contemple os instrumentos e ações necessários para tal.

Algumas capitais do Brasil já estabeleceram em suas legislações municipais valores máximos de produção diária de resíduos sólidos domiciliares para coleta pública, sendo 200 litros por habitante em São Paulo; 120l ou 60kg para estabelecimentos ou instituições no Rio de Janeiro; e 500l ou 200kg em Belo Horizonte. Essa medida responsabiliza os geradores que ultrapassam esses valores pelos custos de transporte e destinação (MAESTRI, 2010). Coordenados pelas prefeituras ou órgãos responsáveis, essas regulamentações podem contribuir para programas de reciclagem.

### **3.1.2 Legislação Brasileira e qualidade do composto**

As análises físico-químicas realizadas neste trabalho basearam-se em duas Instruções Normativas, a IN 27/2006 e a IN 25/2009.

A Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006), dispõe sobre os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Para que esses possam ser produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos na referida instrução normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

A Instrução Normativa nº25 (SAD MAPA, 2009), dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

A análise granulométrica seguiu a NBR 6502/95 (ABNT, 1995). Esta análise tem por finalidade determinar a natureza física do composto ao indicar a granulometria do material, sendo expressa percentualmente segundo determinadas classes de tamanhos (BARREIRA; PHILIPPI JR; RODRIGUES, 2006).

### 3.2 UNIDADES DESCENTRALIZADAS DE COMPOSTAGEM

MASSUKADO (2008) define Unidades Descentralizadas de Compostagem (UDC), como qualquer instalação física destinada a receber e tratar os resíduos compostáveis provenientes de coleta separada. O objetivo da UDC é gerenciar a fração orgânica o mais próximo possível do local onde os resíduos foram gerados, como por exemplo, em áreas institucionais de um bairro, de uma indústria e de escolas. A diferença de uma UDC e da compostagem caseira é que a primeira trata uma quantidade maior de resíduos, necessita de área e mão de obra, e também de uma logística para a coleta e tratamento dos resíduos. Uma característica especial das UDC está no fato de que todo o processo é feito com os resíduos gerados no próprio local em que ela está instalada.

O dimensionamento de uma UDC não deve levar em consideração somente a quantidade de resíduos a tratar, mas também os tipos de resíduos, as necessidades dos consumidores, o raio de ação e as aplicações do composto.

A descentralização do processo pode ser considerada uma opção viável para tratar os RSU, uma vez que este modelo poderia proporcionar uma redução dos custos de transporte, um aumento na taxa de compostagem além de usar tecnologias de baixo custo baseadas principalmente na disponibilidade de mão-de-obra (MASSUKADO, 2008).

Dispor um sistema que propicie a participação comunitária na gestão dos resíduos orgânicos contribui para aprimorar a organização já estabelecida. A princípio o aterro sanitário é uma maneira mais fácil para se tratar do problema do lixo. No entanto, pela descentralização da coleta dos recicláveis e tratamento dos resíduos orgânicos, é possível envolver estabelecimentos, residências e prefeitura, onde todos podem ser beneficiados com o retorno proporcionado pela reciclagem local (MAESTRI, 2010).

### **3.2.1 Separação na origem**

A literatura cita inúmeros casos de fechamento de Usinas de Compostagem no mundo e nos municípios brasileiros devido ao fato dos resíduos orgânicos chegarem às usinas completamente misturados. Segundo FIPAI (2009), mesmo submetido a onerosos processos de beneficiamento, este apresenta uma série de impurezas, tais como partículas de vidros, de papéis, de plásticos, de metais, etc., impossíveis de serem separadas do composto, fato que o torna bastante inferior aos compostos provenientes de granjas, estábulos ou de torta de farelo de algodão e mamona, disponíveis no mercado a preços atraentes.

Na aquisição desses equipamentos de "industrialização do lixo", a preocupação não deve ser centrada somente na reciclagem de material como metais, vidros, papéis, papelões e plásticos, cuja proporção aproveitável no resíduo sólido chega ao máximo a 15% da massa de resíduos da coleta regular, mas também na destinação final da parte orgânica, cujo teor, no Brasil, chega a 50%, e uma vez disposta inadequadamente, pode causar dano à saúde pública e ao meio ambiente. Como já foi explicitado anteriormente, o composto orgânico humificado pode ser aplicado como corretivo em alguns tipos de solo, sem efeitos nocivos para a saúde pública e o meio ambiente (FIPAI, 2009).

Como pode-se notar pelo exposto, a não separação dos resíduos sólidos na origem torna inviável o processo de compostagem, seja ele de forma centralizada em grandes Usinas de Compostagem ou descentralizada em pequenas UDC. Pelo exposto nota-se a importância da separação dos resíduos sólidos na origem, pois é a melhor forma de se viabilizar economicamente, socialmente e culturalmente o modelo de gestão integrada de

resíduos sólidos. Os resultados são alto valor agregado dos materiais recicláveis, bom funcionamento e valorização das cooperativas de catadores, produção de compostos com boa qualidade, aumento da vida útil dos aterros sanitários que efetivamente receberão apenas o rejeito.

Segundo INÁCIO & MILLER (2009) a implantação e a manutenção de projetos de coleta seletiva e compostagem dos resíduos orgânicos pode apresentar custos menores que as coletas convencionais/aterros e as coletas seletivas de recicláveis.

A reciclagem orgânica constitui, ainda, uma estratégia de gerenciamento de resíduos com potencial de integração entre setores da sociedade, propiciando maior envolvimento da população e a divisão das responsabilidades referentes ao controle da poluição urbana e ambiental (INÁCIO & MILLER, 2009). Em termos de contribuição ambiental, com o tratamento de resíduos orgânicos através da compostagem realiza-se a ciclagem de nutrientes contribuindo para o retorno do fluxo energético e de fertilidade aos agroecossistemas que produziram os alimentos, através do composto orgânico (ABREU, 2013).

Desta observação vem a importância da separação na origem do resíduo orgânico, pois assim não haverá o risco potencial de gerar-se um composto contaminado e, portanto, impróprio para uso como adubo e condicionante do solo.

### 3.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Educação Ambiental pode ser considerada como parte de um processo permanente, no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu ambiente e adquirem conhecimentos, valores, habilidades e experiências que os tornem aptos a agir e resolver problemas ambientais presentes e futuros (Unesco, 1987).

A Política Nacional de Educação Ambiental, de 1999, estabelece que:

São objetivos fundamentais da educação ambiental:

I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos (Brasil, 1999).

O Relatório de Pesquisa do IPEA intitulado “Diagnostico de educação ambiental em resíduos sólidos” de 2012 inicia da seguinte maneira:

O sucesso da implantação de um Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), fundamental instrumento de política pública nesta área temática, exige novos conhecimentos, olhares e posturas de toda a sociedade. Para que soluções adequadas se desenvolvam, conciliando os objetivos de desenvolvimento socioeconômico, preservação da qualidade ambiental e promoção da inclusão social, torna-se necessário um processo de organização e democratização das informações, de modo a fazerem sentido, não só para mobilizarem o interesse dos vários públicos, mas também para a proposição e o fomento de ações em busca de solução para a gama de situações ligadas aos vários aspectos dos resíduos sólidos destacados nos capítulos da PNRS (IPEA, 2012).

Pelas definições expostas acima, pode-se concluir que todas elas tratam da educação ambiental como uma forma dos indivíduos ganharem ferramentas e consciência para entender e perceber o ambiente em que estão inseridos. Não somente uma componente de conhecimento científico é colocada nestas definições, mas também uma componente social e cultural. Ayres e Filho (2007) comentam que a educação ambiental tem sua importância na inclusão de diferentes saberes, científicos e populares, para dar subsídio às pessoas para refletir, repensar e criticar o modelo que estão inseridos, onde pequenas mudanças podem fomentar grandes transformações.

### 3.4 COMPOSTAGEM

A compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição aeróbia e exotérmica da substância orgânica biodegradável, por meio da ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor de água, produzindo, o final, um produto estável e rico em matéria orgânica (DE BERTOLDI et al., 1983; SENESI, 1989; BIDONE E POVINELLI, 1999; KIEHL, 2004).

O Brasil é considerado um país ideal para o uso do processo de compostagem pela quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos, eventuais problemas quando da sua disposição inadequada pela formação de chorume e gases tóxicos e pela necessidade frequente de matéria orgânica nos solos (PEREIRA NETO, 1996). A pequena quantidade de matéria orgânica nos solos tropicais também é reportado por ZECH *et al.* (1990).

Segundo IPT (2000), o processo de compostagem apresenta as seguintes vantagens:

- redução de cerca de 50% do lixo destinado ao aterro;
- redução dos impactos ambientais associados a degradação dos resíduos orgânicos em locais inadequados;
- economia de aterro;
- aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- melhoria das propriedades físicas do solo;
- reciclagem de nutrientes para o solo;
- economia na aquisição de fertilizantes minerais;
- processo ambientalmente seguro;
- eliminação de patógenos;
- economia de tratamento de efluentes;
- economia na coleta e transporte dos resíduos sólidos.



### 3.4.1 Fatores que influenciam

Para que haja a transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas estabilizadas, diversos fatores são indispensáveis e atuam como variáveis de processo:

Aeração - determinante para que a atividade biológica ocorra, permitindo-se a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida (processo aeróbio). Um ambiente aeróbio proporciona uma decomposição mais rápida da matéria orgânica, sem cheiro e sem proliferação de insetos. O consumo de oxigênio durante a compostagem é diretamente proporcional à atividade microbiológica, portanto há uma direta relação entre o consumo de oxigênio e a temperatura (BARREIRA; PHILIPPI JR; RODRIGUES, 2006).

Temperatura - Quanto à temperatura, a compostagem caracteriza-se por ser um processo exotérmico de degradação de resíduos orgânicos, porque gera calor e aumenta a temperatura da leira, devido principalmente a multiplicação bacteriana. Os organismos que decompõem a matéria-prima têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento, a qual é estimulada pela atividade metabólica e consequente aumento da população (LIMA, 1981). As faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em: criófilas (temperatura ambiente), mesófilas (até 55°C) e termófilas (acima de 55°C). Acima de 70°C a atividade dos microrganismos torna-se reduzida, resultando na paralisação do processo e, consequentemente, no declínio da temperatura (KIEHL, 1998).

A temperatura é também um fator muito importante quando se tem o intuito de eliminar patógenos. Todavia, níveis de temperaturas em torno de 80°C, no início do processo de decomposição, contribuem para a ilusão do “quanto mais quente melhor”. O que ocorre é que altas temperaturas iniciais causam a debilitação da microfauna que tem como consequência uma decomposição mais demorada, resultando numa estabilização incompleta do material (LOPEZ-REAL, 1990).

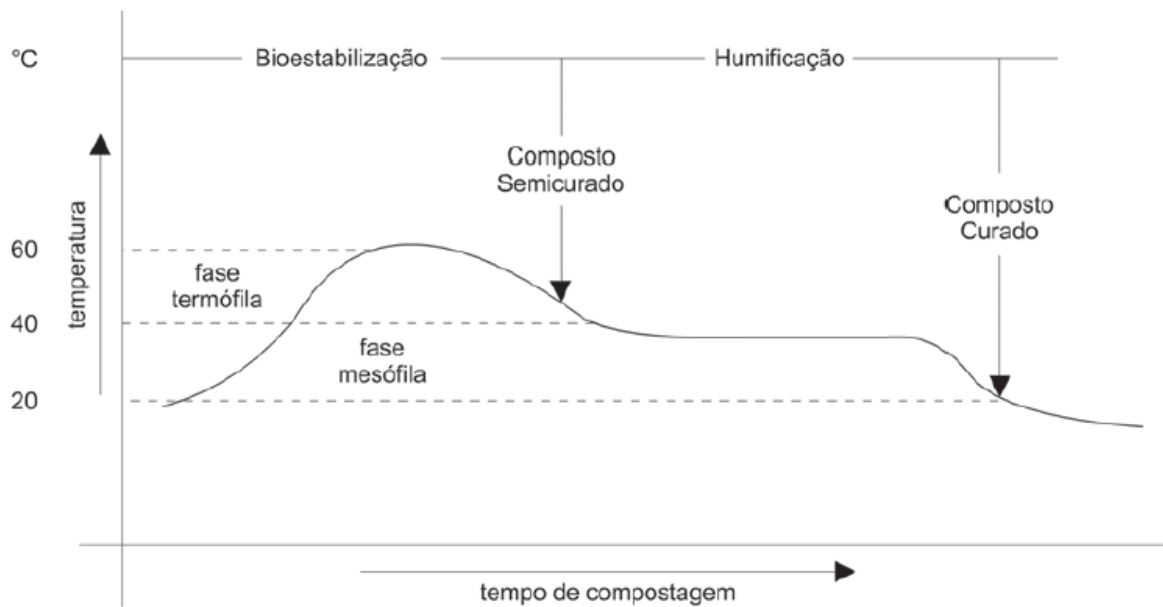
O tempo para atingir essas fases e sua duração varia de acordo com fatores como composição química da matéria-prima a ser tratada, granulometria, dimensões da leira, teor de umidade reinante e outros (KIEHL, 1998). A mudança de temperatura nas diversas fases de maturação do composto é apresentada na Figura 3.1.

Umidade (teor de umidade) – Durante o processo de compostagem, é recomendado que o teor de umidade não ultrapasse o valor de 65%, em peso (KIEHL, 2004). O excesso pode trazer danos à geração biológica, com probabilidade de ocorrência de anaerobiose - atividade respiratória em que há ausência de oxigênio. Nessas condições, haveria produção de chorume. Portanto, é altamente recomendável que o espaço da composteira seja coberto. Contudo, cabe ressaltar que a umidade deve ser mantida a fim de não haver redução da atividade biológica.

Tamanho dos resíduos (granulometria) – A granulometria é considerada um importante fator para o processo de compostagem. De acordo com KIEHL (1985), quanto menor o tamanho das partículas, maior é a superfície que pode ser atacada e digerida pelos microrganismos sendo os materiais mais facilmente degradados. Entretanto, a granulometria muito fina pode trazer alguns problemas para o processo como a compactação das leiras causando anaerobiose.

Relação C/N (Carbono/Nitrogênio) – Os microrganismos que decompõem a matéria orgânica requerem uma fonte de carbono, nitrogênio, macronutrientes e microelementos para seu crescimento. A composição do material destinado à compostagem irá, portanto, determinar a velocidade do processo de decomposição, sendo que a relação entre carbono e nitrogênio disponíveis é a variável mais importante (LOPEZ-REAL 1990; NAKASAKI *et al.* 1992). O intervalo de valores para C/N entre 25:1 e 50:1 é definido como ótimo para início do processo de compostagem. Valores mais elevados reduzirão a velocidade de decomposição; por outro lado, baixo C/N induz perdas de nitrogênio na forma de amônia, em particular a altas temperaturas e condições de aeração forçada (LOPEZ-REAL 1990). Uma relação recomendada para o início da compostagem é a proporção C/N 30/1. Ao final da compostagem o composto maturado terá uma proporção C/N da ordem de 10/1.

Potencial Hidrogeniônico – pH - No processo de compostagem pode ser observado uma grande variação do pH inicial dos resíduos orgânicos, podendo variar de 3 a 11 (DIAZ E SAVAGE, 2007). Entretanto, segundo Diaz e Savage (2007) a faixa ótima do pH é entre 5.5 e 8.0. O processo de compostagem pode se tornar problemático se o pH da mistura estiver com valores muito baixos ou elevados demais.



**Figura 3.1** - Gráfico das alterações na temperatura ao longo do processo de compostagem até a cura total do composto. D'ALMEIDA E VILHENA (2000).

Níveis iniciais de pH abaixo de 5,0 provocam uma redução significativa na atividade microbológica e a leira pode não alcançar a fase termófila (ANDREOLI et al., 2001; SUNDBERG et al., 2004). Valores alto de pH no início do processo provocam deficiência de fósforo, de micronutrientes (exceto Mo e Cl) e perdas de N por volatilização, devido à transformação do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NH}_3$  (REZENDE, 2005; DIAZ E SAVAGE, 2007). TOME JR (1997) afirma que o pH ideal para um solo produtivo se situa entre 6,0 e 7,0, quando os macro e micronutrientes encontram-se mais disponíveis.

### 3.4.2 Importância do composto para o solo e plantas

O composto desempenha o papel de fornecedor de nutrientes para as plantas, pois possui macronutrientes (absorvidos em maiores quantidades), tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, e micronutrientes (absorvidos em menores quantidades) como ferro, zinco, cobre, manganês, boro. Esses nutrientes, ao contrário do que ocorre com os adubos minerais, são liberados lentamente pelo composto exercendo a adubação de disponibilidade controlada, liberando os nutrientes de acordo com as necessidades das plantas. Além de neutralizar várias toxinas e imobilizar metais pesados, tais como cádmio e

chumbo, diminuindo a absorção desses metais prejudiciais às plantas, o composto funciona também como uma solução tampão impedindo que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade (CEMPRE 1997).

### **3.4.3 Potencial de contaminação do composto**

Diversas pesquisas demonstraram que a disponibilidade dos metais pesados, presentes em composto “contaminado”, diminui drasticamente com o decorrer da compostagem e atinge valores mínimos após a fase de maturação. Os fatores mais importantes desta imobilização dos metais no composto são: o pH situado na faixa alcalina, variando de 8,5 a 9,0; a alta capacidade de troca catiônica e a formação de quelatos insolúveis com os ácidos húmicos, produzidos, principalmente, na fase de maturação (LELIS, 2007, apud SCHLICHTING e TISSOT, 2008).

Sobre o assunto, Barreira (2005) explica que:

A preocupação com o emprego, na agricultura, de certos compostos 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 alimentam, ou seja, fazendo parte da cadeia alimentar.

Nos RSD as principais fontes de metais pesados são baterias (Hg, Cd, Zn), tintas (Cr, Pb, Cd), papel (Pb) e cosméticos (Cd e Zn) (MASSUKADO, 2008). Segundo Melo et al. (2000) o teor de metais pesados disponíveis para as plantas depende da concentração e da forma química do elemento, da dose aplicada, características do solo e fatores climáticos. Cabe ressaltar que o perigo de um processo de compostagem ser feito com alguma fonte de contaminação não se restringe apenas ao uso do composto na agricultura, mas também através da contaminação de solos, lençóis freáticos e corpos d'água que recebam o chorume contaminado produzido. No entanto, deve-se atentar para o fato de que não é o chorume o problema, visto que o mesmo pode ser um excelente biofertilizante.

Devido à característica do chorume de ser um líquido que pode incorporar altas concentrações de macro e micronutrientes e até mesmo toxinas orgânicas, o mesmo pode ser

altamente benéfico ou maléfico. Visto que sempre haverá chorume na compostagem, pois o mesmo trata-se de um líquido, produto da decomposição (atividade enzimática) natural de resíduos orgânicos. Segundo PROSAB (1999), esse produto pode, inclusive, retornar à circulação da composteira. O chorume produzido e acumulado no lixão, no entanto, originou-se de uma massa de resíduos sem separação, podendo conter diversas quantidades de agentes tóxicos, como metais pesados, lixo hospitalar, entre outros.

A adoção de uma coleta seletiva eficiente tem colaboração decisiva na eliminação do risco de contaminação do composto por metais pesados. Um composto com leve contaminação de metal pesado, inadequado para adubação de plantas ou de seus produtos comestíveis, pode ser empregado na adubação de essências florestais, de plantas ornamentais a serem comercializadas ou na instalação de projetos paisagísticos (LELIS, 2007, apud SCHLICHTING e TISSOT, 2008). Nota-se, portanto, que o maior perigo da aplicação de composto contaminado ao solo não reside no teor de metais em si, mas sim no baixo grau de humificação do composto produzido, sendo que, em sua grande maioria, compostos bem maturados (humificados) não oferecem risco de contaminação imediata por metais pesados, para plantas, solo, ou águas subterrâneas (LELIS, 2007, apud SCHLICHTING e TISSOT, 2008)<sup>1</sup>.

#### 3.4.4 Técnicas

Segundo PROSAB (1999), os processos de compostagem podem ser divididos em três grandes grupos:

- Sistema de leiras revolvidas (windrow), onde a mistura de resíduos é disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa do composto. Uma variante deste sistema, além do revolvimento, utiliza a insuflação de ar sob pressão nas leiras;
- Sistema de leiras estáticas aeradas (static pile), onde a mistura a ser compostada é colocada sobre uma tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, não havendo revolvimento mecânico das leiras;

---

<sup>1</sup> SCHLICHTING, L. M., TISSOT, F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, Estudo de Caso: Município de Bituruna-PR.** Curitiba (PR), 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR.

- Sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel), onde os resíduos são colocados dentro de sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem;

Tabela 3.1 - Aspectos positivos e negativos do método de leiras revolvidas e leiras estáticas aeradas. Adaptado de REIS (2005).

<b>Método</b>	<b>Aspectos Positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
Leiras revolvidas ou sistema <i>windrow</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baixo investimento inicial;</li> <li>· Flexibilidade na quantidade de resíduos processada;</li> <li>· Simplicidade de operação;</li> <li>· Uso de equipamentos mais simples;</li> <li>· Emprego de mão de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Requer mais área;</li> <li>· Odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;</li> <li>· Depende do clima. Em períodos de chuva o revolvimento fica prejudicado.</li> </ul>
Leiras estáticas aeradas ou <i>static piles</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baixo investimento inicial;</li> <li>· Melhor controle de odores;</li> <li>· Etapa de estabilização mais rápida que o método de leiras revolvidas;</li> <li>· Melhor aproveitamento da área disponível;</li> <li>· Mais eficaz na eliminação de organismos patogênicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Necessita de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante compostagem;</li> <li>· Operação também influenciada pelo clima;</li> <li>· Requer que o material de entrada seja o mais homogêneo possível.</li> </ul>

A Figura 3.2 apresenta um gráfico comparando os três processos em função do uso de tecnologias, custos operacionais, área requerida e tempo de compostagem.

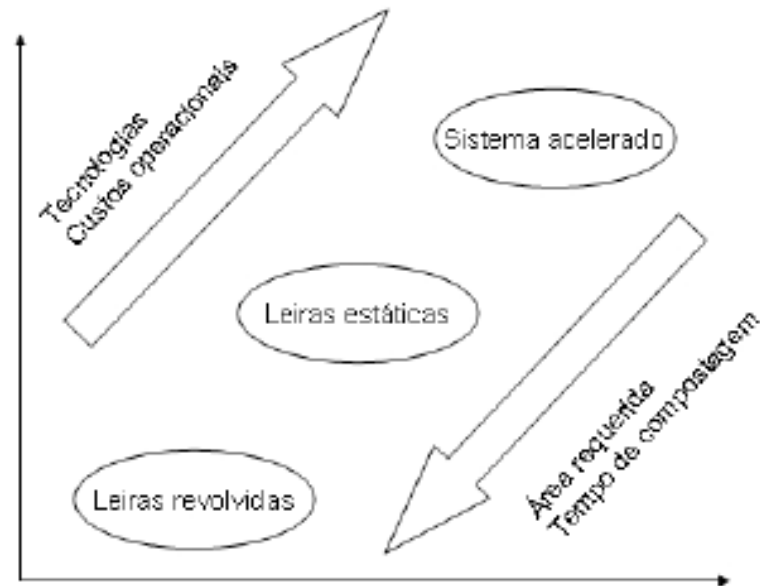


Figura 3.2 – Comparação entre os três métodos de compostagem: leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas e sistema acelerado. Adaptado de Reis (2005)

Neste trabalho construiu-se composteiras que seguem os conceitos da compostagem. A construção de cada modelo explora as relações entre custo, dificuldade de operação, frequência de operação e espaço disponível para a compostagem. Cada modelo se adequa melhor a uma determinada situação. As técnicas executadas foram: composteira de barril rotativo (Figura 3.3), composteira de alambrado (Figura 3.4), composteira de leira estática (Figura 3.5) e vermicompostagem em recipientes fechados (Figura 3.6). Percebe-se que as técnicas utilizadas distoam das técnicas convencionais, mas isso se deve ao fato das técnicas convencionais serem dimensionadas para grandes volumes e para a realidade europeia. Neste trabalho buscou-se investigar os modelos de composteira que já são usados em experiências de compostagem descentralizada no Brasil e que por isso, já estão adequados aos pequenos volumes e à realidade brasileira.

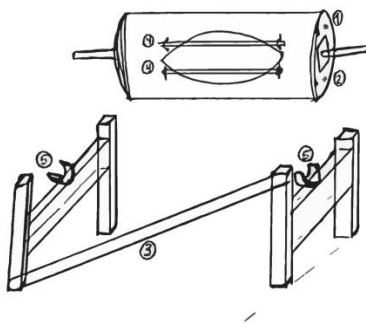


Figura 3.3. Esquema da composteira de barril rotativo.

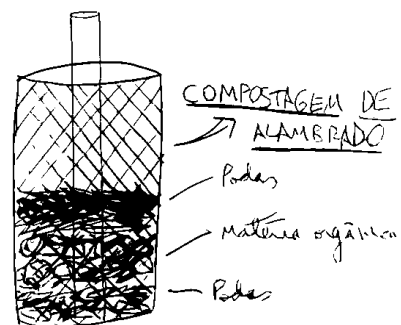


Figura 3.4. Composteira de alambrado.

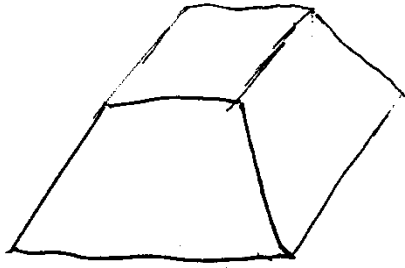


Figura 3.5. Esquema da leira estática.



Figura 3.6. Vermicompostagem em recipiente fechado

### 3.5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS COM COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA

#### 3.5.1 Projeto Revolução dos Baldinhos

Segundo ABREU (2013), o projeto Revolução dos Baldinhos surgiu em outubro de 2008 por uma epidemia de ratos na comunidade, mortes aconteceram e muitos casos de crianças aparecerem mordidas no posto de saúde. Além de fazer uma desratização, existia a necessidade de retirar a comida dos ratos, retirando o lixo das ruas, a ideia foi oferecer um baldinho para cada família e nesse baldinhos colocar os resíduos orgânicos e levar esses resíduos orgânicos para uma composteira comunitária.

O maior aprendizado do Projeto Revolução dos Baldinhos em Florianópolis foi a elaboração de uma metodologia, um modelo de gestão comunitária. Abreu (2013) discorre sobre os passos para a implantação do modelo e pode-se resumi-los nos seguintes:

1. Disponibilidade de local para instalar o pátio de compostagem;
2. Orientação técnica até a capacitação de um grupo comunitário coeso e comprometido;
3. Constituição de um grupo comunitário;
4. Orientação e capacitação do grupo comunitário para ser o gestor do projeto;



5. Sensibilização das famílias do bairro pelo grupo comunitário;
6. Implantação dos PEVs e periodicidade de coleta dos PEVs;
7. Ações educativas nas escolas e espaços públicos do bairro;

Ao discorrer sobre o projeto, ABREU (2013) indica como importante a possibilidade de remunerar agentes comunitários para fazer o trabalho de sensibilização e coleta dos resíduos orgânicos. A fase de implantação do projeto é a mais difícil, pois deve-se quebrar com toda uma série de resistências e preconceitos, no entanto, a determinação e persistência dos gestores do projeto é essencial para mostrar a viabilidade na prática. A coleta de resíduos orgânicos inicialmente realizada através de carros plataforma empurrados pelos agentes comunitários de casa em casa, atualmente é feita em parceria com a COMCAP através de uma Kombi que passa recolhendo as bombonas dos PEV's acompanhados por um agente comunitário do grupo gestor.

Se podemos tirar um aprendizado das experiências relatadas por ABREU (2013) sobre o projeto Revolução dos Baldinhos, cujo autor foi o principal articulador do projeto, podemos dizer que é a constituição de um grupo comunitário que vá até as famílias fazer a sensibilização, explicar como separar, onde depositar, decidir junto com as famílias os locais dos PEVs.

A importância de o grupo gestor ser composto por pessoas da comunidade reside na seguinte pergunta: quem melhor para entender, mobilizar e atuar sobre problemas locais do que os próprios envolvidos, os moradores locais? O seguinte trecho de ABREU (2013) pode fornecer uma resposta:

Este mesmo grupo fará a coleta das bombonas dos PEVs periodicamente, fará a compostagem e será o motor do projeto. Este grupo comunitário precisar ter uma orientação técnica por um período e depois ele pode caminhar sozinho, mas este grupo precisa ser da comunidade, ter relação com as famílias, se sentir importante para a transformação da sua comunidade, ser valorizado pelo trabalho que realiza e gostar do que está fazendo.

Como resultado do projeto ABREU (2013) afirma que a organização comunitária foi fortalecida, a capacidade local de enfrentar adversidades aumentou e o numero de domicílios com hortas e plantas nos quintais também aumentou. Nos terrenos baldios iniciativas de agricultura urbana foram beneficiadas pelo composto produzido.

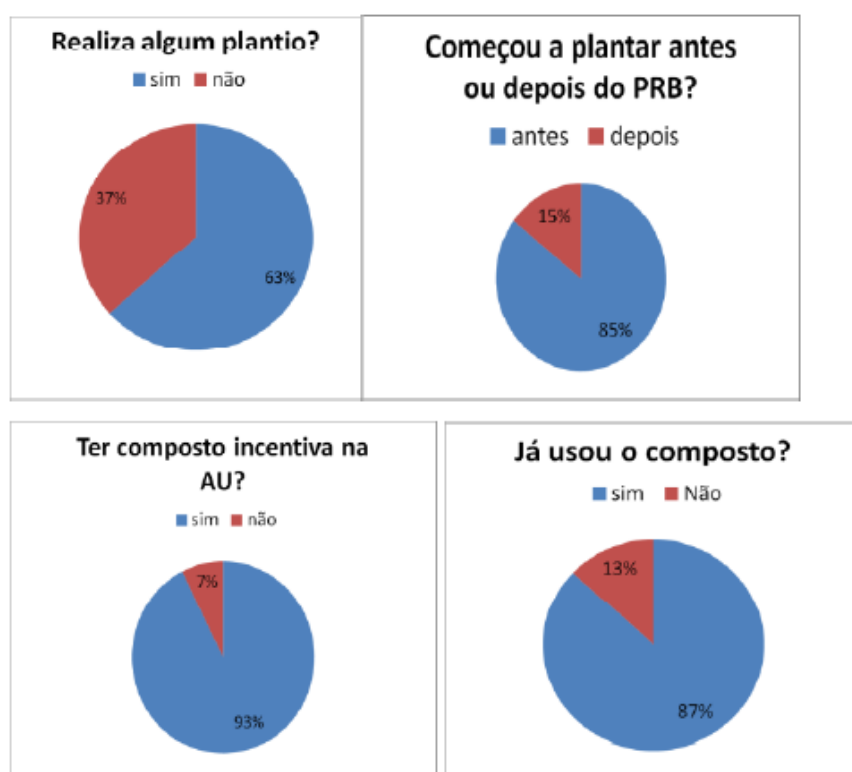


Figura 3.7 – Representação das praticas de agricultura urbana por parte das famílias entrevistadas. ABREU (2013).

### 3.5.2 Compostagem UFSC

MAESTRI (2010), afirma que A Universidade Federal de Santa Catarina através do Departamento de Engenharia Rural realiza a compostagem desde 1994, com desenvolvimento do sistema de leiras estáticas cúbicas. A compostagem é feita com os resíduos orgânicos provenientes de 3 Restaurantes, 1 Creche, 1 Moradia Estudantil, 8 cantinas, 1 Hospital, 1 supermercado, com utilização de serragem do Biotério da Universidade. O sistema consiste na disponibilização de bombonas de 50 litros, que são

coletadas diariamente e atividades de educação ambiental com os funcionários, para correta separação dos resíduos orgânicos.

São compostadas cerca de 1.050 Toneladas por ano. O adubo produzido é distribuído para entidades, instituições, escolas e utilizado pela universidade. Um dos pontos positivos do sistema é o envolvimento dos estudantes do curso de agronomia, que realizam as atividades de coleta e reciclagem, contribuindo com sua formação profissional e pelo exemplo social e ambiental da Instituição.

Segundo Marques (2010), apenas a compostagem das refeições do Restaurante Universitário da UFSC totalizam cerca de 1.200kg de resíduos orgânicos por dia ou 24.000kg por mês.

### **3.5.3 Projeto Família Casca**

O Projeto desenvolve a gestão local dos resíduos orgânicos com participação comunitária no bairro Córrego Grande em Florianópolis. Com início em 2004 por estudantes e professores do curso de agronomia da UFSC, hoje é gerido por grupo de moradores e a Fundação Municipal do Meio Ambiente - FLORAM. O projeto está situado em área do Parque Ecológico, com funcionários que realizam o manejo das leiras de compostagem e envolve várias entidades como, COMCAP (Companhia Melhoramentos da Capital), Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo - CEPAGRO, Rede Ecovida, UFSC e Associação Orgânica (ABREU, 2013).

Segundo ABREU (2013), A COMCAP disponibiliza bolsista para coordenar as ações do Projeto, o CEPAGRO recolhe o óleo de fritura e encaminha para a Rede Ecovida para ser utilizado como combustível, a UFSC dispõe de estrutura, professores e acadêmicos comprometidos com o Projeto e, por fim, a Associação Orgânica disponibiliza assistência técnica para o pátio de compostagem e representação jurídica.

O sistema consiste em disponibilizar um PEV com estrutura para receber resíduos orgânicos (bombonas de 50 litros) e óleo de fritura (bombona de 30 litros) dos moradores do bairro. O Departamento de Educação Ambiental da FLORAM, realiza atividades de sensibilização para escolas que visitam o Parque, além de promover oficinas para a

comunidade e grupos interessados, onde o pátio de compostagem é área viva de educação ambiental. Participam em torno de 200 famílias, de classe média - alta, área urbana. No início do Projeto foram distribuídos informativos, com conversa direta com os moradores presentes nas residências (ABREU, 2013).

O Projeto depende da aprovação em editais, apoio de Empresas ou Organizações. Seus benefícios estão no envolvimento comunitário, sendo assumido pelos próprios moradores e os resultados obtidos podem possibilitar a manutenção das atividades através de parcerias e novos investimentos, assim como recursos do próprio projeto (ABREU, 2013).

#### **3.5.4 Compostando no EcoPonto**

Desde o final de 2011, a SAJAPE, em parceria com a Subprefeitura de Santo Amaro em São Paulo, desenvolve um programa de compostagem do EcoPonto Vicente Rao (SAJAPE, 2012).

Nosso intuito é demonstrar como transformar resíduos orgânicos, como restos de poda e capina, em composto, ao mesmo tempo recuperando matéria-prima e diminuindo a quantidade de “lixo” destinada a um aterro sanitário (SAJAPE, 2012).

O projeto se destina aos moradores dos bairros vizinhos ao Ecoponto Vicente Rao, carrinheiros que transportam resíduos vegetais, ONGs que trabalham com crianças e adolescentes, entidades e associações de moradores, subprefeitura de Santo Amaro, alunos de escolas da região. A transmissão das técnicas de compostagem é feita por meio de visitas ao pátio, palestras e oficinas de educação ambiental (SAJAPE, 2012). O projeto Compostando no Ecoponto funcionou apenas de 2011 até 2012.

### **3.5.5 Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Compostáveis de São Carlos**

Criado em 2006, como projeto piloto, coleta e destina adequadamente os resíduos orgânicos de restaurantes cadastrados pela Prefeitura Municipal de São Carlos. Os restaurantes separam os resíduos que são coletados por caminhões da prefeitura e encaminhados à Horta Municipal, capacitando jovens aprendizes na produção de composto orgânico, utilizado na produção de hortaliças e legumes encaminhados ao Programa Horta Eco solidária e a programas de assistência social. O programa conta com a adesão de aproximadamente 50 estabelecimentos, dentre restaurantes, lanchonetes, supermercados, universidades, escolas estaduais e hospitais que, juntos, geram, diariamente, cerca de 1 tonelada de resíduos orgânicos que são coletados de segunda a sábado e encaminhados para a Horta Municipal, os resíduos são depositados em leiras a céu aberto, cobertas apenas com palha. O composto produzido é consumido pelas plantações da própria horta, reduzindo os custos com fertilizantes e suplementos (FIPAI, 2009).

Em sete meses de operação (julho/2006 a fevereiro/2007), o programa desviou do aterro sanitário aproximadamente 127 toneladas de resíduos orgânicos, o que representa 0,4% do total gerado no município para o mesmo período, a um custo significativamente menor que a coleta e disposição convencionais: R\$ 84,00 contra R\$ 104,33/t (FIPAI, 2009).

### **3.5.6 Projeto ABC da Compostagem**

Segundo RUFFINO et al (2005), o Projeto ABC da Compostagem se propõe a realizar atividades de coleta e tratamento da fração compostável dos RSD e atividades de Educação Formal e Não-Formal junto às unidades escolares e a comunidade de três bairros do Município de São Carlos. Os bairros selecionados foram: Santa Angelina, Santa Felícia e Planalto Paraíso. Os distintos perfis observados nos três bairros justificam um tratamento diferenciado para cada população em particular, respeitando e utilizando suas peculiaridades. A educação é empregada como ferramenta de construção do exercício da cidadania (responsabilidade e ação afirmativa) e do conhecimento científico (gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares).

As atividades de educação ambiental nos âmbitos formal e não formal da educação se dão na instituição escolar por meio de docentes e na comunidade por meio de agentes colaboradores. As atividades de Educação Ambiental deste projeto contemplam o oferecimento de cursos de educação continuada para professores e cursos para a comunidade, além do oferecimento de oficinas e promoção de eventos. Concomitantemente, são desenvolvidos no decorrer do projeto materiais instrucionais dedicados ao tema e ao público alvo do presente projeto.

Para o projeto foi construído um pátio de compostagem na Escola Estadual Prof. Bento da Silva César, localizado no bairro São Carlos III. Para efeitos educacionais foram montadas duas hortas, uma recebendo composto e outra apenas com a terra da escola para mostrar ao longo do tempo os benefícios do uso do composto (MASSUKADO, 2008).

Após divulgação e seleção de 20 residências em cada um dos três bairros atendidos pelo projeto, distribui-se às mesmas, semanalmente, sacolas plásticas utilizando a cor e simbologia proposta para o material compostável para que os moradores colocassem os RSD produzidos e separados na própria residência (MASSUKADO, 2008).

Por meio de serviço de terceiros, realiza-se a coleta dos RSD em três dias da semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira) em horário anterior à coleta municipal. O material coletado é encaminhado ao Pátio de Compostagem onde é feita a triagem, separação e pesagem dos Materiais Compostáveis. Os RSD são separados e classificados em Material Compostável, Recicláveis e Rejeitos (MASSUKADO, 2008).

Às sextas-feiras, o material recolhido durante a semana, nos três bairros, é reunido e utilizado para o “fechamento” de uma leira. Assim, a cada semana uma nova leira é iniciada. Para evitar perda de umidade e presença de animais, cada leira é coberta com palha seca (MASSUKADO, 2008).

Desde o início do funcionamento, em 2005, até 2007, o Pátio de Compostagem desviou do aterro cerca de 20 t de material compostável e produziu 5 t de composto (FIPAI, 2009).

### 3.5.7 Projeto GIRO

O projeto GIRO é uma sigla de Gestão Integrada de Resíduos Orgânicos e busca promover a compostagem urbana. Surgiu da articulação entre pessoas ligadas ao Festival CONTATO, que acontece anualmente na cidade de São Carlos - SP, durante sua 6ª Edição em 2012, e membros e parceiros da Associação Veracidade. A partir da iniciativa de alguns dos participantes do projeto, de compostar resíduos orgânicos localmente em seus respectivos domicílios e de fazer pesquisas para entender o caminho percorrido e a destinação dada aos resíduos orgânicos da cidade, surgiu a ideia de iniciar um sistema de coleta domiciliar autônomo e autopoiético do resíduo orgânico das residências dos cidadãos de São Carlos.

Como atuação prática o projeto visa distribuir baldes para os interessados deixarem em suas casas a fim de colocarem os resíduos orgânicos compostáveis e, quando cheio, encaminharem aos pontos de coleta (ou Pontos de Entrega Voluntária - PEV), onde será feita a compostagem do material. Também visa abrir diálogo com pontos de grande geração de resíduos como restaurantes de modo a sugerir que eles descartem corretamente os seus resíduos orgânicos, economizando e ganhando apelo comercial no sentido da sustentabilidade.

O objetivo principal deste trabalho é promover a prática de compostagem em pequena escala, visando mitigar os impactos ambientais inerentes à concentração de resíduos orgânicos em aterros sanitários.

Como objetivos específicos, tem-se em vista:

- a) Sensibilizar a população no tocante à minimização dos desperdícios econômico-sociais provenientes da não ciclagem dos elementos presentes nos resíduos;
- b) Gerar um abastecimento contínuo de adubo orgânico, visando ampliar e dar suporte ao modo de produção sustentável de alimentos;
- c) Inserir esta ferramenta numa proposta de educação ambiental ampla e sistêmica;
- d) Fomentar a Agricultura Urbana (AU) e Periurbana (AUP).

O projeto se baseia no modelo de Unidades Descentralizadas de Compostagem (UDC). O manejo dos resíduos orgânicos é realizado pelos voluntários do projeto a cada dois dias. O projeto utiliza serragem de serrarias próximas aos PEV's e podas e capina do próprio terreno em que a compostagem é feita para equilibrar a proporção de C/N. Foram utilizadas três técnicas para a compostagem: Leira estática com galhada na base, composteira de alambrado e composteira de pallet. A iniciativa conta hoje com dois pontos de coleta, sendo o primeiro na própria sede da Associação, na rua Dona Ana Prado, 501 e o segundo, na Rua José Benetti, 270, ambos na vila Prado em São Carlos.

Os integrantes do projeto GIRO, do qual o autor deste trabalho também faz parte, relataram através de entrevista pessoal os seguintes resultados observados de 2012 à 2013:

- Relação mais harmônica de confiança e respeito com alguns moradores participantes do projeto no bairro, apesar de haver uma dificuldade de aproximação inicial na passagem pelas casas e apesar da participação ainda ser pequena;
- Parceria com o restaurante Mamãe Natureza para compostagem dos resíduos orgânicos gerados diariamente que resultou em importante aprendizado para os participantes no que se refere ao manejo de uma grande massa de entrada diária;
- Observou-se que o método mais eficiente e menos oneroso foi o de compostagem em alambrado;
- Contato e aproximação com o poder público municipal através de reuniões que culminaram com a realização de uma audiência pública sobre a importância do tema. Segundo SÃO CARLOS AGORA (2013), a consulta pública teve 327 contribuições, das quais 97,55% foram a favor da implantação da compostagem como política pública no município de São Carlos.



### 3.6 PANORAMA FUTURO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: RESULTADOS DA IV CONFERENCIA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

A IV Conferência Nacional do Meio Ambiente, realizada entre os dias 24 a 27 de outubro de 2013, para discutir a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos dentro da perspectiva do Desenvolvimento Sustentável com Inclusão Social, reuniu 1.352 delegados Estaduais. Nesta Conferência Nacional, as propostas das Conferencias Estaduais foram discutidas por todos os delegados e após votação, as quinze propostas com maior numero de votos em cada eixo temático (quatro no total) foram escolhidas para compor o documento final. Essas propostas serão analisadas pelo poder publico como subsídio à implementação da PNRS e podem orientar futuras ações dos Poderes Executivo e Legislativo. Como propostas finais da IV CNMA pode-se destacar para o objetivo deste trabalho, segundo MMA (2013), as seguintes:

#### EIXO 1 – Produção e consumo sustentáveis

##### Proposta 3 – 246 votos

Fortalecer a participação dos governos municipais, estaduais e federal, da sociedade civil e da iniciativa privada em ações, projetos e campanhas relativas à produção e consumo sustentáveis por meio de:

- a) destinação de recursos financeiros a projetos de coleta seletiva, campanhas de conscientização da população e empresários, educação ambiental formal e informal;
- b) incentivo e monitoramento da redução do consumo de energia, de água e de geração de lixo;
- c) incentivo à mudança de hábitos da população, para que haja adesão da sociedade as práticas de consumo sustentável;
- d) aquisição de produtos ecologicamente corretos e sempre que possível homologados e certificados com um selo de certificação do produto/ serviço verde bem como do selo de produção sustentável.

##### Proposta 5 – 213 votos

Implantar usinas de compostagem, usinas de reciclagem e/ou biodigestores que atendam a zona urbana, unidades rurais de produção familiar e comunidades

indígenas por meio da implementação do Programa Nacional de Apoio às Boas Práticas Agropecuárias voltadas para a sustentabilidade.

Proposta 10 – 171 votos

Efetivar a legislação de incentivos tributários e condicionar a liberação do habite-se ao projeto de edificações aprovado, com licenciamento ambiental, contemplando tecnologias sustentáveis para tratamento e destinação correta dos resíduos.

Na proposta 10 podemos visualizar um incentivo para que empreendimentos em geral incluam no próprio projeto uma área reservada para separação e armazenamento de recicláveis e compostagem dos resíduos orgânicos. Continuando a análise do documento, temos:

Proposta 14 – 146 votos

Propor, criar e estimular:

- a) selos verdes, feiras solidárias, eventos em geral e espaços nos supermercados para comercialização dos produtos reciclados, por meio da criação de leis e incentivos fiscais nas três esferas de governo;
- b) feiras de trocas, de produtos orgânicos, hortas comunitárias e artesanatos, por meio de políticas públicas específicas;
- c) estruturação das feiras livres pelo poder público municipal, fortalecendo a produção local, garantindo coleta seletiva e compostagem;
- d) a produção sustentável local, bem como sua promoção no mercado criando assim uma feira agroecológica;
- e) a venda de produtos rurais direto do produtor, através da feira do produtor e programas de alimentação escolar (PNAE e PAA);
- f) banco de sementes crioulas e tradicionais para cada município.

EIXO 2 – Redução dos impactos ambientais

Proposta 1 – 491 votos

Criar lei federal e/ou mudança na redação da Lei 12.305/2010, que proíba toda e qualquer incineração de resíduos sólidos, desde a incineração de resíduos

domésticos até a incineração para geração de energia (termoelétrica), e todo e qualquer tipo de tratamento térmico, incentivando a implementação de tecnologias limpas para tratamento dos resíduos sólidos e geração de novos produtos, como a biodigestão (energia limpa) e compostagem para resíduos orgânicos.

#### Proposta 3 – 411 votos

Criação, instalação, ampliação, fomento e fiscalização de pontos (públicos) de coleta seletiva, ecopontos ligados em redes e com compostagem, lixeiras ecológicas, centros de triagem em nível local, postos de entrega voluntária - PEV, e destinação de resíduos, bem como calendário de coleta regular, acompanhado de um programa de conscientização junto à população, nos bairros, municípios, nas escolas e universidades, em pontos estratégicos, em povoados, na zona urbana e rural, de forma a abranger a coleta de resíduos como: resíduos recicláveis, resíduos domiciliares recicláveis, óleo residual doméstico, compactação de veículos inservíveis, pneus, entulhos de obras e bens inservíveis, resíduos especiais, eletroeletrônicos, prevendo receitas oriundas do sistema de logística reversa, sob responsabilidade de prefeituras, instituições e empreendedores e com foco social.

#### Proposta 11 – 175 votos

Criar incentivos, aumentar o repasse, incentivos fiscais, bônus fiscais, desconto nos impostos municipais, redução nas taxas de lixo e IPTU:

- a) para as residências que promoverem a coleta seletiva domiciliar e entrega de materiais recicláveis aos Pontos de Entrega Voluntária - PEV;
- b) para os moradores dos bairros que participarem efetivamente dos programas de coleta;
- c) para as residências que separarem corretamente seus resíduos e participarem de campanhas de coleta seletiva e multar as que não separarem de maneira adequada;
- d) para municípios que implementem políticas ambientais garantindo ampliação e implementação da coleta seletiva, atendendo as comunidades ribeirinhas, rurais e indígenas;
- e) para programas de coleta seletiva nos órgãos governamentais, instituições de ensino e pesquisa, setor empresarial e demais segmentos da sociedade, envolvendo a constituição de cadeias produtivas de reciclagem e reutilização, acordos setoriais de logística reversa e utilização de embalagens biodegradável/reciclável.

#### EIXO 4 – Educação Ambiental

##### Proposta 1 – 262 votos

Criar e implantar políticas de educação ambiental, conscientização e sensibilização sobre reciclagem e resíduos sólidos, em âmbitos nacional, estadual e municipal, que:

- a) incentive domicílios e empresas na diminuição da geração de resíduos;
- b) divulgue a ideia da coleta seletiva através de práticas sustentáveis;
- b) crie condições para que os agentes de saúde e outros segmentos profissionais, comunidades tradicionais e povos indígenas que sejam protagonistas na ação prática de educação ambiental da PNRS;
- c) envolva as associações de moradores;
- d) garanta o desenvolvimento de programas de coleta seletiva solidária e sua expansão em todo o município;
- e) distribua coletores de lixo em logradouros públicos;
- f) dissemine a cultura da reciclagem e sua importância social;
- g) determinem que empresas de coletas e transporte utilizem.

Pelo exposto acima, pode-se perceber que a legítima vontade da sociedade brasileira, representada pelos Delegados Municipais, Delegados Estaduais e por fim Delegados Estaduais indicados por seus pares para representa-los na Conferencia Nacional, reivindica um envolvimento e uma participação mais ativa da população na gestão de resíduos sólidos. As diretrizes de como esta participação se dará estão contempladas no documento e preveem a reformulação de políticas e planos nas esferas Federal, Estadual e Municipal.

Ademais, percebe-se em todo documento a importância de que as iniciativas de gestão de resíduos sólidos sejam estabelecidas de baixo para cima, com o foco na gestão local, no estabelecimento de redes de agentes locais. Para atingir tal objetivo a educação ambiental desempenha papel central, como determina a proposta um do eixo temático quatro.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho está localizada no Campus II da USP São Carlos, situado na Av. João Dagnone, 1100, no Bairro Jardim Santa Angelina, no município de São Carlos (SP). A localização da área concedida para realizar o projeto de compostagem em estudo foi determinada pelo escritório regional da Superintendência de Espaço Físico mediante requisição da Comissão de Implantação do Campus II. A área concedida totaliza 300 m<sup>2</sup> e dista aproximadamente 60 metros do Restaurante Universitário, visto que por motivos operacionais a proximidade ao restaurante facilita o transporte dos resíduos orgânicos até o Pátio de Compostagem.



Figura 4.1 – Delimitação da área de compostagem no campus II da USP São Carlos. GoogleEarth (2013).

Visto que as atividades desenvolvidas pelo projeto de compostagem não se limitam ao espaço da universidade, sendo um dos objetivos do projeto aqui analisado, o fortalecimento da extensão universitária através de uma maior troca entre universidade e comunidade, cabe aqui uma breve caracterização dos bairros contíguos ao Campus II e nos quais já são realizados projetos de extensão universitária pelo Grupo de Estudos e Intervenções Sócio Ambientais (GEISA).

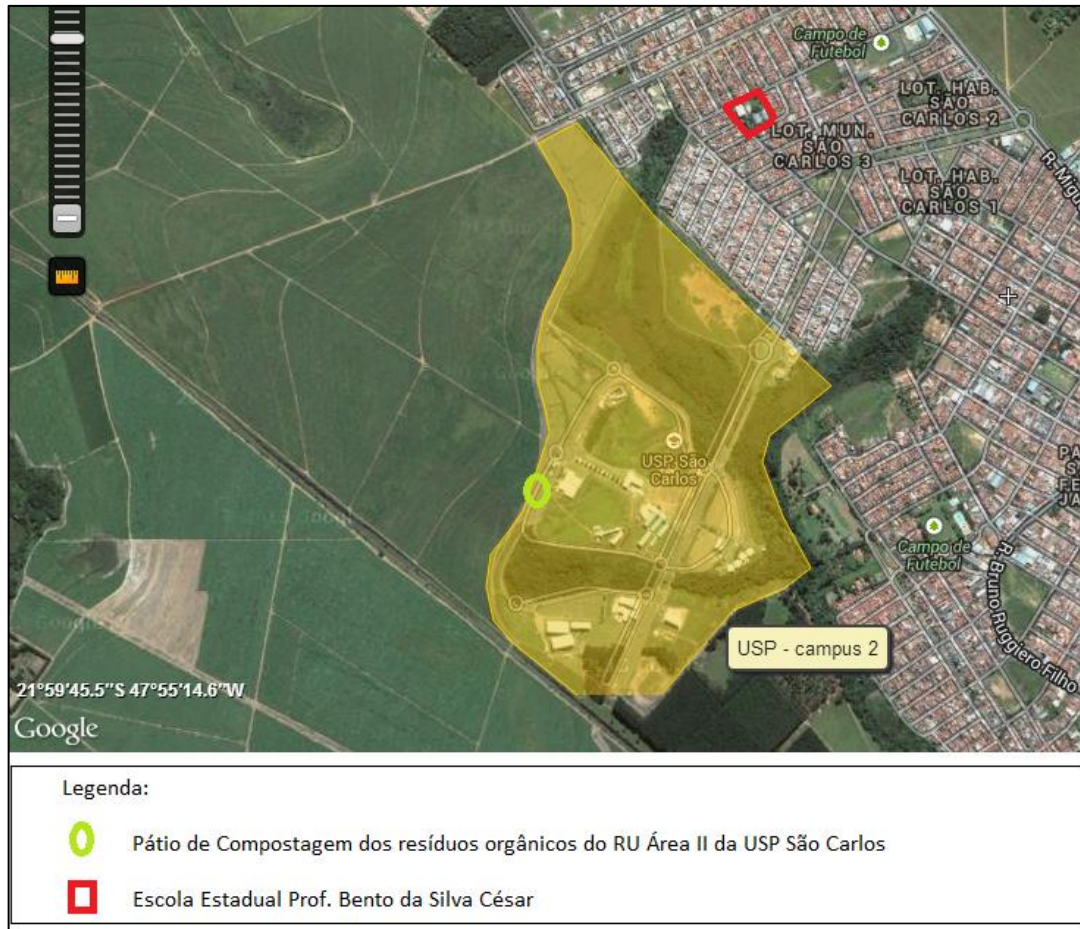


Figura 4.2 – Mapa de abrangência do Projeto de Compostagem em estudo. Wikimapia (2013).

Os bairros no entorno da Universidade podem ser caracterizados como de baixa renda, com ocupação essencialmente residencial e em região de vetor de crescimento urbano. Segundo FRESCA (2007), a caracterização mássica dos resíduos sólidos do setor de coleta convencional no qual a área de estudo está inserida indica uma porcentagem média de 57,21% de matéria orgânica nos resíduos sólidos domiciliares.

Esta região está localizada na sub-bacia do Córrego do Mineirinho, cuja principal nascente encontra-se no bairro Santa Angelina. Na mesma sub-bacia há três nascentes cujos cursos ainda possuem mata ciliar, trechos com floresta paludosa e áreas alagadas com vegetação de pequeno porte (gramíneas). Pode-se destacar a presença de um centro comunitário e dois ecopontos.



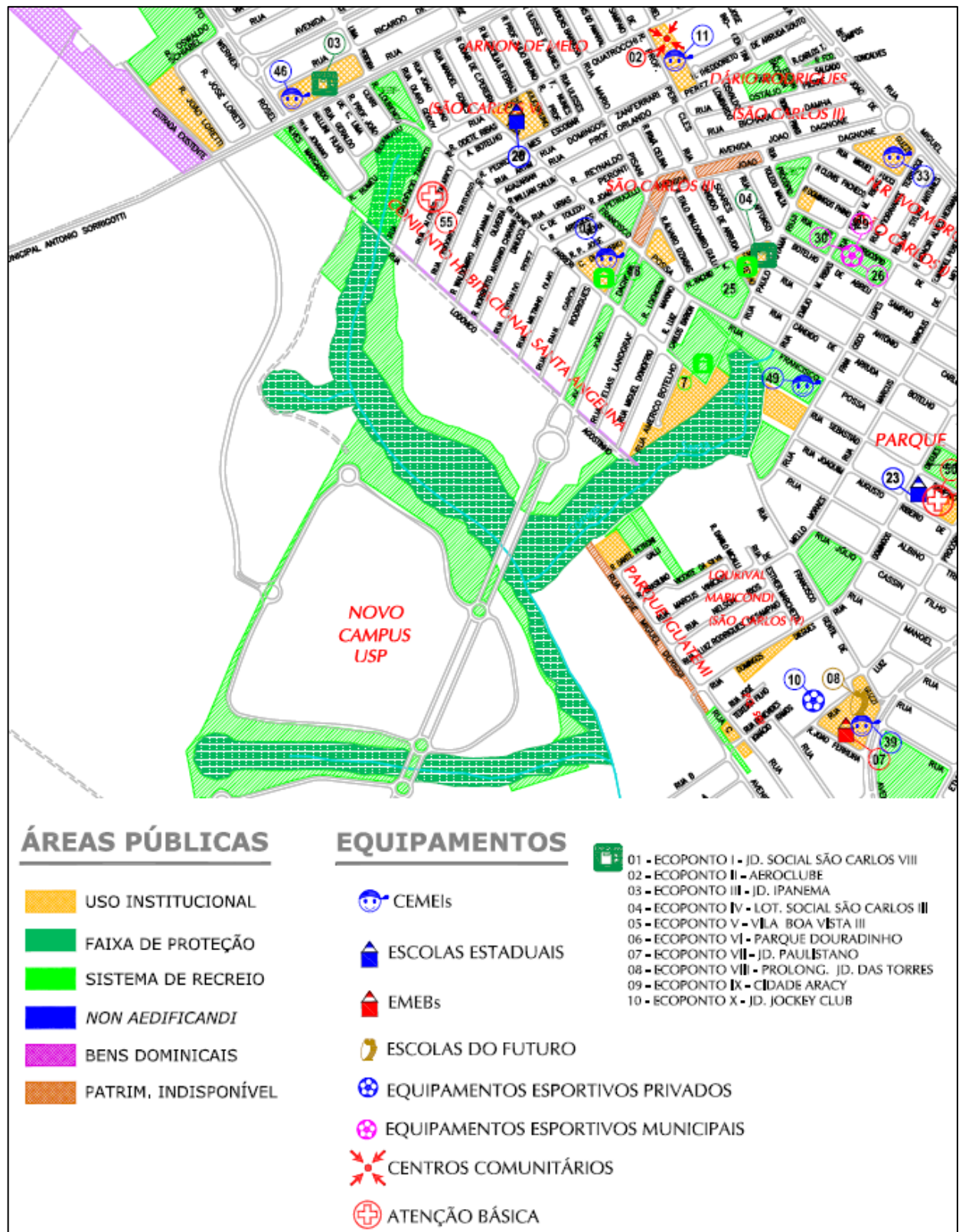


Figura 4.3. Mapa das áreas públicas e dos equipamentos urbanos inseridos na área do projeto de compostagem em estudo. PMSC (2005).

#### 4.2 OBTENÇÃO DE DADOS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO CAMPUS II

Para o correto dimensionamento e planejamento da gestão do projeto de compostagem obtiveram-se dados referentes ao número de refeições servidas por dia em cada um dos Restaurantes Universitários (RU do Campus I e RU do Campus II) e logística de operação da cozinha e armazenamento dos resíduos orgânicos produzidos através de conversa pessoal e informal com a Nutricionista Chefe dos dois Restaurantes. Além disso, requisitou-se permissão para a pesagem dos resíduos orgânicos. Por fim, obtiveram-se dados do desperdício médio de alimentos (resto-ingesta) por pessoa através de consulta às publicações anuais do Projeto de Minimização de Resíduos Sólidos para os Restaurantes Universitários da USP São Carlos promovido pelo programa USP Recicla.

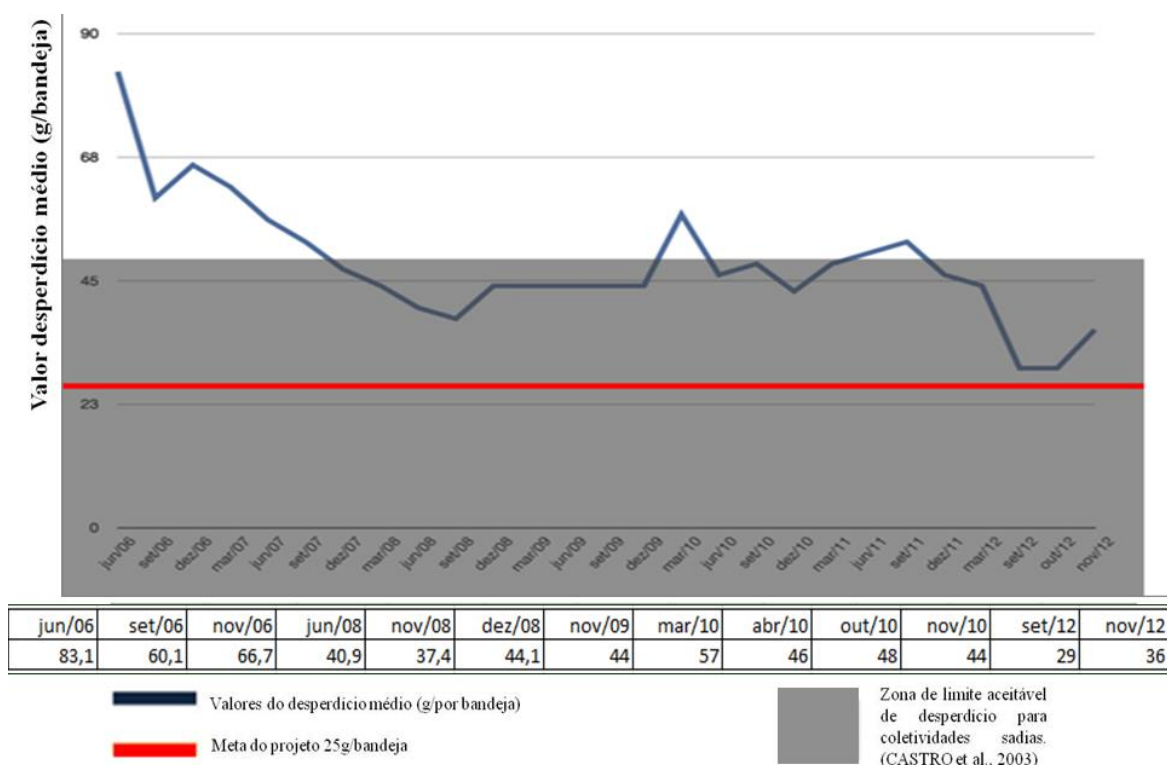


Figura 4.4 - Gráfico de desperdício médio de 2006 à 2012 no Restaurante Universitário da USP São Carlos. SANTOS et al (2013).

O número de refeições servidas no RU Campus I foi estimado em 5.000 refeições diárias, enquanto no RU Campus II foram estimadas 500 refeições servidas diariamente. No



entanto, atualmente a cozinha do RU do Campus II também é responsável pelas refeições do RU Campus I, cabendo a este apenas o preparo do feijão, arroz e sobremesa a serem servidos no mesmo. Desta forma, a maior parte dos resíduos de pré-preparo dos dois restaurantes é produzida no Campus II.

#### 4.3 QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

A quantificação dos resíduos orgânicos produzidos no RU da Campus II foi feita através de pesagem dos sacos de cor preta, contendo apenas resíduos orgânicos do pré-preparo e do resto-ingesta. Utilizou-se balança disponível no Restaurante Universitário de marca TOLEDO com capacidade de até 500 kg e erro de 0,1 kg (Figura 4.5). A pesagem foi feita nos dias 14, 16 e 17 de Maio de 2013. Faz parte da rotina de operação do restaurante a separação na origem dos resíduos sólidos pelos próprios funcionários, sendo sacos azuis para plásticos, embalagens e rejeitos e sacos pretos para o resíduo orgânico. A escolha dos dias de pesagem deve-se a logística do próprio restaurante que armazena numa câmara fria os sacos de resíduos sólidos referentes a dois dias de funcionamento e no terceiro dia leva-se os sacos para a caçamba de resíduos do restaurante para que a coleta convencional da Prefeitura faça o recolhimento e destino ao aterro sanitário.



Figura 4.5 – Pesagem dos resíduos orgânicos do restaurante universitário do campus II. Foto: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 14/05/2013.



Figura 4.6 – Retirada dos sacos pretos contendo resíduos orgânicos da câmara fria. Foto: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 14/05/2013.

#### 4.4 BUSCA POR FONTES DE MATÉRIA RICA EM CARBONO

Devido à grande geração e disponibilidade de resíduos de poda e capina da Campus II do Campus USP São Carlos, acordou-se com os funcionários do serviço de jardinagem o envio destes resíduos para o pátio de compostagem, os quais seriam descarregados e armazenados numa área delimitada.



Figura 4.7 – Resíduos de poda e capina descarregados ao lado do pátio de compostagem. Foto: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 20/11/2013.

#### 4.5 ESCOLHA DA TÉCNICA PARA REALIZAR A COMPOSTAGEM

Para a escolha da técnica de compostagem os seguintes aspectos foram levados em consideração: custo do material, facilidade de montagem, quantidade de trabalho necessário à operação, área requerida, tempo de compostagem. Visto que, a técnica a ser escolhida deve ser adequada à realidade do projeto e dado que se tinha baixa disponibilidade de mão de obra, muita área disponível e poucos recursos financeiros, escolheu-se um sistema de leiras estáticas aeradas. Devido à experiência já acumulada e bem sucedida pelo projeto GIRO com composteiras de alambrado em São Carlos e por ser de fácil montagem, baixa demanda de trabalho braçal e apresentar boa aeração, escolheu-se esta técnica para o projeto de compostagem.

A figura 4.8 mostra um desenho esquemático da composteira de alambrado com um tubo de ventilação no centro da leira. Utilizou-se tela metálica com trama retangular para formar um cilindro de 1,5 m de altura e 1,0 m de raio. A operação pode ser feita dispondo os resíduos orgânicos em camadas como mostra a figura 4.8, mas a melhor forma é misturar os resíduos orgânicos no chão e introduzir a mistura na composteira previamente forrada de matéria seca em seu perímetro, cobrindo por fim com uma camada de matéria seca. A tela promove a entrada abundante de ar e o fluxo de calor gerado internamente pode ser canalizado através de um tubo (PVC ou bambu) furado em sua parte enterrada. Desta forma, aumenta-se a aeração sem utilizar para tal qualquer gasto energético.

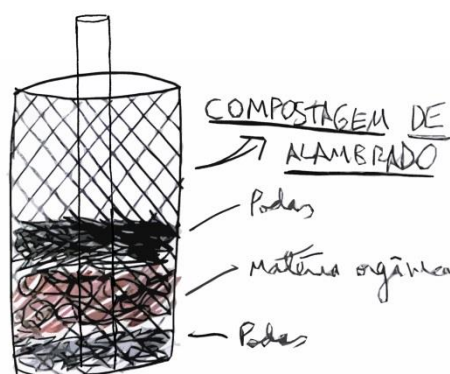


Figura 4.8 – Desenho esquemático da composteira de alambrado.



Figura 4.9 - Modelo real de composteira de alambrado com o tubo de ventilação implantada na Associação Veracidade. Foto: Arquivo pessoal de Pedro Zanette, 14/11/2013.

#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM

Para o dimensionamento da área necessária para o pátio de compostagem, seguiu-se a seguinte metodologia:

1. Calculou-se o volume de resíduos de poda e capina necessários para atingir a proporção de C/N de 30/1 para o volume diário de resíduos orgânicos do restaurante. Para tal cálculo, consultou-se OLIVEIRA e AQUINO e NETO (2005) e NRAES (1992) e assumiu-se:
  - a. Poda e capina (folhas secas) C/N = 60, densidade material igual a 380 kg/m<sup>3</sup>;
  - b. Resíduos orgânicos do restaurante C/N = 15, densidade material igual a 600 kg/m<sup>3</sup>;
2. Somaram-se os dois volumes (resíduos orgânicos do restaurante e resíduos de poda e capina da Campus II) e multiplicou-se o mesmo por noventa para obter o volume total a ser compostado assumindo-se que o tempo de maturação do composto demore noventa dias;

3. Calculou-se o volume de uma composteira de alambrado com as dimensões de 1,5 m de altura e 1,0 m de raio;
4. Dividiu-se o volume total de resíduos pelo volume de uma composteira de alambrado e obteve-se, desta forma, o número de composteiras de alambrado necessário;
5. Calculou-se a área ocupada por todas as composteiras necessárias, assumindo distribuição em linhas e colunas com espaço entre colunas de 1,5 m para passagem do carro-plataforma e manejo das composteiras e 0,5 m entre linhas;

#### 4.7 PROJETO E CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA DO PÁTIO DE ARMAZENAMENTO E SUPORTE

As composteiras de alambrado foram projetadas para ficarem ao ar livre. Desta, forma não é necessária uma estrutura com telhado para abrigar as composteiras. Projetou-se então um barracão de madeira para:

- armazenar materiais e equipamentos;
- servir como espaço de exposição do projeto;
- realização de oficinas de educação ambiental;

A estrutura de madeira foi escolhida devido à facilidade de construção e baixo custo. As telhas utilizadas são de material reciclável. O barracão possui 39 m<sup>2</sup> de área coberta. A construção foi feita por dois carpinteiros contratados e pelos integrantes do grupo gestor do projeto. A construção em regime de mutirão foi proposta como uma maneira de envolver os estudantes do campus e disseminar técnicas práticas como uma oficina de construção em madeira. Esse tipo de abordagem é essencial para que o projeto seja incorporado pela comunidade (neste caso universitária) e para que a continuidade dele seja garantida através da participação.

O dimensionamento das estruturas de madeira foi feito com o auxílio do Professor Carlito Calil Junior, Coordenador do Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM). O projeto para construção pode ser visto nas figuras 4.10 e 4.11.



As etapas básicas para construção do pátio de armazenamento e suporte foram executadas na seguinte ordem: 1) Dimensionamento do projeto; 2) Delimitação da área (gabarito); 3) Listagem de materiais necessários; 4) Procura de fornecedores e compra; 5) Preparo e limpeza do terreno; 6) Nivelamento da Superfície; 7) Enterramento dos pilares e concretagem; 8) Fixação das tesouras e terças. A fixação das telhas ainda não foi feita, no entanto espera-se realizar esta etapa em Dezembro de 2013.

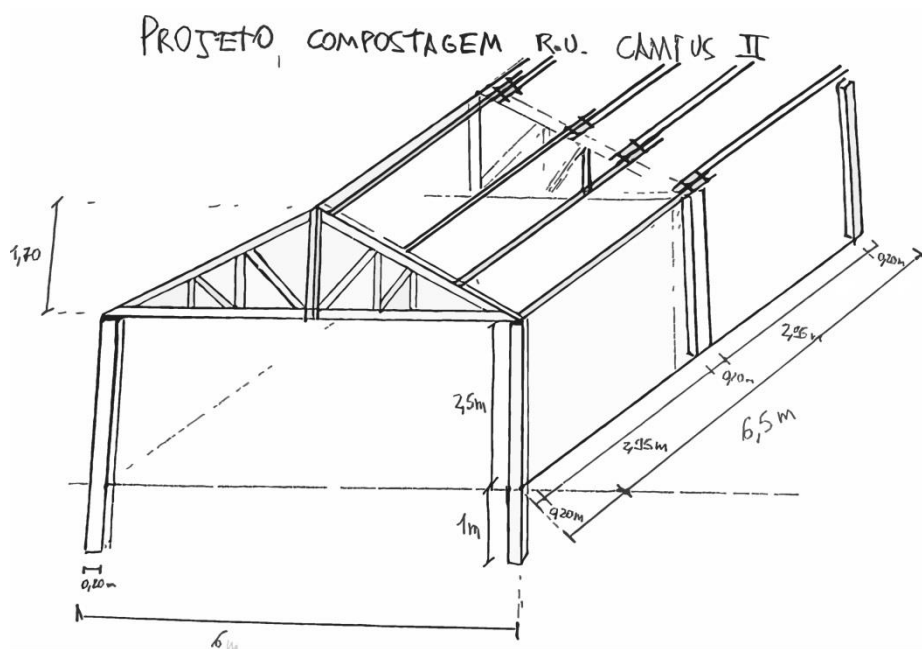


Figura 4.10 – Esboço à mão do projeto do pátio de armazenamento e suporte.



Figura 4.11 – Vista 3D do Pátio de Armazenamento e Suporte no Autocad.



Figura 4.12 – Processo de construção do pátio de armazenagem e suporte. Fotos: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 24/09/2013, 28/09/2013, 11/10/2013.

#### 4.8 PROCEDIMENTOS DE COLETA, TRANSPORTE E EXECUÇÃO DA COMPOSTAGEM

O procedimento de coleta foi planejado de forma a se adequar aos procedimentos de operação do restaurante. Ou seja, às terças, quintas e sextas os sacos pretos com resíduos orgânicos são retirados da câmara fria pelos estudantes integrantes do projeto e levados através do carro-plataforma até o pátio de compostagem. Em seguida:

1. Abre-se os sacos e mistura-se com a enxada os resíduos orgânicos com igual volume de resíduos de poda e capina;
2. Com a pá despeja-se os resíduos no triturador e distribui-se a mistura na composteira de alambrado.
3. Por fim coloca-se uma camada de poda e capina por cima para evitar que insetos e animais sejam atraídos.

#### 4.9 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CARTILHA EDUCATIVA E OFICINA DE COMPOSTAGEM

O preparo da cartilha e o desenvolvimento da oficina foram auxiliados pelo GEISA (Grupo de Estudos e Intervenções Socioambientais) da USP São Carlos. O GEISA desenvolve um projeto de educação ambiental na Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar onde semanalmente trabalha a temática socioambiental.

Durante a Oficina, a cartilha foi distribuída aos alunos de três salas do sexto ano do ensino fundamental e a eles foram apresentadas quatro diferentes metodologias de compostagem. Na apresentação das técnicas as crianças puderam ver como é a construção, o funcionamento e os benefícios de cada uma. Levou-se até a escola uma composteira de alambrado, uma minhocasa, uma composteira rotativa e também foi utilizada a própria composteira em leira estática da escola. A figura 4.13, mostra a Cartilha Educativa.

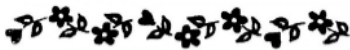


### Pra que Compostar?

Quando compostamos estamos dando outro destino aos restos de alimentos, que na maioria das vezes é o lixo. Além disso, o composto orgânico é produzido e pode ser utilizado nas plantações,



Composto



### O que podemos compostar?

amos aprender o que podemos e o que não podemos colocar na composteira:

Pode:

- Restos de alimentos, como verduras, cascas e talos;
- Resíduos frescos, como podas de grama e folhas;
- Serragem e folhas secas;
- Alimentos cozidos ou assados em pequenas quantidades;
- Estercos de boi, de porco e de galinha



### Não pode

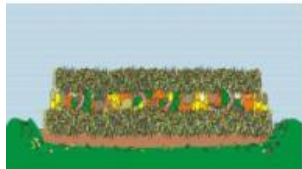
- Excesso de alho, cebola e frutas cítricas (limão);
- Carnes, gorduras e laticínios ;
- Fezes de gatos e cachorros

### Como Compostar?

- 1 - Para fazer sua própria composteira encontre um local plano;
- 2 - coloque nele matéria seca (mato capinado, folhas, galhos...) fazendo uma camada que cobre o solo.
- 3 - Sobre essa camada coloque a matéria orgânica (restos de alimentos, casca de ovo)

- 4 - Logo após depositar a matéria orgânica é necessário que se cubra com matéria seca novamente.

- 5 - Molhe um pouco o composto



- 6 - Após um mês de descanso convém revirar o composto para entrar um pouco de ar e acelerar o processo.

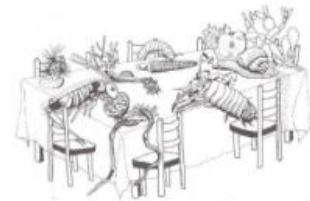
- 7 - Depois de aproximadamente dois meses o composto estará pronto e poderá ser usado como adubo.

## Faça Compostagem!



**REALIZAÇÃO:**  
GRUPO DE COMPOSTAGEM USP -  
SÃO CARLOS  
**APOIO:**  
GEISA - GRUPO DE ESTUDOS E  
INTERVENÇÕES SOCIOAMBIENTAIS  
SAPA - SECRETARIA ACADÊMICA  
PRO-AMBIENTAL

projeto\_compostagem\_bandeira@googlegroups.com  
geisa\_sc@googlegroups.com  
sapa@unipapo@googlegroups.com



### Mas o que é Compostagem?

A compostagem é um processo natural de transformação da matéria orgânica (restos de alimentos, galhos, folhas de árvores, fezes de animais) numa substância de cor castanha que parece terra e cheira floresta: o composto ou adubo orgânico.

### Como acontece a produção do composto?

A própria natureza o produz! Os micro-organismos, minhocas e insetos que vivem na terra decompõem (destroem) os restos de alimentos:

Figura 4.13 - Cartilha Educativa distribuída durante a Oficina de Compostagem aos alunos da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar.

#### 4.10 CUSTOS DE EXECUÇÃO DO PROJETO

O planejamento e execução do projeto de compostagem foi dividido em duas partes:

- I. Implantação e Divulgação;
- II. Operação e Manutenção;

Cada fase recebeu recursos da Universidade através de editais de financiamento. Para a fase de implantação e divulgação o projeto recebeu 5.000 reais do Edital Olimpíadas USP do Conhecimento. O tempo de execução desta fase foi de quatro meses. As atividades desenvolvidas com este orçamento e nesta fase podem ser resumidas como segue:

- I. Implantação e divulgação:
  - a. Compra de materiais e contratação de carpinteiro para construção do pátio de armazenagem e suporte;
  - b. Compra dos materiais minimamente necessários para uma fase de testes do processo de compostagem;
  - c. Construção de quatro técnicas de compostagem para fins didáticos;
  - d. Elaboração de cartilha educativa;
  - e. Realização de oficina de compostagem com a apresentação das quatro técnicas construídas e a cartilha educativa elaborada (não gastou-se recursos financeiros);
  - f. Coleta do composto maturado e realização das análises físico-químicas (não gastaram-se recursos financeiros visto que todas as análises foram feitas por laboratórios da própria universidade);

A segunda fase recebeu 40.000 reais do edital “Desenvolvendo a Sustentabilidade na USP” da Superintendência de Gestão Ambiental para desenvolver a compostagem dos resíduos orgânicos do RU Campus II pelo período de doze meses. Esta fase iniciou-se em Novembro de 2013 e contará com uma equipe remunerada de três estudantes para realizar

as atividades de operação e manutenção do projeto. Pode-se resumir os gastos desta fase nos seguintes itens:

## II. Operação e manutenção

- a. Remuneração de três estagiários para realizar as atividades de compostagem e análises físico-químicas;
- b. Compra de equipamentos para facilitar a operação da compostagem;
- c. Compra de equipamentos para monitorar a temperatura e umidade;
- d. Gastos com material de divulgação e educação ambiental;
- e. Assessoria técnica e manutenção de equipamentos;
- f. Oficinas de tecnologias sociais para a comunidade;

### 4.11 GESTÃO DO PROJETO

O projeto de compostagem foi elaborado e executado por um grupo de estudantes de graduação e mestrado da USP e UFSCar sob coordenação do Prof. Valdir Schalch e com a orientação e auxílio de Professores e Funcionários do Campus da USP São Carlos.

O projeto de compostagem pode ser analisado como um modelo de gestão coletiva, visto que todas as fases que culminaram na sua concretização foram realizadas por um coletivo de pessoas atraídas pela temática de resíduos sólidos. Em torno do tema foram realizadas discussões e identificado um problema, a adequação do gerenciamento de resíduos sólidos da universidade à Lei 12.305 de 2010, criou-se um grupo com o intuito de estudar e propor formas de abordar o tema junto à comunidade universitária e comunidade externa. O projeto de compostagem foi fruto destas discussões e da contribuição de funcionários, professores, alunos e da comunidade externa como a Associação Veracidade.

A gestão de todo projeto foi realizada e planejada pelo grupo de estudantes, mencionado no texto como grupo gestor, e todas as decisões foram tomadas de forma

coletiva e em contato constante com a comunidade universitária (funcionários, professores e estudantes).

Pode-se colocar como ponto de partida o grupo de discussões criado em novembro de 2012 com alunos do curso de Engenharia Ambiental. Este grupo manteve contato e recebeu apoio do USP Recicla, expandindo então a discussão para outros cursos e recebendo contribuições de diversas pessoas com experiência no tema. Foi a partir deste envolvimento e aceitação pela comunidade universitária que o projeto de compostagem dos resíduos orgânicos do RU do Campus II ganhou corpo e passou para o papel como algo possível de ser realizado.

#### 4.12 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO COMPOSTO

As amostras de composto maturado avaliadas pelas análises descritas a seguir não foram provenientes da compostagem de resíduos sólidos orgânicos do Restaurante Universitário do campus II da USP-São Carlos, pois o projeto de compostagem, por este trabalho analisado, ainda está em fase de implantação. A primeira coleta de resíduos orgânicos do RU Campus II e posterior disposição na composteira de alambrado foi feita no dia 16 de Outubro de 2013, portanto o composto só estará maturado para realizar análises físico-químicas em janeiro de 2014.

Visto a falta de tempo hábil para a realização do processo de compostagem (degradação dos resíduos sólidos orgânicos e estabilização do composto), que dura aproximadamente três meses, decidiu-se analisar a qualidade de compostos maturados com procedências semelhantes aos que seriam gerados pelo presente projeto. Assim, as características apresentadas a seguir referem-se a duas amostras coletadas na Associação Veracidade<sup>2</sup>, localizada na cidade de São Carlos-SP. O processo de compostagem desenvolvido na Associação Veracidade é feito com os resíduos de alguns restaurantes do município que enviam apenas os resíduos orgânicos da cozinha.

---

<sup>2</sup> O grupo Veracidade é uma organização da sociedade civil sem fins lucrativos, criada em meados de 2012 por um grupo de aproximadamente cinquenta pessoas, a fim de transformar a realidade urbana (<http://www.veracidade.eco.br/projetos/cineveracidade.html>).

As duas amostras de compostos maturados (C1 e C2) fornecidas pelo grupo Veracidade eram de técnicas de compostagem diferentes. A amostra C1 foi resultado de resíduos orgânicos revirados em uma baia<sup>3</sup>, na qual foram inicialmente dispostos. No primeiro mês, o composto foi transferido para uma segunda baia e, na metade do segundo mês, transferiu-se para uma terceira baia. Já a amostra C2 foi originária de uma leira estática forrada com galhos na parte de inferior, intocada por aproximadamente seis meses (figura 4.14). As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório do Instituto de Química de São Carlos (IQSC) e no laboratório de Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS). As análises de granulometria foram realizadas no laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Geotecnia. Todos os laboratórios mencionados estão na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.



Figura 4.14 – Baias construídas para a realização de compostagem na Associação Veracidade de onde coletou-se as amostras C1 e C2. Foto: arquivo pessoal de Pedro Zanette, 14/11/2013.

---

<sup>3</sup> Baia da amostra C1: espaço cúbico construído com 3 *pallets* nas faces laterais e traseira, fechada frontalmente com tela de alambrado comum.

#### 4.12.1 Coleta de amostras

As duas amostras foram coletadas segundo a NBR 10.007 (ABNT, 2004) e armazenadas em sacos plásticos com etiquetas de identificação. A coleta se deu em pontos diferentes de cada leira, tanto em altura quanto em raio. Foi coletado 1,5 kg de cada amostra. Imediatamente após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos lacrados e encaminhadas ao laboratório, onde, após quarteamento, retirou-se sub-amostras de 0,5 kg, para posterior encaminhamento para as análises químicas. O restante do material (1 kg de cada amostra) seguiu para análise física. As análises físico-químicas foram realizadas seguindo a metodologia utilizada por MASSUKADO (2008).

#### 4.12.2 Análises físico-químicas<sup>4</sup>

Para a obtenção de amostra seca a ser utilizada em algumas análises, preencheu-se um cadinho com cada uma das amostras (C1 e C2) e colocou-os na estufa à 65°C por 24h.

##### Determinação de pH:

- 5 g de amostra foram diluídas em 50 ml de água destilada;
- a solução foi misturada em um agitador por 30 minutos;
- realizou-se a leitura do pH em pHmetro.

##### Abertura das amostras para leitura de nitrogênio e fósforo:

- pesou-se, aproximadamente, 0,25 g de amostra seca;
- a amostra foi colocada em um tubo de teflon;
- no tubo, adicionou-se 7 ml de ácido sulfúrico e, gota a gota, 3 ml de peróxido de hidrogênio;
- a amostra foi vedada e levada ao micro-ondas e, posteriormente, resfriada na capela;

---

<sup>4</sup> As amostras foram analisadas nos dias 04, 18, 25 e 26 de setembro e no dia 02 de outubro de 2013, conforme a disponibilidade dos técnicos responsáveis pelos laboratórios.

- o conteúdo do tubo de teflon foi filtrado e colocado em um balão volumétrico, completando com água destilada até atingir um volume de 100 ml.

#### Leitura de fósforo

- 1 ml de cada amostra aberta foi colocado em proveta de 25 ml;
- 1 ml de “branco” (água deionizada utilizada como referência do zero na leitura em espectrômetro) foi colocado em proveta de 25 ml;
- adicionou-se 3 ml de solução de molibdato-vanato em cada proveta;
- completou-se, com água destilada, o volume de cada uma das provetas para 25 ml;
- as amostras permaneceram em repouso por 10 minutos e depois foram realizadas as leituras no espectrômetro.

#### Leitura de nitrogênio

- 1 ml de cada amostra aberta foi colocado em proveta de 25 ml;
- 1 ml de “branco” (solução de água e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  utilizada como referência do zero na leitura em espectrômetro) foi colocado em proveta de 25 ml;
- adicionou-se uma gota de TKM em cada proveta;
- gota a gota, foi adicionado KOH em cada uma das provetas até se obter a coloração azul;
- as amostras foram agitadas;
- completou-se o volume de cada uma das provetas para 20 ml com água destilada;
- 3 gotas de estabilizador mineral foram adicionadas, agitando-se as amostras;
- 3 gotas de álcool polivinílico foram adicionadas, agitando-se as amostras;
- completou-se o volume de cada uma das provetas para 25 ml com água destilada;
- 1 ml de reagente de Nessler foi adicionado;
- as amostras permaneceram em repouso por 2 minutos;
- a leitura foi realizada em espectrômetro.

#### Abertura das amostras para leitura de metais, macro e micro nutrientes:

- pesou-se, aproximadamente, 0,25 g de amostra seca;
- a amostra foi colocada em tubo de teflon;

- no tubo, adicionou-se 7 ml de ácido nítrico e, gota a gota, 3 ml de peróxido de hidrogênio;
- a amostra foi vedada e levada ao micro-ondas e, posteriormente, resfriada na capela;
- o conteúdo do tubo de teflon foi filtrado e colocado em um balão volumétrico, completando-o com água destilada até o volume de 100 ml.

#### Determinação de Carbono Orgânico Total (COT):

- adicionou-se uma porção de matéria seca a um cadinho de porcelana;
- o conteúdo foi macerado até obter-se um farelo;
- pesou-se, em triplicata, aproximadamente 0,1 g das amostras maceradas;
- as amostras foram levadas para o Módulo de Análise Sólida para a leitura do COT.

#### Determinação de matéria orgânica:

- pesou-se uma quantidade de amostras secas em cadinhos;
- as amostras foram levadas à mufla;
- após 4h, as amostras foram retiradas da mufla e encaminhadas ao dessecador;
- após 24h, retirou-se as amostras do dessecador e fez-se novamente a pesagem.

#### Determinação de umidade, sólidos totais e sólidos voláteis:

- pesou-se uma quantidade de amostras cruas em cadinhos;
- as amostras foram levadas à estufa;
- decorridas 24h, as amostras foram retiradas da estufa, pesadas e colocadas na mufla por 4h.

#### **4.12.3 Análise granulométrica<sup>5</sup>**

A determinação da granulometria dos compostos maturados foi realizada a partir de 500 g de cada amostra, seguindo-se metodologia descrita pela NBR 7181/84 (ABNT, 1984).

---

<sup>5</sup> A análise granulométrica das amostras C1 e C2 foi feita no dia 05 de setembro de 2013.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

As pesagens dos dias 14 e 16/05/2013 referem-se a dois dias de funcionamento do RU. Pode-se perceber que a quantidade de resíduos orgânicos produzidos foi bem menor na sexta-feira dia 17/05/2013. Deve-se fazer as seguintes considerações ao analisar tais pesagens, a produção de resíduos orgânicos muda de acordo com o cardápio do dia e para se ter uma média estatística mais acurada da quantidade de resíduos produzidos, o ideal seria ter pesagens ao longo de várias semanas. Segundo conversa também informal com o chefe de cozinha do RU Campus II, na semana em que as pesagens foram feitas, a quantidade de resíduos de pré-preparo mostrou-se abaixo do normal devido ao cardápio da semana, pois o número médio de sacos de resíduos orgânicos por dia foi estimado em 15.

Tabela 5.1 - Dados da pesagem de resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos.

<b>Dia</b>	<b>Horário da pesagem</b>	<b>Quantidade de sacos pesada</b>	<b>Peso total dos resíduos orgânicos (kg)</b>	<b>Média de peso por saco (kg)</b>
14/05/2013	13:15 h	22	359	16,3
16/05/2013	13:15 h	15	319,3	21,3
17/05/2013	13:15 h	5	92	18,4
			<b>Peso médio de cada saco</b>	<b>19</b>

Tomando-se o peso médio de cada saco como 19 kg e assumindo uma produção de 15 sacos de resíduos orgânicos provenientes do pré-preparo e resto-ingesta por dia, calculou-se a produção diária de resíduos orgânicos do RU Campus II. De acordo com o gráfico de desperdício médio apresentado na Figura 4.4, podemos tomar a média de desperdício dos anos de 2011 e 2012 como o desperdício diário por refeição a ser usado

para calcular a fração dos resíduos orgânicos provenientes de resto-ingesta. Assumindo valor médio de 40g/refeição obtém-se os dados apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Resíduos orgânicos produzidos nos restaurantes universitários do Campus I e Campus II.

	<b>Numero de refeições servidas por dia</b>	<b>Resíduos orgânicos Pré-preparo (kg/dia)</b>	<b>Resíduos orgânicos Resto-ingesta (kg/dia)</b>
<b>RU Campus I</b>	5.000	-	200
<b>RU Campus II</b>	500	265	20

Pode-se ver uma relação interessante nesta tabela, pois enquanto o restaurante do Campus I possui uma alta porcentagem de seu resíduo orgânico proveniente do resto-ingesta, o restaurante do Campus II, devido ao numero dez vezes menor de refeições servidas e centralização da produção das refeições neste restaurante, possui baixa porcentagem de resíduos orgânicos provenientes de resto-ingesta e alta porcentagem de resíduos de pré-preparo. Sabe-se através da literatura acadêmica que o processo de compostagem apresenta dificuldades quando a concentração de alimentos cozidos, salgados e com óleo é alta. Além disso, uma das grandes discussões no meio acadêmico é quanto à viabilidade de se aplicar na agricultura compostos com alta concentração de sais. Por este raciocínio pode-se ver que o processo de compostagem com os resíduos do RU Campus II é bastante vantajoso visto que a composição dos resíduos orgânicos está dentro do que a literatura acadêmica recomenda como ideal.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA O PÁTIO DE COMPOSTAGEM

Os cálculos realizados em tabela do EXCEL podem ser vistos na Tabela 5.3. Pode-se ver pela tabela que a quantidade de resíduos orgânicos a ser desviada do aterro sanitário totaliza aproximadamente 102 toneladas por ano. Destas 102 toneladas, 68 toneladas provêm dos resíduos orgânicos do restaurante e 34 toneladas de podas e capinas do Campus II.

Tabela 5.3. Estimativa da proporção de material rico em carbono e material rico em nitrogênio para o processo de compostagem.

<b>Cálculo de dimensionamento da quantidade mássica de resíduos</b>			
Entrada de material rico em N úmido (kg/dia)	285	Umidade resíduo orgânico (% do peso em água)	69
Entrada material rico em N seco (kg/dia)	88,35	<b>Proporção C/N</b>	
Entrada material rico em C, folhas (kg/dia)	<b>142,5</b>	Relação ideal para início da compostagem	30
Total (kg/dia)	<b>427,5</b>	Material rico em N	15
Estimativa por semana (kg)	2.137,5	Serragem	600
Por mês (kg)	8.550	Folhas secas	60
Por ano (kg)	102.600	Quantidade folhas (kg/dia)	<b>142,5</b>
<b>Cálculo de dimensionamento e operação de leiras</b>			
Entrada material total (kg/dia)	427,5	Raio (m)	1
Densidade material N (Kg/m³)	600	Diametro (m)	2
Densidade material C (kg/m³)	380	Altura (m)	1.5
Volume material rico em N (m³/dia)	0,475	Área (m²)	<b>3.14</b>
Volume matéria rica em C (m³/dia)	0,375	Área total (m²)	56.55
Demanda Volume (m³/dia)	<b>0,85</b>	Volume	4.7
Período de uma volta (dias)	<b>99,8</b>	n° de composteiras	<b>18</b>
		Volume Total (m³)	84.8

A área de compostagem calculada possui 18 composteiras de alambrado dispostas como mostra a Figura 5.1.

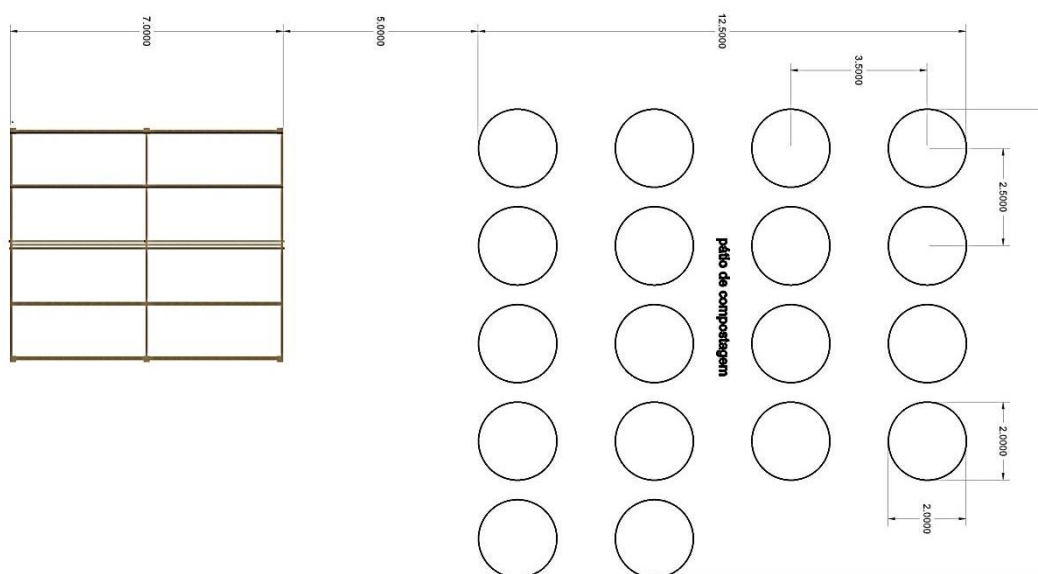


Figura 5.1 – Vista superior da área de compostagem com as composteiras de alambrado e o pátio de armazenagem e suporte.

### 5.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CARTILHA EDUCATIVA E OFICINA DE COMPOSTAGEM

A oficina de compostagem e a cartilha educativa mostraram-se muito eficientes como abordagem para tratar a questão dos resíduos sólidos com as crianças da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar. A receptividade dos alunos foi grande e o interesse demonstrado nas diferentes técnicas de compostagem e nas relações biológicas responsáveis pelo processo da compostagem mostrou que a questão da educação ambiental deve ser um tema central no ensino fundamental. Participaram da oficina 60 alunos da sexta série do Ensino Fundamental. Além da apresentação das técnicas de compostagem levadas para ilustrar diferentes formas de realizar a compostagem, utilizou-se a leira estática da escola, incentivando os alunos a se envolverem na operação da compostagem na escola e à levarem para suas casas a prática da compostagem.

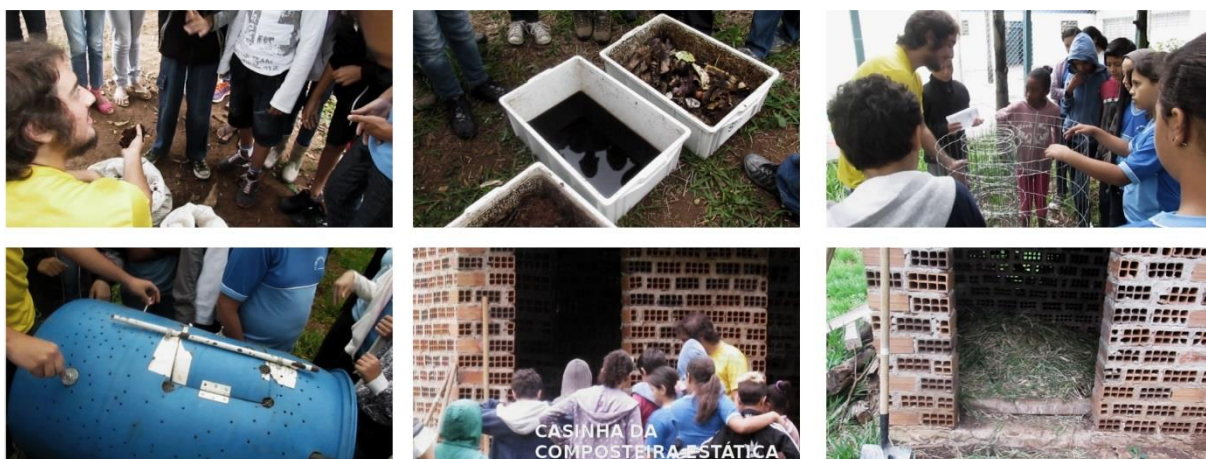


Figura 5.2 – Fotos da oficina de compostagem realizada na Escola Estadual Prof. Bento da Silva César no dia 16 de Outubro. Foto: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 16/10/2013.

Não por acaso, um dos Eixos Temáticos da IV Conferencia Nacional de Meio Ambiente foi a educação ambiental, pois a questão dos resíduos sólidos precisa não somente de abordagens técnicas, econômicas e políticas, mas essencialmente de uma abordagem social de mudança de hábitos e paradigmas. O modelo de gestão de resíduos sólidos proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, a Lei 12.305, demanda para seu pleno funcionamento o envolvimento da sociedade na separação dos resíduos e na adequada entrega dos mesmos em PEV's, para cooperativas ou para Parcerias Publico Privadas.

Pode-se ir além e mostrar que o modelo proposto pela PNRS, é um modelo que prevê a alteração da estrutura atual do sistema de geração e consumo de produtos de um modelo linear para um modelo circular. Como podemos ver pela Figura 5.3, o atual modelo é linear. Os alimentos são produzidos nas áreas rurais, são levados através das rodovias até os centros urbanos, os quais consomem diversos produtos orgânicos e inorgânicos e encaminham ambos, misturados, para lixões e aterros sanitários. Este acúmulo de resíduos orgânicos nos lixões e aterros sanitários é indesejável, ineficiente e gera inúmeros danos socioambientais. A Figura 5.4, mostra o modelo circular proposto por este trabalho e cujo ponto de partida é o pátio de compostagem.

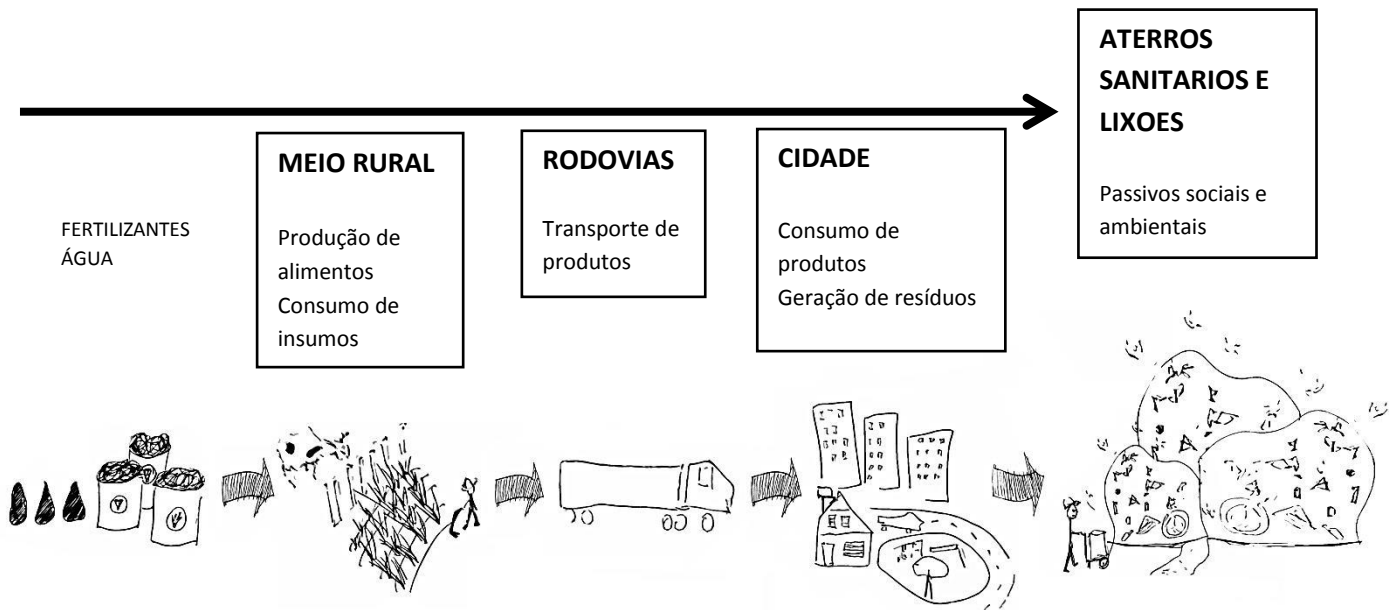


Figura 5.3 – Fluxograma do modelo linear de produção e consumo de bens.

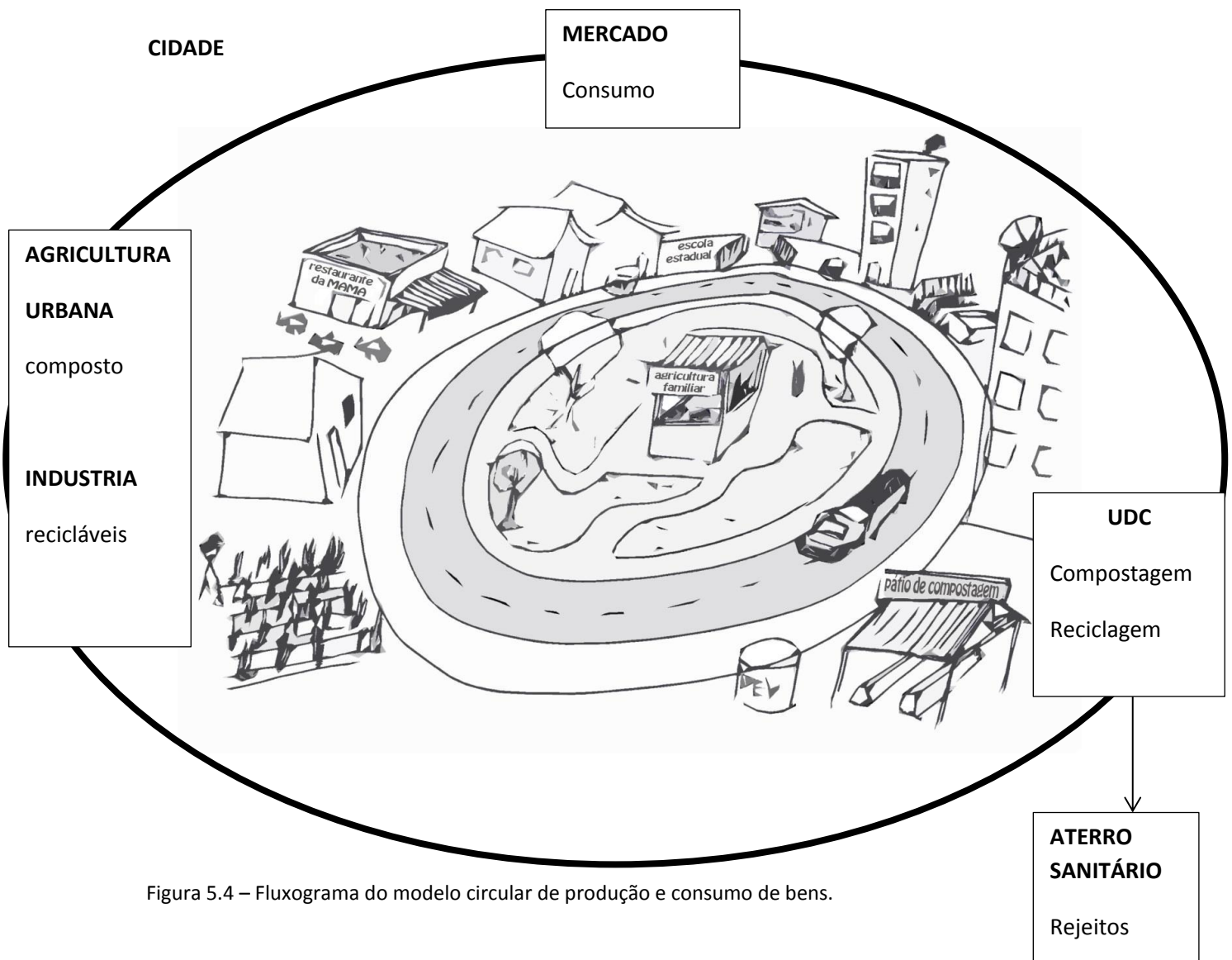


Figura 5.4 – Fluxograma do modelo circular de produção e consumo de bens.

## 5.4 APRENDIZADOS DE OUTRAS INICIATIVAS DE COMPOSTAGEM

Em relação aos aprendizados que podem ser retirados das práticas de compostagem descentralizada, por este trabalho investigadas, podemos citar a compostagem comunitária como um modelo resiliente e de baixo custo. MASSUKADO (2008) cita o exemplo do Reino Unido em que a compostagem comunitária é sustentada pela existência de um setor associativo bastante desenvolvido, de redes de assistência às iniciativas comunitárias, de oportunidades de financiamento para o desenvolvimento desse tipo de projeto e pela possibilidade de remuneração das associações pelo serviço prestado. De acordo com o contexto nacional e pelo exposto nos resultados da IV CNMA, pode-se dizer que o Brasil está assentando as pedras necessárias para que as iniciativas de gestão descentralizada se multipliquem em diversas modalidades de parcerias entre os diversos atores da sociedade, governo e empresas. Neste contexto, iniciativas de compostagem comunitária ou institucional que envolvem a comunidade são de extrema importância e têm um papel decisivo na educação ambiental e propagação de um novo modelo de relação da sociedade com os resíduos sólidos.

### 5.4.1 Dificuldades enfrentadas por UDCs

Apesar da relevância e das vantagens das iniciativas de Unidades Descentralizadas de Compostagem, o presente trabalho identificou que muitas iniciativas são descontinuadas poucos anos após o seu início. Inúmeros fatores podem atuar para a descontinuação de UDCs, no entanto, alguns aspectos parecem emergir como principais:

- a. Falta de apoio do poder público e da empresa de coleta convencional;
- b. Falta de conhecimento técnico para dimensionamento, implantação e operação;
- c. Falta de mão de obra remunerada e qualificada para operar a UDC;
- d. Falta de aceitação e identificação do projeto pela comunidade. Desta forma a UDC não é tida como um projeto da comunidade, o que reduz a colaboração e inviabiliza a continuidade do projeto.

- e. Afastamento do grupo “pioneiro”. A maioria dos projetos de UDC são propostos e implementados por um grupo de pessoas “entusiastas”, elas divulgam, fazem a sensibilização, incentivam os seus vizinhos a separar e levar o resíduo orgânico ao PEV e até atuam como gestoras do projeto, mas ao se afastarem das atividades comunitárias o funcionamento da UDC tende a ser reduzido. De certa forma o afastamento do grupo pioneiro só efetivamente leva à descontinuidade da UDC quando a comunidade não aceitou, nem se identificou com o projeto e o poder público não apoia efetivamente com recursos, infraestrutura e assistência técnica a compostagem comunitária;

#### **5.4.2 Aspectos importantes para a implantação de UDCs comunitárias**

As experiências bem-sucedidas mostram que muito além de fatores econômicos, a coesão e organização social da comunidade na qual a UDC está implantada, é responsável pela resiliência e continuidade, sendo imprescindível, no entanto, o envolvimento de diferentes setores da sociedade.

Pode-se dizer que numa etapa de investigação da viabilidade de uma UDC, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- a. Aceitação da comunidade;
- b. Organização social (numero de organizações, associações na comunidade);
- c. Perfil socioeconômico;
- d. Espaços disponíveis (terrenos baldios, praças, áreas verdes, pontos de descarte irregular de resíduos sólidos, áreas públicas);
- e. Uso e ocupação da região;
- f. Instrumentos econômicos (poluidor-pagador, protetor-recebedor);
- g. Presença de programas de educação ambiental;
- h. Presença de geradores e fornecedores de matéria seca (serragem, podas) e predisposição dos mesmos em colaborar com a iniciativa de compostagem;



### 5.4.3 Comparação do modelo de UDC implantado e outros modelos

Algumas iniciativas de compostagem estudadas por este trabalho tiveram suas atividades sistematizadas no quadro resumo apresentado na Tabela 5.4. Pode-se perceber que todos os sistemas de coleta preveem a separação na origem e a colaboração da população envolvida. Além disso, as quantidades mássicas coletadas e compostadas atingem valores consideráveis.

Com exceção da UDC da UFSC, as outras iniciativas de compostagem trabalham com valores próximos aos valores estimados para a iniciativa de compostagem analisada neste trabalho, no entanto, a relação de área utilizada por toneladas compostadas apresenta-se em média duas vezes maior nas outras iniciativas em relação à compostagem do restaurante universitário do Campus II. Um dos fatores para tal pode ser a diferença na técnica de compostagem utilizada, pois enquanto nas anteriores utiliza-se longas leiras estáticas em formato de trapézio, a compostagem analisada por este trabalho utilizará composteiras de alambrado. Ambas as técnicas são leiras estáticas, mas o material construtivo e a disposição no terreno são diferentes, o que pode justificar um aproveitamento menor de  $m^2/ton$ . No entanto, cabe concluir que visto que os cálculos se basearam em estimativas, apenas com as pesagens ao longo do projeto pode-se chegar a um valor real de aproveitamento da área/tonelada de resíduo orgânico. Um futuro estudo para avaliar o aproveitamento de área por tonelada compostada é recomendado.

Tabela 5.4 – Quadro resumo de algumas iniciativas de compostagem.

	Pop. Atendida	Sistema de coleta	Quantidade coletada e compostada por ano (t/ano)	Área utilizada (m <sup>2</sup> )	Relação quantidade compostada por área utilizada (ton./m <sup>2</sup> )
<b>UFSC</b>	3 Restaurantes, 1 Creche, 1 Moradia Estudantil, 8 Cantinas, 1 Hospital, 1 Supermercado	O sistema consiste na disponibilização de bombonas de 50 litros para estabelecimentos da Universidade.	1050	O pátio possui cerca de 800m <sup>2</sup> .	1,31
<b>FLORAM</b>	200 residências, 600 habitantes, 2 restaurantes, 1 padaria	Disponibiliza um PEV com estrutura para receber resíduos orgânicos e óleo de fritura dos moradores do bairro.	156	O Pátio possui área de 126m <sup>2</sup> .	1,23
<b>Revolução dos baldinhos</b>	200 famílias	Famílias participantes depositam nos PEV's distribuídos pelo bairro e uma Kombi faz a coleta dos PEV's	~120	O Pátio possui área de 100m <sup>2</sup>	1,2
<b>USP São Carlos*</b>	1 Restaurante – 5.500 refeições diárias	Compostagem dos resíduos orgânicos de pré-preparo e resto-ingesta	~102	A área de compostagem possui 150m <sup>2</sup>	~0,68

\*Projeto em fase de implantação, dados baseados em projeção quando o projeto estiver totalmente implementado. Modificado de MAESTRI (2010).

## 5.5 VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE UMA UDC NA SUB-BACIA DO CÓRREGO DO MINEIRINHO

A quantidade de domicílios situados na sub-bacia do Córrego do Mineirinho que seriam atendidos pela UDC implantada no Campus II da USP seguindo um modelo de compostagem comunitária pode ser calculada da seguinte maneira.

Considerando os dados do Plano Municipal de Saneamento de São Carlos (PMSC, 2012), a média diária per capita de geração de RSD para São Carlos é de 0,72 kg/hab./dia. Considerando a caracterização física mássica dos RSD realizada por FRESCA (2007) para o setor de coleta convencional 14, o qual abrange a sub-bacia do Córrego Mineirinho, área de abrangência deste trabalho, temos que 57,21% dos RSD é composto por matéria orgânica. Desta forma, considerando a média de habitantes por domicílio como sendo 5 obtemos a Tabela 5.5 de cálculos.

Tabela 5.5 - Cálculo do número de domicílios da sub-bacia do Córrego do Mineirinho possíveis de serem atendidos pelo modelo de UDC implantado no Campus II da USP São Carlos.

Capacidade UDC (kg/dia)	285
Geração RSD (kg/hab./dia)	0,72
Porcentagem mássica de M.O. no RSD (%)	57,21
Geração de M.O. (kg/hab./dia)	0,41
Número de habitantes atendidos (hab.)	692
Numero médio de habitantes por domicilio (hab./domicílio)	5
Número médio de domicílios atendidos (domicílios)	138

Observou-se que a região da sub-bacia do Córrego do Mineirinho, na qual o Campus II da USP São Carlos está inserido, possui aspectos favoráveis à implantação de uma UDC, visto que há uma grande disponibilidade de áreas verdes ociosas na região, a comunidade já teve contato com uma iniciativa de compostagem de resíduos orgânicos (Projeto ABC da Compostagem) e a temática ambiental já é trabalhada com os alunos da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar através de programa de extensão da USP promovido pelos estudantes integrantes do GEISA. Além disso, segundo mapa do plano diretor apresentado na Figura 4.3, o centro comunitário presente pode ser uma base para o envolvimento dos

moradores na questão do gerenciamento dos resíduos sólidos e a presença de dois ecopontos indica uma maior capacidade de sensibilização da população, bem como facilitam a logística de gerenciamento dos resíduos sólidos.

Pelos fatores favoráveis apresentados e considerados os custos, área necessária e capacidade de compostagem de resíduos orgânicos da UDC implantada no Campus II da USP São Carlos, o presente trabalho julga viável a implantação deste modelo na região da sub-bacia do Córrego do Mineirinho como forma de promover a compostagem comunitária.

A fonte de recursos para a implantação desta UDC comunitária não encontra a mesma facilidade das iniciativas de UDC Institucionais, como é o caso do projeto analisado por este trabalho. No entanto, instrumentos de incentivo e punição estão previstos pela Lei 12.305 e, segundo os resultados da IV CNMA, pode-se esperar uma maior pressão sobre as prefeituras para que as mesmas efetivem a coleta seletiva e para que seja consolidada a cadeia de beneficiamento dos reciclados e compostáveis, o que aumentaria os benefícios econômicos da compostagem. Vale pontuar que a compostagem deve ser o ponto central da coleta seletiva para atingir as determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O quadro resumo mostrado pela Tabela 5.6 contém as principais características do projeto de compostagem desenvolvido para a demanda do restaurante universitário do Campus II da USP São Carlos.

Como mencionado anteriormente o projeto de compostagem está concluindo a fase de implantação e divulgação. Falta apenas a fixação do telhado do pátio de armazenamento e suporte para que o projeto entre na fase de operação e manutenção. A figura 5.4 mostra a visão do pátio e a figura 5.5 é uma projeção de como será o espaço de compostagem quando estiver em plena operação.

Tabela 5.6 - Quadro resumo do projeto de compostagem dos resíduos orgânicos do restaurante universitário do Campus II da USP São Carlos

Resíduos orgânicos do RU compostados (kg/dia)	Pré-preparo	265
	Resto-ingesta	20
Resíduos orgânicos da poda e capina (kg/dia)	142,5	
Área ocupada para compostagem (m <sup>2</sup> )	Pátio de compostagem	150
	Pátio de armazenamento e suporte	39
Técnica de compostagem utilizada	Composteira de alambrado.	
Gestão do projeto	Grupo de estudantes e estagiários.	
Atividades realizadas no projeto	Compostagem, educação ambiental e análises físico-químicas.	
Custos da implantação e divulgação das atividades (ao longo de 4 meses) (R\$)	5.000	
Custos da operação e manutenção das atividades (horizonte de 12 meses) (R\$)	40.000	
Número de domicílios possíveis de serem atendidos caso modelo seja replicado na sub-bacia do Córrego do Mineirinho	138	



Figura 5.4 – Foto da área de compostagem no campus II. Foto: Renato Arruda Vaz de Oliveira, 20/11/2013.



Figura 5.5 – Projeção de como será a área de compostagem no estágio de plena operação. Ilustração de Beatriz Marcos.

## 5.6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os valores de pH normalmente variam em uma faixa de 6,0 a 8,0, porém dependerá das matérias-primas utilizadas e do processo de compostagem aplicado (SANTOS, 2007). Os valores medidos para ambas as amostras estão fora da faixa usual de pH mencionada, mas ainda apresentam-se de acordo com a legislação brasileira, com valores acima do valor mínimo previsto (Tabela 5.7).

Os teores de umidade das duas amostras enquadraram-se na legislação vigente, não ultrapassando o máximo de 50% de umidade permitida (Tabela 5.7). Além disso, os valores estão acima de 35%, o que implica, segundo Santos (2007), que os compostos apresentavam-se totalmente estabilizados e que não foram armazenados por tempo excessivo, mantendo, portanto, a umidade.

Quanto ao carbono orgânico total, a amostra C2 mostrou-se em conformidade com as normas vigentes, enquanto que a amostra C1 apresentou-se 1,58% abaixo do valor limite

(Tabela 5.7). Visto que a concentração de carbono orgânico total é o indicador da concentração de matéria orgânica, o valor de matéria orgânica nas amostras apresentou-se em consonância com os respectivos resultados de carbono orgânico, sendo o valor de matéria orgânica em C1 menor que o de C2, com ambos abaixo do mínimo indicado (Tabela 5.7).

O nitrogênio é considerado o primeiro entre os macronutrientes principais, sendo o elemento que mais influencia nos cultivos. Os valores de nitrogênio encontrados apresentaram-se bem abaixo do limite previsto na legislação, o que justifica a alta relação C/N (Tabela 5.7). O conteúdo de nitrogênio é variável conforme a matéria-prima utilizada na compostagem, às condições do processo, a maturação e o armazenamento. Como o processo de compostagem não foi monitorado desde o início, não foi possível avaliar os fatores que ocasionaram tais resultados, no entanto sabe-se que adicionou-se propositadamente à compostagem uma quantidade em excesso de serragem e palha para, ao fornecer altas concentrações de carbono, promover o crescimento dos actinomicetos que são fungos altamente benéficos para o processo.

Quanto aos valores de metais, o cromo, o chumbo e o selênio apresentaram-se elevados em relação à norma (Tabela 5.7). Tal fato implicaria uma restrição para a utilização dos compostos, os quais poderiam, por exemplo, serem destinados a práticas de paisagismo.

Como os valores de matéria orgânica apresentam-se baixos e os de metais elevados, já que, normalmente, no processo de compostagem ocorre o oposto, seria necessário a repetição das análises para que os resultados fossem validados e se averiguassem possíveis erros de medição/prática laboratorial. Entretanto, devido ao tempo restrito disponível para o projeto, tais repetições não foram possíveis de serem executadas. Possíveis fontes de contaminação das leiras de compostagem foram investigadas e, descartada a possibilidade de contaminação na origem do resíduo orgânico, ou seja, nos restaurantes que fazem a separação e encaminham à Associação Veracidade, restam duas possibilidades que merecem um estudo aprofundado no futuro. A primeira possibilidade é o solo sobre o qual a compostagem foi feita estar previamente contaminado, visto que a região do bairro Vila Prado possui uma ocupação muito antiga, sendo um dos primeiros bairros de São Carlos e devido à proximidade com a Estação de Trem e com atividades industriais a contaminação do solo é plausível. A segunda possibilidade é a contaminação do composto pela serragem

utilizada, pois se uma porcentagem da serragem usada for proveniente de madeiras tratadas, a concentração de cromo e arsênio, entre outros metais pesados é elevada o suficiente para contaminar toda a leira.

Pelo fato de não existirem normas nacionais indicando os valores limites para certos nutrientes/metais, para fins comparativos, foram acrescentados na Tabela 5.7 os valores obtidos na tese de MASSUKADO (2008).

Nas análises físico-químicas realizadas não incluiu-se a condutividade elétrica, no entanto, segundo MASSUKADO (2008) ao analisar o composto produzido com resíduos domiciliares da mesma área de estudo deste projeto (sub-bacia do Córrego do Mineirinho), este parâmetro foi considerado responsável pela toxicidade do composto, sendo observado taxas de mortalidade significativas nos resultados de ensaio agudo com minhocas da espécie *Eisenia andrei*. Desta forma, recomenda-se incluir a condutividade elétrica e a análise ecotoxicológica nas futuras análises do composto a ser produzido no restaurante universitário do campus II.



Tabela 5.7 – Valores obtidos para as amostras C1 e C2 a partir das análises físico-químicas.

Parâmetros	Amostra C1	Amostra C2	IN* 27/2006	IN 25/2009	Silva et al. (2002)	Massukado (2008)**
pH	9,11	9,04		Mín. 6,0		
Umidade % m/m (equivalente a g 100g <sup>-1</sup> )	35,24	40,05		Máx. 50		
Carbono orgânico %	13,42	17,59		Mín. 15		
Matéria orgânica %	22,49	24,19			Mín. 40	
Nitrogênio Total %	0,241	0,325		Mín. 0,5		
Sólidos totais (mg Kg <sup>-1</sup> )	904.398,05	866.020,84		n.e.***		
Sólidos fixos (mg Kg <sup>-1</sup> de sólidos totais)	940.604,36	936.722,18		n.e.		
Sólidos voláteis (mg Kg <sup>-1</sup> de sólidos totais)	59.395,64	63.277,82		n.e.		
Fósforo (mg Kg <sup>-1</sup> )	3.267,63	2.623,84				4.500
Relação C/N	55,65	54,11		Máx. 20		
Cr (mg Kg <sup>-1</sup> )	330,56	305,95	Máx 200,00			
Pb (mg Kg <sup>-1</sup> )	170,63	178,57	Máx. 150,00			
Ni (mg Kg <sup>-1</sup> )	24,21	29,76	Máx. 70,00			
Cd (mg Kg <sup>-1</sup> )	1,59	0,4	Máx. 3,00			
Se (mg Kg <sup>-1</sup> )	269,84	150,79	Máx. 80,00			
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	26,59	25,40			Máx. 500	
Mn (mg Kg <sup>-1</sup> )	355,16	432,94				175,4
Fe (mg Kg <sup>-1</sup> )	18.404,76	12.551,59				28.210
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	117,06	132,54			Máx. 1.500	
Mg (mg Kg <sup>-1</sup> )	2.230,16	1.992,06				2.200
Ca (mg Kg <sup>-1</sup> )	12.634,92	12.611,11				26.500
K (mg Kg <sup>-1</sup> )	4.761,90	5.555,56				11.000

\* IN = Instrução Normativa.

\*\* Valores referentes à médias dos parâmetros para leiras estáticas aeradas.

\*\*\* n.e. = não especificado.

## 5.7 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica tem por finalidade determinar a natureza física do composto ao indicar a fineza do material, sendo expressa percentualmente segundo determinadas classes de tamanhos (BARREIRA; PHILIPPI JR; RODRIGUES, 2006). A partir do ensaio granulométrico realizado, ambos os compostos foram identificados, de acordo com a NBR 6502/95 (ABNT, 1995), como areia média a fina, pouco siltosa (Figuras 5.5 e 5.6). Além disso, as duas amostras apresentavam coloração cinza escuro e muita matéria orgânica, o que é natural e esperado de um composto.

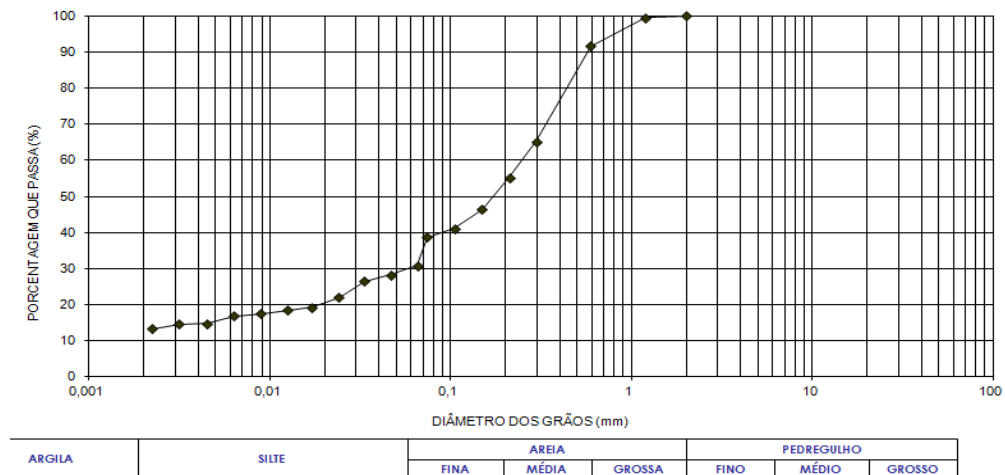


Figura 5.5 - Curva de distribuição granulométrica da amostra C1.

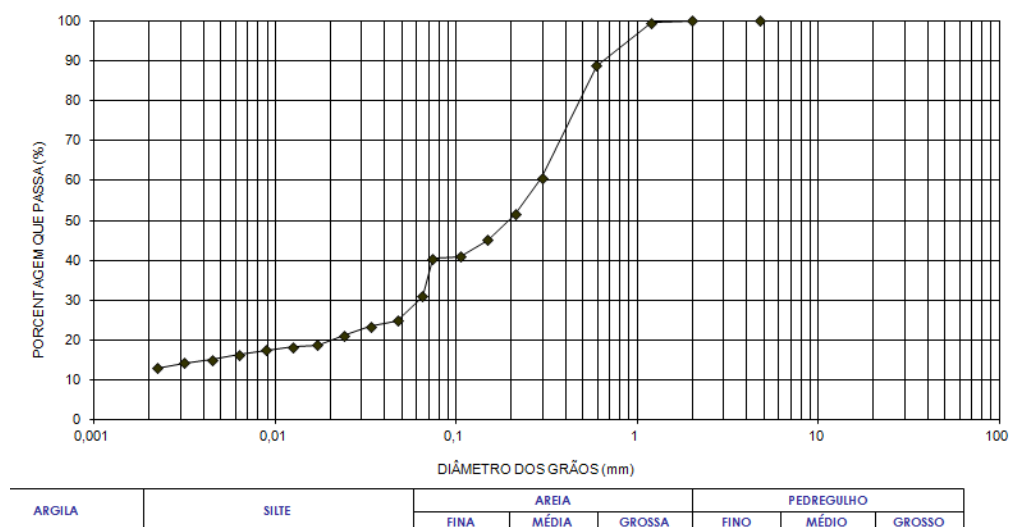


Figura 5.6 - Curva de distribuição granulométrica da amostra C2.

## 6 CONCLUSÃO

Com relação à implantação da UDC para atender à demanda do restaurante universitário do campus II, pode-se concluir que:

- A composição dos resíduos orgânicos do RU do Campus II apresenta boas características para o processo de compostagem;
- A logística atual de operação dos restaurantes universitários do campus I e campus II da USP São Carlos, a qual concentra a maior parte da produção das refeições no campus II, torna ainda mais relevante e estratégico a compostagem dos resíduos orgânicos do restaurante no campus II;
- A relação de toneladas compostadas por metro quadrado de área utilizada apresenta-se em média duas vezes maior nas outras iniciativas estudadas em relação à compostagem do restaurante universitário do Campus II;
- O projeto de Compostagem dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário do Campus II da USP São Carlos pode ser considerado um modelo institucional de Unidade Descentralizada de Compostagem;
- Observou-se que a região da sub-bacia do Córrego do Mineirinho, na qual o Campus II da USP São Carlos está inserido, possui aspectos favoráveis à implantação de uma UDC;
- O modelo de UDC analisado por este trabalho promove uma nova relação da comunidade com os resíduos sólidos ao valorizar os resíduos orgânicos, garantindo que sejam acondicionados e tratados como determina a PNRS.

Com relação à abordagem da educação ambiental no projeto de compostagem pode-se concluir que:

- A oficina de compostagem e a cartilha educativa mostraram-se muito eficientes como abordagem para tratar a questão dos resíduos sólidos com as crianças da Escola Estadual Prof. Bento da Silva Cesar;

Com relação à avaliação da qualidade do composto pode-se concluir que:

- Os valores de nitrogênio encontrados apresentaram-se bem abaixo do limite previsto na legislação, o que justifica a alta relação C/N. O cromo, o chumbo e o selênio apresentaram-se elevados em relação à norma. Como os valores de matéria orgânica apresentam-se baixos e os de metais elevados, já que, normalmente, no processo de compostagem ocorre o oposto, é necessária a repetição das análises para que os resultados sejam validados e se averigüe possíveis erros de medição/prática laboratorial.
- A concentração de metais pesados acima do permitido evidencia a importância da correta separação na origem dos resíduos orgânicos e da seleção criteriosa dos resíduos a serem incorporados no processo de compostagem.
- Sugere-se que caso a Unidade Descentralizada de Compostagem seja implantada em local com histórico de uso industrial, o solo seja analisado quanto à contaminação de metais.

As experiências das iniciativas de compostagem analisadas por este trabalho indicam que:

- Os principais aspectos para a descontinuação de UDCs são os seguintes:
  - Falta de apoio do poder público e da empresa de coleta convencional;
  - Falta de conhecimento técnico para dimensionamento, implantação e operação;
  - Falta de mão de obra remunerada e qualificada para operar a UDC;
  - Falta de aceitação e identificação do projeto pela comunidade. Desta forma a UDC não é tida como um projeto da comunidade, o que reduz a colaboração e inviabiliza a continuidade do projeto.
  - Afastamento do grupo “pioneiro”.
- Alguns importantes aspectos para a implantação de UDCs comunitárias são:
  - Aceitação da comunidade;
  - Organização social (numero de organizações, associações na comunidade);
  - Perfil socioeconômico;

- Espaços disponíveis (terrenos baldios, praças, áreas verdes, pontos de descarte irregular de resíduos sólidos, áreas públicas);
- Uso e ocupação da região;
- Instrumentos econômicos (poluidor-pagador, protetor-recebedor);
- Presença de programas de educação ambiental;
- Presença de geradores e fornecedores de matéria seca (serragem, podas) e predisposição dos mesmos em colaborar com a iniciativa de compostagem;

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica: Método de ensaio. 1984. 13 p.

\_\_\_\_ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e solos. 1995. 18 p.

\_\_\_\_ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.591** : Compostagem: Terminologia. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. 2004. 71 p.

ABREU, M. J. **Gestão comunitária de resíduos orgânicos: o caso do Projeto Revolução dos Baldinhos (PRB), Capital Social e Agricultura Urbana**. Florianópolis, 2013. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

AYRES, F; FILHO, J. **O Exercício das Liberdades: o combate à pleonexia e a educação ambiental no processo do desenvolvimento**. Revista brasileira de ciências ambientais. São Paulo, nº 7, art.5, ago 2007. Disponível em:

<[http://www.ictr.org.br/ictr/images/online/07\\_artigo\\_5\\_artigos122.pdf](http://www.ictr.org.br/ictr/images/online/07_artigo_5_artigos122.pdf)>. Acesso em 18 Novembro 2013.

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C.; TELES, C.R.; CARNEIRO, C.; FERNANDES, F. Higienização do Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos Sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. Tese (doutorado em Saúde Pública). Faculdade de Saúde Publica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

BARREIRA, L.P.; PHILIPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. **Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processo de produção**. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v. 11, n.4, p. 386-393, out./dez., 2006.

BELLO, P.P.G. **Estudo da variação da porcentagem e da estimativa de geração de gás metano para o aterro sanitário do município de Rio Claro – SP**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro. 2010.

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

Brito, M. J. C. **Processo de Compostagem de Resíduos Urbanos em Pequena Escala e Potencial de Utilização do Composto como Substrato**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Tiradentes, Aracaju, SE.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 de agosto de 2010.

\_\_\_\_\_. Lei Federal no 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Brasília, 28 abr. 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm)>. Acesso em: 19 de Novembro de 2013.

BUARQUE, S. **Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia e planejamento**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

Cempre. Cadernos de reciclagem – **Compostagem – A outra metade da reciclagem**. Gráfica Macroven. São Paulo. 1997. 31p.

D'Almeida MLO, Vilhena A (coord). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª edição. São Paulo: IPT/CEMPRE. 2000.

De Bertoldi M, Vallini G, Pera A. The biology of composting: A review. **Waste Man & Res.** 1983; p. 153-176.

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

FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial. **Aterro sanitário para disposição final de resíduos sólidos domiciliares do município de São Carlos/SP**. Estudo de Impacto Ambiental – EIA, 2009. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/meio-ambiente/155943-estudo-de-impacto-ambiental-relatorio-de-impacto-ambiental-donovo-aterro-sanitario.html>>. Acesso em: 18 de novembro de 2013.

FRÉSCA, F. R. C. (2007). **Estudo da Geração dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de São Carlos, SP, a partir da Caracterização Física**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2007.

GOOGLEARTH. Foto aérea, 2013.

INÁCIO, C. T. & MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. **Diagnóstico de educação ambiental em resíduos sólidos: relatório de pesquisa**. Brasília, IPEA, 2012. 74p.

IPT, **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

Kiehl EJ. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda; 1985.

Kiehl EJ. **Manual de compostagem – maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Editora Degaspari; 1998.

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

LELIS, M. P. N. **Influência da Umidade na Velocidade de Degradação e no Controle de**

**Impactos Ambientais da Compostagem.** Tese de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 1998.

Lima LMQ. **Tratamento de lixo.** 2ª ed. São Paulo: Hemus Editora Ltda., 1981.

Lopez-Real JM. Agroindustrial waste composting and its agricultural significance. **Proceedings of the Fertilizer Society** 1990; 293: 1-26.

MAESTRI, J. C. **Reciclagem local dos resíduos orgânicos com participação comunitária.** 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MARQUES, P. C. **Reciclagem total dos resíduos produzidos no restaurante universitário.** 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

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 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; MELO, V.P.; CINTRA, A.A.D. Uso de resíduos em hortaliças e impacto ambiental. **Horticultura Brasileira**, v.18, p. 67-82, 2000. Suplemento.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União, 28 jul. 2009. Disponível em:< <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>>. Acesso em: 01 out. 2013.

---

**Instrução Normativa SDA nº 27**, de 05 de junho de 2006. Diário Oficial da União, 09 jun. 2006. Disponível em:< [http://www.pr.senai.br/paraempresas/ensaioslaboratoriais/uploadAddress/Instrucao\\_Normativa\\_272006\\_Ministerio\\_da\\_Agricultura\\_Pecuaria\\_Abastecimento\[18547\].PDF](http://www.pr.senai.br/paraempresas/ensaioslaboratoriais/uploadAddress/Instrucao_Normativa_272006_Ministerio_da_Agricultura_Pecuaria_Abastecimento[18547].PDF)>. Acesso em: 01 out. 2013.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Resultado final da 4ª CNMA – Conferencia Nacional do Meio Ambiente**, Brasília: MMA, 2013. Disponível em:



<<http://www.conferenciameioambiente.gov.br/wp-content/uploads/2013/02/RESULTADO-FINAL-4CNMA1.pdf>>. Acesso em 19 de Novembro de 2013.

Nakasaki K, Yaguchi H, Sasaki Y, Kubota H. Effects of C/N ratio on thermophilic composting of garbage. *J of Fermen and Bioen* 73(1), pp.43-45, 1992.

Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992. **On-Farm Composting Handbook**. NRAES-54. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 152 Riley-Robb Hall, Cooperative Extension, Ithaca, NY, 14853-5701. Disponível em: <<http://compost.css.cornell.edu/OnFarmHandbook/apa.tab1.html>>. Acessado em: 10/08/2013.

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

Pereira-Neto JT. Composting Experiences and Perspectives in Brazil. In: Marco de Bertoldi, Paolo Sequi, Bert Lemmes, Tiziano Papi. **Science of Composting** Part 2. 1ª edição. England: Chapman & Hall (Edit), 1996. pp. 729-735.

Prefeitura Municipal de São Carlos - PMSC. **Lei nº. 13.691, de 25 de Novembro de 2005 - Institui o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências**. Prefeitura Municipal de São Carlos – PMSC. Plano Municipal de Saneamento de São Carlos. 2012. Coordenadoria de Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de São Carlos.

PROSAB. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. UEL - Universidade Estadual de Londrina, 91 p, 1999. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Livro%20Compostagem.pdf>>. Acesso em 20/11/2013.

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

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

RUFFINO, P. H. P.; CURVELO, A. A. S.; SANTOS, S. A. M.; XAVIER, A. S. O. ; HEIN, L. G. L. ; MASSUKADO, L. M. . **Projeto ABC da Compostagem: a educação ambiental como**

**instrumento para o gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares.** In: ISWA 2005 - Hacia un sistema integral de residuos sólidos urbanos, 2005, Buenos Aires. ISWA 2005, 2005.

SAJAPE. **Compostando no EcoPonto.** Matéria do dia 22 de Abril de 2012. Disponível no sítio: < <http://www.sajape.org.br/novidades.php?cod=49>>. Acesso no dia 18 de Novembro de 2013.

SANTOS, F. C. A.; BRANDAO M. S.; LANGHI, V. A. B.; LEME, P. C. S. **Projeto educativo para a minimização de resíduos sólidos para os restaurantes universitários dos campi de São Carlos da Universidade de São Paulo.** São Carlos: Programa USP Recicla, 2013.

SÃO PAULO. Lei n.12.300, de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.** Disponível em: <<http://www.legislação.sp.gov.br/legislação/index.htm>>. Acesso em: 08/05/2013.

SÃO CARLOS AGORA. **Notícia - veiculada no site do jornal eletrônico São Carlos Agora.** Matéria do dia 15 de Outubro de 2013. Disponível em: <<http://www.saocarlosagora.com.br/cidade/noticia/2013/10/15/47426/marquinho-divulga-resultado-de-consulta-publica-da-camara-municipal/>>. Acesso em 01 de Novembro de 2013.

SCHALCH V., LEITE, W. C. de A., JÚNIOR, J. L. F., de CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Apostila. São Carlos: USP, 2002.

Senesi N. Composted materials as organic fertilizers. **The Sci of the Total Envir.** 1989; 81/82: 521-542.

SUNDBERG, C., S. SMÄRS AND H. JONSSON. 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. **Bioresource Technology.** 95: 145 – 150.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Educação ambiental, situação espanhola e estratégia internacional.** *In:* CONGRESSO INTERNACIONAL UNESCO/PNUMA SOBRE LA EDUCACION Y LA FORMACION AMBIENTALES, Moscou: DGMA-MOPU, 1987.

Zech W, Haumaier L, Hempfling R. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. *In:* MacCarthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR, editores. **Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings.** Madison, Wisconsin (USA): American Society of Agronomy/Soil Science Society of America; 1990.p. 187-202.

WIKIMAPIA. Foto aérea, 2013.