



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ROBERTO GONÇALVES

**PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO PARA  
SUBSIDIAR PROCESSOS DE LICENCIAMENTO  
AMBIENTAL DE CENTRAIS DE TRIAGEM E  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

---

Londrina  
2007

ROBERTO GONÇALVES

**PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO PARA  
SUBSIDIAR PROCESSOS DE LICENCIAMENTO  
AMBIENTAL DE CENTRAIS DE TRIAGEM E  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Márcia Cesário  
Pereira da Silva

Londrina  
2007

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

G635p Gonçalves, Roberto.

Proposta de um instrumento de avaliação para subsidiar processos de licenciamento ambiental de centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares / Roberto Gonçalves. – Londrina, 2007. 100 f. : il.

Orientador: Sandra Márcia Cesário Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Resíduos sólidos domiciliares – Teses. 2. Compostagem – Teses. 3. Licenças ambientais – Teses. I. Solci, Maria Cristina. II. Silva, Sandra Márcia Cesário Pereira da. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento IV. Título.

CDU 628.4

ROBERTO GONÇALVES

**PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO PARA  
SUBSIDIAR PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE  
CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DOMICILIARES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Sandra Márcia Cesário Pereira  
da Silva  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento  
Teixeira  
Universidade Federal de São Carlos

---

Prof. Dr. Fernando Fernandes  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 12 de dezembro de 2007.

*A Deus e à minha esposa Çeísy, presentes em todas as horas .*

## **AGRADECIMENTOS**

A Professora Dra. SANDRA MÁRCIA CESÁRIO PEREIRA DA SILVA, minha orientadora, pela oportunidade de estudo e confiança no meu trabalho.

A minha família, pela confiança e motivação; Aos meus amigos, pela ajuda com suas vibrações;

A Professora Dra. ERCÍLIA HITOMI HIROTA pelo auxílio na identificação do problema de pesquisa e no desenvolvimento do método de pesquisa;

Ao Professor Dr. FERNANDO FERNANDES, pela colaboração em muitas etapas deste estudo.

Aos profissionais consultados, pela concessão de informações valiosas.

GONÇALVES, Roberto. **Proposta de um instrumento de avaliação para subsidiar processos de licenciamento ambiental de centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares.** 2007. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina.

## RESUMO

A falta de espaço e de verbas, para a construção de novos aterros sanitários e os seus agravantes ambientais decorrentes principalmente da geração de chorume tem contribuído para despertar o interesse do setor público na procura de alternativas economicamente sustentáveis. A tendência internacional busca o maior desvio possível de resíduos dos aterros, no intuito de prolongar a vida útil dos mesmos. Neste sentido, uma das alternativas é a central de triagem e compostagem, que promove a remoção dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos domiciliares, como também a transformação da matéria orgânica em composto. No entanto, a inexistência de critérios sistematizados que permitam a avaliação das centrais, tem ocasionado dificuldades para os processos de licenciamento ambiental. Em razão disto, o objetivo deste trabalho é propor um instrumento que subsidie a avaliação do processo de licenciamento ambiental das centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, no sistema *windrow*, desobrigadas da apresentação de EIA-RIMA O processo de pesquisa partiu de uma revisão bibliográfica para conhecimento dos conceitos essenciais ao tema, estudos exploratórios constituídos de visitas técnicas a algumas experiências municipais brasileiras e consultas às fontes científicas especializadas, à legislação pertinente e aos órgãos ambientais, visando à identificação de referenciais e parâmetros que pudessem balizar o trabalho. Foram então formatadas planilhas individualizadas para cada uma das categorias: excludentes, planejamento/localização, infra-estrutura e operação. Cada uma foi elaborada com o intuito de fornecer subsídios ao processo de licenciamento ambiental constituído pelas licenças: prévia, de instalação e de operação. Portanto, são propostos aspectos a serem avaliados com critérios específicos para a sua classificação, estabelecendo-se uma escala crescente de valores para as categorias de desejável, tolerado e indesejável; buscando relacionar o aspecto avaliado ao comprometimento ambiental. Estas planilhas foram submetidas à avaliação de profissionais experientes no tema, inicialmente para apreciação dos aspectos propostos a serem avaliados e posteriormente para estabelecer uma ponderação da importância relativa de cada aspecto. Como resultado obteve-se: uma planilha específica propondo critérios excludentes, que deveria ser utilizada como a primeira avaliação do empreendimento, antes mesmo da solicitação da LP, caso houvesse interesse do empreendedor, pois ela já o orientaria sobre a viabilidade da obtenção da licença prévia e, planilhas propondo um conjunto de aspectos sistematizados; pouco extenso e de fácil acesso, com seus respectivos fatores de ponderação relativos, assim como, valoração dos critérios a serem considerados para relacionar o aspecto avaliado ao comprometimento ambiental, em cada etapa de licenciamento: LP, LI e LO.

**Palavras chave:** Resíduos sólidos domiciliares. Triagem. Compostagem. Licenciamento Ambiental.

Gonçalves, ROBERTO. **Proposal of an evaluation instrument to assist processes of environmental licensing of centers of selection and composting of domestic solid waste.** 2007. 100f. Dissertation (Master's Degree Program on Building Engineering and sanitation) - Universidade Estadual de Londrina.

## **ABSTRACT**

Lack of space and budgets for the construction of new embankments have contributed to the awakening of the public sector interest in the search for economically sustainable alternatives. The international tendency seeks for the largest possible deviation of residues from the embankments, trying to lengthen their lifespan. This way, one of the alternatives is the center of selection and composting, which promotes the removal of the recyclable materials present in the domestic solid waste, as well as the transformation of the organic matter in compost. However, the inexistence of systematized criteria which allow the evaluation of the centers have been causing difficulties for the processes of environmental licensing. For this reason the objective of this work is to propose an instrument which assists the evaluation of the process of environmental licensing of the centers of selection and composting of domestic solid waste, in the windrow system, exempted of the presentation of the Environmental Impact Assessment EIA-RIMA. The research process started from a bibliographical revision for the knowledge of the essential concepts of the theme, exploratory studies constituted of technical visits to some Brazilian municipal experiences and consultations of specialized scientific sources, pertinent legislation and environmental organs, seeking for the identification of references and parameters to characterize the work. We then formatted individualized spreadsheets for each one of the categories: excluding, planning/location, infrastructure and operation. Each one was elaborated with the intention to supply assistance to the process of environmental licensing constituted by the licenses: opinion poll, of installation and of operation. Therefore, aspects are proposed to be appraised with specific criteria for its classification, establishing a growing scale of values for the categories of desirable, tolerated and undesirable; trying to relate the appraised aspect to the environmental compromising. These spreadsheets were submitted to the evaluation of professionals experienced in the theme, initially for appreciation of the proposed aspects to be appraised and later to establish a consideration of the relative importance of each aspect. As result we obtained: a specific spreadsheet proposing excluding criteria, which should be used as the first evaluation of the undertaking, even before the request of LP (previous license), in case there had been an interest of the entrepreneur, because it would guide him about the viability of obtaining the previous license and, spreadsheets proposing a group of systematized aspects; not very extensive and of easy access, with their respective relative consideration factors, as well as, the valuing of the criteria to be considered to relate the appraised aspect to the environmental compromising, in each licensing stage: LP(previous license), LI (installation license) and LO(operation license)

**Key words:** Domestic Solid Waste. Selection. Composting. Environmental Licensing.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Limites de metais pesados (mg/kg) para países da Europa com normas de certificação para composto.....	58
TABELA 2: Especificações dos fertilizantes orgânicos compostos.....	59
TABELA 3: Resultado de pontuações estabelecidas pelos avaliadores quanto à classificação e prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de planejamento-localização .....	81
TABELA 4: Classificação de prioridade e fatores de ponderação.....	81
TABELA 5: Proposta de fatores de ponderação relativos dos aspectos avaliados para LP.....	83
TABELA 6: Resultado de pontuação estabelecida pelos avaliadores quanto à classificação de prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de infra-estrutura .....	86
TABELA 7: Proposta de fatores de ponderação relativa de aspectos avaliados para LI.....	87
TABELA 8: Resultado de pontuação estabelecida pelos avaliadores quanto à classificação de prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de operação.....	90
TABELA 9: Proposta de fatores de ponderação relativos a aspectos avaliados para LO.....	90

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Síntese do processo de avaliação ambiental de empreendimentos.....	21
FIGURA 2 - Fluxograma típico do processo de uma CTC .....	38
FIGURA 3 - A umidade no processo de compostagem e no produto acabado.....	49
FIGURA 4 - Mudanças na temperatura até a cura total do composto .....	52

### LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Licenças expedidas pelo Poder Público.....	22
QUADRO 2 - Tipos de sistemas de processos de compostagem existentes no Brasil .....	43
QUADRO 3 - Diferenças entre composto estabilizado e composto não estabilizado .....	55
QUADRO 4 - Exemplo de planilha contendo alguns critérios excludentes .....	73
QUADRO 5 - Exemplo de planilha contendo alguns aspectos referentes ao planejamento e localização.....	73
QUADRO 6 - Exemplo de planilha contendo alguns aspectos referentes à infra - estrutura.....	73
QUADRO 7 - Exemplo de planilha contendo alguns aspectos referentes à operação das CTC.....	74
QUADRO 8 - Planilha de critérios excludentes.....	77
QUADRO 9 - Aspectos a serem considerados na LP .....	78
QUADRO 10 - Aspectos a serem considerados na LI .....	84
QUADRO 11 - Aspectos a serem considerados na LO .....	88

### LISTA DE FOTOS

FOTO 1: Pólo e braço hidráulico. CTC Monte Azul, Araçatuba - SP.....	39
FOTO 2: Triagem Manual. CTC Monte Azul, Araçatuba -SP .....	40
FOTO 3: Leiras revolvidas ( <i>windrow</i> ). CTC do município de Arapongas - PR .....	42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVO</b> .....	16
<b>3 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS</b> .....	17
<b>4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b> .....	27
<b>5 FORMAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES</b> .....	33
<b>6 CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> .....	37
6.1 COMPONENTES BÁSICOS DA CENTRAL DE TRIAGEM .....	37
6.2 COMPOSTAGEM E CURA .....	41
6.2.1 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM .....	41
6.2.2 PROCESSO DE COMPOSTAGEM .....	46
6.2.2.1 Fatores que afetam o processo de compostagem .....	47
6.3 ASPECTOS GERAIS RELACIONADOS À CONCEPÇÃO, INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM .....	60
<b>7 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	71
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	76
<b>9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	92
9.1 QUANTO AO INSTRUMENTO PROPOSTO PARA AVALIAR AS CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL .....	92
9.2 QUANTO ÀS LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	93
9.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	94
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	95

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, observa-se que o atual padrão de desenvolvimento ainda caracteriza-se pela exploração excessiva e constante dos recursos naturais, e pela geração maciça de resíduos ocasionada principalmente pelo desenvolvimento de novas técnicas e processos de produção que tornam uma variedade de produtos industrializados acessível à grande parcela da população. Além disso, alterações nos hábitos da população fizeram com que a praticidade, o conforto e a comodidade passassem a ser vistos como fundamentais para o bem estar do indivíduo, como se pode constatar pelo fato de as embalagens descartáveis terem se tornado elementos essenciais para a venda de qualquer produto. Além disso, o incentivo e a evolução dos processos de reciclagem geraram um mercado promissor, mas, por outro lado, estimularam a geração de produtos e embalagens identificadas como recicláveis, transferindo a responsabilidade do produtor para os consumidores e recicladores, que não estão sendo capazes de viabilizar o reaproveitamento do crescente volume destes materiais. Assim, um volume preocupante de resíduo acaba sendo destinado a aterros sanitários e industriais ou, freqüentemente, a lixões, demonstrando claramente que a sociedade ainda está longe de alcançar a sustentabilidade em seu desenvolvimento social e tecnológico.

A complexidade do estilo de vida das cidades, combinada a um marketing expressivo, gera nas pessoas uma necessidade de consumo intensivo. Há, constantemente, uma quantidade significativa de novos objetos e produtos lançados no mercado, como eletrodomésticos, automóveis, computadores, aparelhos celulares, por exemplo, que são constantemente acrescidos de novos acessórios ou sofisticações tecnológicas de maneira a tornarem os modelos anteriores obsoletos, trazendo, como consequência, o aumento da geração de resíduos per capita, além daquele decorrente do próprio crescimento populacional.

Portanto, constata-se, na verdade, a existência de uma crise na relação entre meio ambiente e desenvolvimento, pelo não estabelecimento de patamares sustentáveis de produção e consumo e de parâmetros acerca das necessidades básicas efetivamente indispensáveis para assegurar a qualidade de vida da população, além de uma reflexão quanto à desigualdade de acesso a condições básicas de vida.

Essa situação tem dificultado a gestão integrada de resíduos sólidos em

relação aos elevados custos que acarretam ao orçamento municipal. A concentração da população nas cidades agrava ainda mais a situação nos grandes centros urbanos, devido à elevada quantidade de resíduos gerada e à falta de áreas adequadas nas quais seja possível sua disposição. Portanto, a destinação dos resíduos sólidos tem sido uma das grandes preocupações das sociedades contemporâneas e um desafio para os gestores públicos, principalmente nos países da América Latina. Trata-se de um problema amplo e complexo, cuja resolução demanda longo prazo, especialmente para o Brasil, que ainda enfrenta sérias deficiências na área educacional e no equilíbrio social.

Segundo Milanez (2002), em geral, os profissionais da gestão de resíduos sólidos urbanos focam atenção principalmente nos efeitos da disposição final, deixando de levar em consideração que, mesmo que aterros sanitários sejam construídos conforme as normas legais, o fato de enterrar recursos naturais renováveis e, especialmente, não renováveis, trará prejuízos ambientais resultantes do uso excessivo e ineficiente das matérias-primas, provocando continuidade, ou mesmo aumento, da exploração dos recursos e ampliando a degradação ambiental. Logo, é preciso aumentar a vida útil dos recursos naturais já extraídos e, neste sentido, destaca-se, além dos programas de minimização, a reciclagem.

A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos deve ser assentada sobre condições ambientais adequadas, considerando-se todos os setores e aspectos envolvidos, desde a fonte geradora até a disposição final segura, estabelecendo um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor os resíduos sólidos, contemplando as atividades de reutilização, reciclagem e tratamento com recuperação energética ou de biomassa, visando à minimização dos custos operacionais e dos impactos ambientais e à saúde.

A experiência de alguns países, no equacionamento deste problema, mostra que a redução na fonte, a reutilização e a reciclagem dos materiais são alternativas para se maximizar a vida útil de aterros sanitários, além de reduzir a extração de recursos naturais para sua transformação em novos produtos. Entretanto, deve-se levar em consideração que a coleta seletiva envolve aspectos de ordem disciplinar e cultural, sendo que sua aplicação efetiva depende de um nível de conscientização da população, razão pela qual não se pode esperar mudanças substanciais a curto

prazo.

Segundo Fehr; Castro; Calçado (2001), as tecnologias de tratamento adotadas na Alemanha, no Canadá, na Espanha e na Suécia deixam transparecer uma preocupação crescente com a redução de aterros, pois todas as tecnologias adotadas – sejam elas incineração, compostagem, coleta seletiva, digestão anaeróbia ou separação pós-coleta – visam desviar os resíduos dos aterros. A tendência internacional hoje considerada moderna busca o maior desvio possível de resíduos dos aterros, no intuito de prolongar a vida útil dos mesmos; além disso, as faltas de espaço e de verbas para a construção de novos aterros têm contribuído para despertar o interesse do setor público na busca de alternativas economicamente sustentáveis. Seguindo esse raciocínio, o primeiro objetivo de um modelo gerencial seria captar separadamente e reaproveitar o material orgânico.

No entanto, na prática, nem todos separam adequadamente os resíduos gerados, e é neste contexto que surgem as centrais de triagem e compostagem, visando maximizar a vida útil dos aterros sanitários, haja vista a remoção dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos domiciliares, como também a transformação da matéria orgânica em composto, através de um balanço de massa ao longo de todo o processo.

O inciso II do artigo 7º da Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, evidencia claramente que o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto também pela triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do artigo 3º desta Lei, a saber: “limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.”

No entanto, a implantação deste tipo de empreendimento deve ser submetida a processo de licenciamento, conforme Lei Federal 6938/81.

A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal nº 6938/81 e regulamentada pelo Decreto Federal 99274/90, que teve como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, prevê, no Art. 9º, o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras como

um dos instrumentos de sua implementação.

No uso das atribuições e competências conferidas pela Lei e Decreto acima, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – editou, em 19 de dezembro de 1.997, a Resolução nº 237, que, em função da diversidade de empreendimentos com características peculiares, se restringiu à definição de termos, estabelecimento de competências de órgãos envolvidos no processo e a definição das etapas do processo de licenciamento, apresentando, ainda, em anexo o tipo de empreendimentos ou atividades sujeitos ao licenciamento ambiental (BRASIL, 1997).

Evidencia-se, no entanto, a inexistência de critérios sistematizados que permitam a avaliação das centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, criando dificuldades para os processos de licenciamento ambiental, pois os órgãos ambientais não têm instrumentos norteadores para tal procedimento.

Além do mais, deve-se considerar que os profissionais que executam essa atividade possuem formações variadas, o que pode acarretar, na avaliação, a sobreposição ou ênfase em alguns requisitos, assim como a falta de outros, de acordo com a sua especialidade.

O número de licenças ambientais emitidas é crescente, no entanto, avalia-se a qualidade ambiental, na maior parte dos casos, exclusivamente pelas emissões das fontes poluidoras, com pouca ênfase ao planejamento e à verificação da qualidade ambiental dos ambientes.

Na falta de instrumentos de avaliação das centrais, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desenvolveu um roteiro de avaliação, porém sem ênfase ao licenciamento ambiental, denominado de Índice de Qualidade da Unidade de Compostagem – IQC (CETESB, 2006). Embora importante este instrumento vem se mostrando frágil, apesar de utilizar quarenta parâmetros de verificação, pontuados de acordo com uma escala de valores e envolvendo as características do local do empreendimento, a infraestrutura implantada e as condições operacionais, haja vista sua aplicação por diferentes profissionais e o próprio rigor técnico de quem executa a tarefa, resultando, muitas vezes, em distorções no resultado final do IQC (PRADO FILHO; SOBREIRA, 2007).

São poucas as centrais de triagem e compostagem implantadas e em funcionamento no Brasil, pois sofreram um enorme desgaste o que, nem sempre condiz com a realidade, levando à paralisação, quando não, à desativação de

grande parte delas. Lelis (2000) aponta como principal motivo desses acontecimentos à falta de conhecimento e domínio sobre a tecnologia envolvida no processo.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2007), mesmo quando implantada a coleta seletiva dos resíduos sólidos domésticos, a recuperação dos resíduos recicláveis, dependendo dos aspectos organizacionais, varia de 1,26 a 18,25 kg/hab./ano. Portanto, para que se obtenha um composto de boa qualidade, poderá haver necessidade da implantação de central de triagem, dependendo da eficiência da coleta seletiva e do porte do município. Além disso, ainda há várias centrais em operação em que a separação é realizada somente pós-coleta, que demandarão processos de licenciamento ambiental.

Logo, a pesquisa busca preencher esta lacuna de conhecimento propondo uma ferramenta que norteie os profissionais responsáveis pela gestão das condicionantes ambientais ao longo das etapas de licenciamento de centrais de triagem e compostagem, tanto para novos empreendimentos quanto para os que já estão em operação.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor a definição de critérios que traga subsídios aos profissionais responsáveis pela gestão dos recursos ambientais quando da análise de etapas para concessão de licenciamento ambiental de centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, no sistema *windrow*, desobrigadas, pelo órgão ambiental, da apresentação de Estudo de Impacto Ambiental-Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA). Tal trabalho encontra relevância em face da clareza que tal ferramenta pode oferecer nas análises tanto para a implantação de novos empreendimentos quanto para verificação dos que já estão em operação.

### 3 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS

O licenciamento ambiental, que tem como finalidade evitar a degradação do meio ambiente, é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente instituída pela Lei Federal 6938/81 cujo objetivo é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental (artigo 9º, inciso IV).

No âmbito Internacional, a Declaração da Conferência de Estocolmo (1972) foi o marco histórico para despertar a consciência ecológica do mundo, em especial quando à necessidade da sustentabilidade. Com esta mesma preocupação, foi criada pela ONU, em 1983, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento denominada Comissão Brundtland. Seus trabalhos foram concluídos em 1987, com o relatório denominado Nosso Futuro Comum, que teve como princípio o desenvolvimento sustentável que, em essência, constitui-se em um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas.

O desenvolvimento do ambientalismo brasileiro ocorreu a partir da década de 1970, com propostas públicas, por meio de agências estatais, da sociedade civil e de associações ambientais preocupadas com a deterioração ambiental. Nessa época, foi criado no Brasil o II Plano Nacional de Desenvolvimento que traçou as diretrizes e prioridades sobre a preservação do meio ambiente, resultando na expedição de três diplomas legais importantes para a sua tutela jurídica: o Decreto-lei nº 1.413 de 14/08/1975, dispendo sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividade industrial; o Decreto Federal nº 76.389 de 03/10/1975, que trata de medidas de prevenção e controle da poluição industrial, referido no decreto-lei anterior; e a Portaria do Ministério do Interior nº 13, de 15/01/1976, fixando os parâmetros para a classificação das águas interiores nacionais, de acordo com as alternativas de consumo e dispendo sobre o controle da poluição (SILVA, 2002).

Até o início da década de 1980, a legislação não contemplava a questão ambiental de forma abrangente e sim com leis esparsas e vagas, estabelecidas em âmbitos jurídico-administrativos, dirigidas a atividades específicas, tais como a efetivação de políticas econômicas e a proteção de interesses particulares que não possuíam um caráter ambiental.

Portanto, o início da tutela jurídica ambiental no Brasil deu-se com a Lei 6.938/81, que fixou uma série de instrumentos para efetivar os objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, dentre eles o licenciamento ambiental. Considerando a necessidade de revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental e visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua, foi criada a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – nº 237, de 19/12/1997, que regulamenta aspectos do licenciamento ambiental.

As intervenções sobre o meio ambiente estão submetidas ao controle do Poder Público, mediante a aplicação do poder de polícia. O mais importante dentre todos os mecanismos que estão à disposição da Administração para a aplicação do poder de polícia ambiental é o licenciamento ambiental. Através dele, a Administração Pública estabelece condições e limites para o exercício das atividades que utilizam os recursos ambientais.

No entanto, nas discussões a respeito da garantia constitucional do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme art. 225 da Constituição Federal de 1988, nem sempre se atenta para um aspecto imprescindível que é à busca do equilíbrio ambiental, essencial à sadia qualidade de vida, e a sua preservação para as presentes e futuras gerações (RASLAN, 2004).

O licenciamento de atividades potencialmente poluidoras é medida tipicamente administrativa e, essencialmente, sujeita às regras gerais do Direito Administrativo e, evidentemente, às normas especiais de Direito Ambiental que tem como uma das principais atribuições à fixação de parâmetros normativos capazes de assegurar um mínimo de salubridade ambiental. A polícia do meio ambiente, no intuito de assegurar a obediência às normas ambientais, pode agir preventivamente ou repressivamente, mediante a utilização de medidas de polícia ambiental que se referem à atuação dos órgãos ambientais e à função de fiscalização e controle por eles exercidos.

O processo de avaliação de qualquer empreendimento inicia-se com a definição da necessidade ou não da elaboração do EIA – RIMA pelo órgão ambiental componente do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) – (que poderá ser de nível federal, estadual ou municipal, dependendo da abrangência do projeto), sendo esses estudos utilizados como condicionantes ao licenciamento ambiental do

empreendimento. Como resposta, em caso positivo, o empreendedor deverá responsabilizar-se pela contratação do Estudo de Impacto Ambiental e por todos os custos decorrentes do licenciamento ambiental.

O estudo de impacto ambiental tem por objetivo a identificação e a avaliação das conseqüências de uma atividade humana (plano, política, projeto, construção, etc.) sobre os meios físico, biótico e antrópico, no sentido de propor medidas mitigadoras para os impactos negativos, promovendo o aumento de seus benefícios. Visa, portanto, avaliar as prováveis mudanças nas diversas características sócio-econômicas e biofísicas do ambiente, as quais podem resultar de uma determinada ação, pois, no passado, considerava-se que os recursos naturais podiam ser utilizados e alterados de forma ilimitada. No entanto, a conseqüente degradação dos recursos naturais, com reflexos negativos sobre a própria qualidade de vida do homem, serviu para mostrar que as leis da Natureza devem ser respeitadas na ocupação de uma área. Portanto, o licenciamento ambiental, associado à concessão dos alvarás de localização ou de funcionamento de atividades urbanas, comerciais, industriais ou de serviços, é ferramenta para prevenir o agravamento ou a eclosão de problemas ambientais. Deve-se ressaltar que o licenciamento é parte integrante do processo de controle ambiental, que não se esgota com a concessão da licença de operação do empreendimento, mas se estende ao monitoramento e acompanhamento de seu funcionamento.

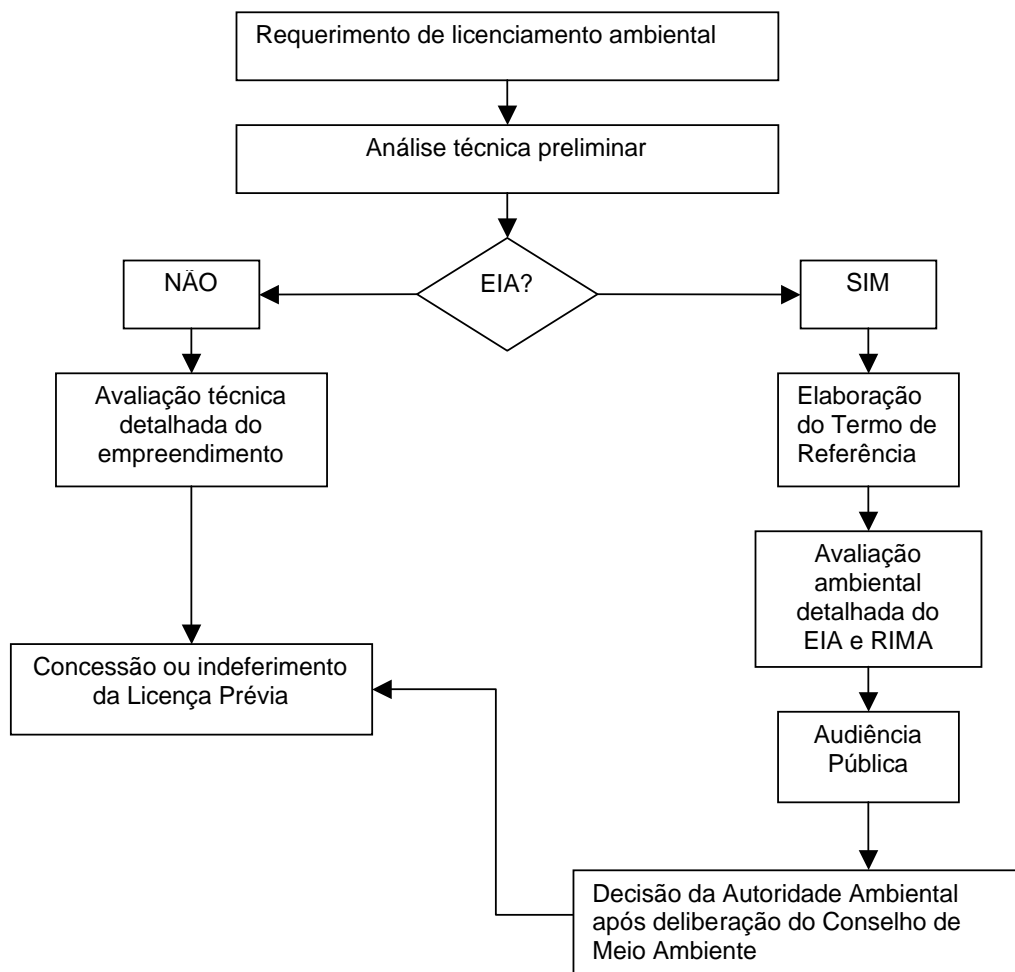
O licenciamento por parte dos estados exige declaração dos municípios de que o empreendimento é compatível com a legislação municipal. Esse cuidado é importante para evitar que se prossiga na análise para concessão de licença sem que haja a anuência do poder municipal, responsável pelo uso e ocupação do solo em seu território. Como condicionantes da licença ambiental, pode haver medidas mitigadoras de impactos e compensatórias que incluem o monitoramento ambiental, a educação, a pesquisa e a criação de unidades de conservação. Assim, a obtenção da licença ambiental é o momento no qual o empreendedor assume compromissos e responsabilidades para com a qualidade ambiental no local em que se implanta.

A figura 1 apresenta uma síntese do processo de avaliação ambiental de empreendimentos, pelo órgão ambiental.

Como já abordado, a Resolução Conama nº 237/97, que regulamenta aspectos do licenciamento ambiental, visa integrar a ação dos órgãos federais, estaduais e municipais, componentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente. Ainda que

sujeita a questionamentos jurídicos quanto à sua constitucionalidade, essa resolução é fruto de estudos, revisões e negociações entre os interessados, visando à obtenção de consenso, e representa uma atualização na aplicação desse instrumento no Brasil. Ela facilita a atuação dos órgãos ambientais estaduais, e ajuda a organizar a participação dos municípios no Sisnama, define o que é licenciamento, licença e impactos ambientais e relaciona as atividades sujeitas ao licenciamento, além de especificar as competências do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e dos órgãos estaduais e municipais.

Define o que são as três licenças: prévia - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento, de instalação e de operação. Relaciona didaticamente as etapas do licenciamento ambiental e prevê o ressarcimento, pelo empreendedor, dos custos de análises pelos órgãos ambientais; fixa prazos máximos de análise, de apresentação de informações complementares pelos empreendedores e prazos de validade para as licenças. Estimula a criação de conselhos de meio ambiente, deliberativos e com participação social.



**Figura 1** – Síntese do processo de avaliação ambiental de empreendimentos.

O quadro 1, mostra o que são as três licenças: a) prévia – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento, b) licença de instalação; e c) licença de operação.

Tipo de Licença	Características
Licença prévia (LP)	Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.
Licença de Instalação (L.I.)	Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, dos quais constitui motivo determinante.
Licença de Operação (L.O.)	Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação.

Fonte: Resolução Conama nº 237/1997

**Quadro 1:** Licenças expedidas pelo Poder Público

Pode-se constatar que a norma faculta aos empreendedores realizar diretamente os estudos de impacto ambiental necessários ao licenciamento, o que modifica o mercado de consultorias ambientais e valoriza as empresas que adotam sistemas de gestão ambiental próprios, internalizando esses procedimentos em seus processos de produção. A norma abre espaço para os municípios, valoriza o licenciamento como instrumento importante, devido ao fato de que muitos organismos financiadores exigem a licença ambiental para liberar financiamentos para empreendimentos ou obras.

A exigência, por parte de bancos de financiamento ao desenvolvimento, de que se esteja em dia com as obrigações ambientais induz os empreendedores a se adequarem às normas e padrões. Tais exigências por parte de órgãos financiadores devem ser feitas considerando as peculiaridades da legislação local onde se vai implantar o empreendimento, sob pena de se tornarem, inadvertidamente, instrumentos discriminatórios. Flexibilidade e capacidade de compreensão das legislações locais e estaduais, por parte dos bancos de financiamento, evitam que se tornem fatores de prejuízo ao desenvolvimento econômico. O aprimoramento da gestão ambiental e a melhoria dos resultados alcançados exigem espírito de aprendizagem e de desapego a rotinas burocráticas, pois é necessário o entendimento de suas finalidades.

O licenciamento ambiental se faz de acordo com os padrões de emissão de poluentes por fonte e não de acordo com os padrões de qualidade do ar ou da água numa bacia atmosférica ou hidrográfica, sendo desejável que evoluísse nessa direção. O licenciamento ambiental por fontes potenciais de degradação ou poluição, caso a caso, é instrumento necessário, porém limitado, para lidar com os problemas que ocorrem em regiões densamente ocupadas, nas quais seja intensa a disputa pelos recursos naturais. Nesses casos, o licenciamento por localização, embasado por zoneamento ecológico-econômico e o gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas constituem instrumentos regulatórios estratégicos com economia de escala em relação ao licenciamento de cada empreendimento. Municípios que produziram planos diretores e que pré-selecionaram as alternativas de localização de atividades economizam para os empreendedores a necessidade de pagarem por diagnósticos onerosos e também abreviam a fase de licença prévia, que aprova a localização adequada do empreendimento.

O licenciamento corretivo se aplica às atividades que já se encontravam instaladas anteriormente e que precisam adequar-se a normas e padrões ambientais. As origens das informações necessárias para obtenção das licenças são os relatórios e planos de controle ambiental submetidos pelos empreendedores e analisados pelos técnicos do órgão ambiental. Atividades que provocam impactos estritamente locais podem ser licenciadas pelos municípios, com ganho de tempo para o empreendedor, agilidade e desburocratização. O órgão ambiental deve capacitar e orientar os municípios para que assumam o licenciamento em seu âmbito de competência.

O órgão ambiental age baseado em informações que lhe são fornecidas pelos empreendedores. Em alguns Estados, a legislação ambiental prevê prazos máximos de análise, dispositivo que trabalha em favor do empreendedor, porque evita processos infundáveis de licenciamento, que gerariam pressão por respostas rápidas dos órgãos que realizam análises técnicas, e agiliza o ritmo de trabalho.

A atividade constituída pela central de triagem e compostagem, também está sujeita ao licenciamento ambiental e, portanto, deverá ser avaliada pelo órgão ambiental, para obtenção de LP, LI e LO. Cabe ressaltar que os órgãos ambientais estaduais, no âmbito de suas competências, podem determinar a realização de EIA's – Estudos de Impactos Ambientais – para este tipo de empreendimento.

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, através da

Resolução SMA 51, de 25 de junho de 1997, dispensa de Licença Prévia instruída de Relatório Ambiental Preliminar (RAP) – os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios, em quantidades iguais ou inferiores a 10 toneladas por dia, desde que não estejam localizados em áreas de interesse ambiental. A dispensa da apresentação do RAP e da obtenção de Licença Prévia não isenta a Municipalidade do cumprimento das demais etapas e exigências legais do processo de licenciamento junto à CETESB.

Para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem que operem com uma quantidade entre 10 toneladas/dia e 25 toneladas/dia de resíduos sólidos domésticos, o município deve solicitar o licenciamento junto à CETESB. O processo, instruído com Memorial de Caracterização do Empreendimento (MCE), deverá ser enviado à Secretaria do Meio Ambiente para manifestação do Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (DAIA) quanto à necessidade ou não de elaboração do respectivo RAP.

Os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem que operem com quantidades superiores a 25 toneladas por dia de resíduos sólidos domésticos, assim como para os demais sistemas de tratamento e disposição de resíduos sólidos domésticos, industriais e de resíduos de serviços de saúde, deverão solicitar a Licença Prévia, instruída de RAP, com requerimento apresentado à CETESB.

No Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) – estabelece, na Norma Técnica FEPAM N<sup>o</sup>. 003/95, a obrigatoriedade da apresentação de EIA/RIMA para usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos para municípios com população atendida superior a 150.000 (cento e cinquenta mil) habitantes e para usinas de triagem para municípios com população atendida superior a 100.000 (cem mil) habitantes (RIO GRANDE DO SUL, 1995).

A exigência de EIA/RIMA fica a cargo da FEPAM no caso de: usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, para municípios com população atendida inferior a 50.000 habitantes, cujo local de disposição final esteja situado em áreas com restrições ambientais; para municípios com população atendida situada entre 50.000 e 150.000; usinas de triagem, para municípios com população atendida inferior a 25.000, cujo local de disposição final esteja situado nas áreas com restrições; usinas de triagem, para municípios com população

atendida situada entre 25.000 e 100.000; ampliações de usinas de triagem, independente da população atendida e do local onde esteja situado; ampliações de usinas de triagem e compostagem, independente da população atendida e do local onde esteja situado; usinas de triagem e usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, implantados antes de 17 de fevereiro de 1986, data da publicação da Resolução CONAMA nº. 001/86, cujo local de disposição final esteja situado nas áreas com restrições ambientais.

Ainda de acordo com a Norma Técnica, ficam dispensadas do EIA/RIMA: usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, para municípios com população atendida inferior a 50.000, não localizados em área com restrições ambientais; usinas de triagem de resíduos sólidos urbanos, para municípios com população atendida inferior a 25.000, não localizados em área com restrições ambientais; usinas de triagem e usinas de triagem e compostagem implantadas antes de 17 de fevereiro de 1986, data da publicação da Resolução CONAMA nº. 001/86, não localizadas em área com restrições ambientais.

No Estado do Paraná, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), exige Estudo de Impacto Ambiental para usinas de reciclagem e/ou compostagem em quantidades superiores diárias de 80 toneladas, conforme Artigo 127 da Resolução Sema nº 031, de 24 de agosto de 1998.

No entanto, no Brasil, além de serem muito escassas as informações sobre as condições atuais da disposição e/ou tratamento de resíduos, não há instrumentos estruturados destinados à avaliação de centrais de triagem e compostagem para efeito de licenciamento ambiental, quando o porte do empreendimento não é objeto da exigência de EIA ou RAP pelo Órgão ambiental estadual.

A CETESB (2006) elaborou um instrumento que determina o Índice de Qualidade da unidade de Compostagem (IQC) que, no entanto, não é voltado para o licenciamento ambiental e sim para avaliação das unidades instaladas. Tal instrumento, na forma de um *checklist*, aborda 40 parâmetros de verificação, pontuados de acordo com uma escala de valores, envolvendo as características do local do empreendimento, a infra-estrutura implantada e as condições operacionais da unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares. De acordo com a pontuação obtida pela verificação “in loco”, as unidades avaliadas podem ser categorizadas em inadequadas, controladas e adequadas.

Segundo Prado Filho; Sobreira (2007), pelo fato de cada um dos itens dos

referidos índices serem pontuados qualitativamente e por representarem características e situações observadas no momento da avaliação da unidade de saneamento, considera-se que o uso de tais ferramentas pode trazer distorções na pontuação final de cada unidade avaliada. Esta afirmação se baseia no modo de aplicação do instrumento por diferentes profissionais e o próprio rigor técnico de quem executa a tarefa. Tais situações podem resultar em distorção no resultado final do IQC.

Adicionalmente, outro aspecto que mostra fragilidade no instrumento é que o mesmo se vale da avaliação expedita e momentânea no empreendimento, já que não se apóia em ensaios de campo, laboratoriais ou outros tipos de estudos, representando apenas as condições no momento da inspeção. No entanto, entende-se que o método utilizado permite uma uniformização de procedimentos e serve para avaliar qualitativamente a evolução do desempenho técnico-operacional e ambiental das centrais de triagem e compostagem.

Assim, mesmo apresentando tais deficiências, considera-se importante o uso dessa ferramenta de análise, por ser uma metodologia de fácil aplicação e de baixo custo.

#### 4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Através da revisão de literatura, observou-se que ainda não há consenso com relação ao uso dos termos gestão, gerenciamento e manejo de resíduos, visto que alguns autores utilizam o termo gerenciamento ou manejo como sinônimos de gestão, sendo que outros atribuem significados distintos aos termos. No presente trabalho não será feita distinção entre os termos, porém será utilizado preferencialmente o termo gerenciamento, quando for análise do autor desta dissertação e mantido o termo original quando for citada a referência.

É importante, também, antes da abordagem dos aspectos relacionados ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares, que sejam tecidas algumas considerações sobre os termos *resíduos sólidos* e *resíduos sólidos domiciliares* que serão mencionados ao longo do texto.

Segundo a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnica – ABNT (2004), *resíduos sólidos* são resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Já o termo *resíduo sólido domiciliar* (RDO), neste trabalho – é utilizado para se referir aos resíduos gerados nos domicílios. Inclui-se, também, nesta categoria, aqueles produzidos em estabelecimentos comerciais e de serviços e industriais cujo volume e também as características sejam compatíveis ao estabelecido pela legislação municipal no que se refere à produção máxima diária para coleta pelo serviço de limpeza urbana municipal (CETESB, 1997). Quando for análise do autor desta dissertação será utilizado o termo resíduo sólido domiciliar e mantido o termo original quando for citada a referência.

Segundo Andrade (1997), apud Lopes, (2003), o conceito “gerenciamento” surgiu na Escola de Administração associado às noções de planejamento e controle. Na área dos resíduos sólidos, este conceito adequou-se às medidas de prevenção e correção dos problemas, vislumbrando a preservação dos recursos naturais, a

economia de insumos e energia e a minimização da poluição ambiental. Dentro do gerenciamento, destacam-se ainda as questões de responsabilidade e o envolvimento dos setores da sociedade em relação à geração de resíduos.

De acordo com Schall (1992), apud Milanez, (2002), o conceito de gestão integrada dos resíduos sólidos originou-se de uma das possíveis traduções do termo *solid waste management*, que denota um conjunto de procedimentos para manejo do fluxo de resíduos sólidos municipais que buscam causar o menor impacto possível sobre a saúde humana e ambiental. Como estratégias para o *solid waste management*, são citadas a redução na fonte (incluindo reuso), reciclagem de materiais (incluindo compostagem), combustão (com recuperação de energia) e disposição final. O autor ainda comenta que a visão moderna da gestão dos resíduos sólidos urbanos consiste no abandono do paradigma da disposição de resíduos, no qual os mesmos são vistos como uma massa uniforme, que deve ser coletada, compactada e enterrada ou queimada, e na adoção de uma visão de que os resíduos sólidos são compostos a partir de diferentes materiais que, dependendo de suas características físicas, químicas e biológicas e de seu valor econômico, devem ser manejados mediante diferentes processos.

Lopes (2003) entende como gestão de resíduos sólidos todas as normas e leis relacionadas a estes e, como gerenciamento integrado de resíduos sólidos, todas as operações que envolvem os resíduos, como coleta, transporte, tratamento e disposição final, entre outras.

É relevante ressaltar que a geração de resíduos sólidos cresce, mantendo uma correlação com o aumento da população, porém há uma desproporcionalidade quanto à disponibilidade de soluções para o seu gerenciamento, resultando em sérias defasagens na prestação de serviços, tais como a diminuição gradativa da qualidade do atendimento, a redução do percentual da malha urbana atendida pelo serviço de coleta e o seu abandono em locais inadequados. Equacionar o desequilíbrio entre o incremento de resíduos e as escassas possibilidades de dispô-los corretamente, sem agredir a saúde humana e sem causar riscos ao meio ambiente, é o grande desafio que se impõe (DIAS, 2000, apud JUNKES, 2002).

Brollo (2001) destaca que o poder público em geral vem adotando soluções imediatistas para o tratamento e a destinação dos resíduos sólidos, quase sempre fundamentadas no simples descarte, predominando os depósitos a céu aberto que contribuem para a degradação do meio ambiente e cujos efeitos são muitas vezes

irreversíveis do ponto de vista sanitário e ambiental, além de representarem um grande desperdício de materiais e de energia. Com a expansão das cidades, os terrenos disponíveis para destinação dos resíduos sólidos estão cada vez mais escassos e distantes, o que implica aumento do custo e torna imprescindível a busca de novas alternativas e soluções, estimulando o interesse na incineração, compostagem e reciclagem.

Junkes (2002, p.29) observa que a adoção de:

[...] soluções isoladas e estanques que não contemplam a questão dos resíduos desde o momento de sua geração até a destinação final, passando pelo seu tratamento, mesmo sendo boas a princípio, não conseguem resolver o problema como um todo.

Na atualidade, o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares apresenta-se, em cada cidade brasileira, de forma diversa. O enfoque dado ao problema é, em sua maioria, sob o ponto de vista exclusivo da coleta e do transporte dos resíduos sólidos, alocando-os em áreas afastadas dos centros urbanos, longe da visão de seus geradores (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM, 2001). Na verdade, a logística da coleta e transporte consagra-se, até os dias atuais, como diretriz predominante, principalmente nos países da América Latina, porque os elevados custos das etapas de tratamento e disposição final, o desconhecimento da sociedade e dos sistemas econômico-produtivos acerca dos impactos sociais, econômicos, ambientais e os efeitos à saúde que os resíduos inadequadamente dispostos acarretam têm dificultado maiores avanços nas soluções do problema. No entanto, este modelo não mais atende às diretrizes internacionais referentes à questão do gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares e, menos ainda, às metas do milênio.

Hoje, no Brasil, evidenciam-se alguns pontos críticos em termos de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares, dos quais se destacam: as frágeis estruturas institucionais; ações desordenadas; duplicação de tarefas administrativas; falta de articulação e incompatibilidade de instrumentos legais; parcial implementação de planos, programas e projetos de longo prazo, devido à falta de sustentabilidade econômica e financeira; falta de transparência nos processos de privatização; falta de mecanismos de controle social e supervisão na execução dos contratos, além da ausência de sistemas de financiamento para apoiar o setor.

A busca de soluções para a questão deveria ter como foco a gestão

integrada estabelecida com base em diagnósticos participativos, planejamento estratégico, integração de políticas setoriais, parcerias entre os setores público e privado, mecanismos de implementação compartilhada das ações, instrumentos de avaliação e monitoramento e não somente a escolha de tecnologias apropriadas. Portanto, há urgência em levantamento de informações, elaboração de diagnósticos e análises para o dimensionamento das demandas do setor e definição de prioridades, estratégias, políticas e de financiamento de programas voltados para as realidades regionais e locais. A pesquisa realizada pelo SNIS (2007) confirmou a precariedade, ausência ou escassez de informações confiáveis sobre a gestão de resíduos sólidos domiciliares, o que prejudica a definição de políticas públicas nacionais e de planejamento adequados à quantificação de recursos necessários ao setor, assim como dificulta a participação e o controle social e também o estabelecimento de parcerias com o setor privado e com instituições de cooperação internacional. O conjunto dos dados disponíveis sobre esse setor, além de restrito, apresenta como características predominantes: a indefinição no que diz respeito à competência institucional pela gestão das informações existentes; a escassez e a falta de sistematização de dados; a pouca confiabilidade das bases de dados utilizadas e a desarticulação entre as bases existentes.

O gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares deveria contemplar as atividades de reutilização, reciclagem e tratamento com recuperação energética ou de biomassa, visando reduzir ao máximo a quantidade de resíduos a ser disposta no solo, minimizando os custos operacionais e os impactos ambientais e à saúde. Portanto, deveria ser sugerido o incentivo à criação de associações para a coleta seletiva e triagem de resíduos, assim como incentivar a implantação de empresas recicladoras e o consumo de materiais reciclados, bem como criar centros de triagem de materiais recicláveis para promover sua valorização e otimizar a reciclagem. É importante produzir prognósticos confiáveis de desenvolvimento do mercado, com projeções de oferta e demanda dos produtos reciclados para definição de estratégias de reciclagem que deverão ser adaptadas às necessidades, recursos e condições locais. Também é fundamental que se institua mecanismos que viabilizem a estruturação de pólos de reciclagem, visando à convergência entre as ações de triagem e armazenamento de materiais recicláveis e sua absorção pela cadeia produtiva da reciclagem, mediante ações dos governos local, estadual e federal em sintonia com o setor privado.

É importante estabelecer um marco legal e regulatório para o manejo de resíduos sólidos que regule a competência e a atuação de cada setor envolvido na gestão integrada, os mecanismos de fiscalização e controle das instituições públicas responsáveis e os incentivos para a gestão sustentável. A legislação existente para o setor encontra-se dispersa em vários dispositivos, o que dificulta sua efetividade por falta de complementaridade entre as distintas disposições jurídicas e, muitas vezes, pelas lacunas ou superposição de competências ou contradições entre as mesmas. A carência de regulamentos específicos, normas de referência e padrões de ecoeficiência, ligados a instrumentos econômicos voltados para a gestão de resíduos sólidos, é o principal vazio que impede a aplicação correta das leis ambientais e de gerenciamento de resíduos. Logo, é importante estabelecer normas e instrumentos que definam responsabilidades pós-consumo, de maneira a induzir os distintos atores envolvidos à adoção dos 3R – redução, reutilização e reciclagem –, assim como estabelecer responsabilidades e competências de cada ator envolvido. Deve-se também promover: a implementação de mecanismos de fiscalização dos serviços, de auditorias ambientais, além de promover a aplicação de mecanismos de transparência das informações.

A sustentabilidade econômica dos sistemas de gerenciamento deveria ser garantida por mecanismos de tributação, financiamento e de valorização dos resíduos, mediante a recuperação de materiais orgânicos e inorgânicos e de subprodutos do tratamento e da disposição final destes. Além disso, deveria ser reconhecido o valor social, econômico e ambiental dos catadores como agentes integrantes de sistemas públicos de reaproveitamento de resíduos sólidos.

Schenini (2001) apud Veiga (2004) cita como propostas de gerenciamento de resíduos:

a) Alternativas Tecnológicas: modificação ou abandono de certos processos de fabricação ou modos de consumo geradores de resíduos, implicando redução do fluxo de geração de resíduos (redução da fonte);

b) Valorização dos Materiais: buscar um valor econômico positivo para o resíduo ou uma fração deste, valorizando materiais produzidos em diferentes etapas da cadeia de produção e para diferentes níveis de consumo;

c) Eliminação eco-compatível: os resíduos não valorizados devem se integrar de maneira eco-compatível (as moléculas rejeitadas devem estar em uma concentração e sob uma forma química capaz de ser integradas nos ciclos naturais).

Dentre as soluções para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares que estão sendo estudadas pode-se citar: diminuição da geração; coleta seletiva; reuso; reciclagem; incineração; pirólise; hidrólise térmica; combustão em leito catalítico; combustão em leito fluidificado; compostagem; vermicompostagem; lixiviação microbiana e físico-química; encapsulamento; secagem/desidratação; alimentação de animais (após cocção); digestão anaeróbia; disposição em aterro. Algumas delas, entretanto, apresentam custos muito elevados ou ainda requerem mais estudos antes de poderem ser aplicadas à realidade nacional.

Deve-se ter em mente que a adoção de coleta seletiva, reuso e reciclagem não elimina a necessidade de tratamento e disposição do resíduo que não seja passível de reuso e reciclagem, como é o caso da matéria orgânica, que em geral representa a maior parcela do resíduo domiciliar. Uma das alternativas que já é utilizada em escala real no país para o tratamento da fração orgânica dos RDO é a compostagem, haja vista que o uso do composto na agricultura, como condicionador do solo, traduz a sustentabilidade do sistema, pois retorna ao solo os nutrientes retirados nas colheitas, utilizados pelo homem como alimento e que, sem o processo, simplesmente são considerados resíduos ou restos inaproveitáveis, tornando-se eventuais poluentes e contaminantes do meio.

## **5 FORMAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

Segundo os dados sobre alternativas de disposição final de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros, apresentados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), 21,26% dos municípios dispõem seus resíduos sólidos em lixões ou áreas alagadas; 37,03% em aterros controlados; 36,18% em aterros sanitários; 4,3% em unidades de compostagem, triagem e incineração e 1,23% desses não informaram o destino.

Campos (1992) recomenda que, para o desenvolvimento de estudos sobre a melhor forma de tratamento e disposição final dos resíduos, deve-se procurar realizar as atividades de acordo com vários fatores, como: conhecimento do problema (visitas técnicas de inspeção nos locais de disposição final); levantamento de dados dos municípios (lei de uso e ocupação do solo, população urbana, comércio de recicláveis e utilização do composto na região, orçamento municipal, áreas disponíveis para tratamento e disposição dos resíduos, etc.); levantamento dos dados históricos e atuais da limpeza urbana; entre outros. A definição da melhor alternativa para o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos, será aquela mais viável em termos técnicos, econômicos e ambientais, sendo de extrema importância que esteja inserida no Plano Diretor Municipal.

As opções oferecidas, atualmente, para um adequado gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares, compreendem: os aterros sanitários, a incineração, a pirólise e as centrais de triagem e compostagem, apresentados abaixo, à exceção destas últimas, objeto de estudo desta pesquisa, que serão analisadas mais detalhadamente no Capítulo 6, adiante.

### **Aterros sanitários**

Segundo a norma NBR 8419, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1984), o aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é uma técnica de disposição no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método consiste na utilização de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível. Ao final de cada jornada de trabalho, ou em

intervalos menores, os resíduos são cobertos com uma camada de terra.

Este é um sistema indispensável, mesmo adotando-se outras formas de tratamento.

Conforme já comentado, esta alternativa como única forma de disposição é bastante onerosa para o meio ambiente, visto que há produção de lixiviado, cuja tratabilidade é ainda bastante discutida, havendo órgãos ambientais nacionais que proíbem seu lançamento em corpos hídricos, mesmo após a efetivação de algum sistema de tratamento.

Na comunidade européia, esta prática já não é aceita. Exige-se a recuperação da matéria orgânica estabelecendo parâmetros para os resíduos que podem ser dispostos em aterros sanitários.

### **Incineração**

Lima (2004) define a incineração como o processo de redução de peso e volume dos resíduos sólidos através de combustão controlada. Os remanescentes da incineração são, geralmente, gases como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ); nitrogênio ( $\text{N}_2$ ); gás inerte proveniente do ar utilizado como fonte do oxigênio e do próprio lixo; oxigênio ( $\text{O}_2$ ) proveniente do ar em excesso que não consegue ser completamente queimado; água ( $\text{H}_2\text{O}$ ); cinza e escória constituídas por metais ferrosos e inertes com vidros, pedras etc.

Esta técnica não é muito utilizada tendo em vista seus elevados custos e a natureza dos resíduos sólidos produzidos na América Latina e Caribe, caracterizados pelo alto conteúdo de matéria orgânica, o que torna a incineração um método pouco eficiente. As principais vantagens deste método são: a redução do volume e massa dos resíduos a ser dispostos nos aterros e a possibilidade de recuperar energia para gerar vapor ou eletricidade. Por outro lado, as emissões gasosas, dependendo da temperatura de trabalho, podem conter contaminantes e a operação, bem como a manutenção de equipamentos, podem ser complexas. Outro fator a ser considerado é que, devido à alta umidade dos resíduos gerados na América Latina e Caribe e ao seu baixo poder calorífico, a incineração torna-se inviável (OPAS, 2005).

O artigo 28 da Resolução nº 054/06 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sema) – proíbe, no estado do Paraná, a instalação e

utilização de incineradores de quaisquer tipos em residências, edifícios públicos ou privados, bem como em hospitais; e o artigo 30 fixa os padrões de emissões para os sistemas de incineração.

### **Pirólise**

Segundo Lima (2004), a pirólise pode ser definida como um processo de decomposição química por calor na ausência de oxigênio.

Diferindo do processo de combustão realizado em condições exotérmicas, a pirólise é um processo de reação endotérmica. Reduzindo as perdas de calor é possível obter o fracionamento das substâncias sólidas presentes no lixo. O fracionamento das substâncias sólidas ocorre gradualmente, à medida que estas passam pelas diversas zonas de calor que constituem o reator pirolítico, onde ocorrem a secagem, a volatilização, a oxidação e a fusão dos resíduos sólidos.

Os resíduos perdem inicialmente a umidade pela secagem e, à medida que entram na zona pirolítica (volatilização, oxidação e fusão), vão sendo decompostos em substâncias distintas: gases, líquidos e sólidos.

A temperatura no reator varia de 300 a 1.600°C. A variação da temperatura e o monitoramento do ar necessário à combustão são de fundamental importância no processo, pois permitem que determinadas substâncias sejam extraídas do lixo.

Um fator importante para que este processo continue a ser pesquisado é o fato de o balanço energético ser sempre positivo, pois produz mais energia do que consome.

No entanto, alguns inconvenientes têm limitado o emprego da pirólise em larga escala: teor de sólidos voláteis presentes no lixo, poder calorífico superior e umidade. A variação estatística destes fatores dificulta o controle do processo, reduzindo sua eficiência.

### **Reciclagem**

De acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal -IBAM (2001), denomina-se reciclagem o retorno, à indústria, de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no

mercado de consumo. A reciclagem traz benefícios, tais como: diminuição da quantidade de resíduos a ser aterrada (conseqüentemente aumenta a vida útil dos aterros sanitários); preservação de recursos naturais; economia de energia na produção de novos produtos; diminuição dos impactos ambientais; novos negócios e geração de empregos diretos e indiretos através da criação de indústrias recicladoras. A reciclagem não pode ser vista como a principal solução para o lixo, sendo uma atividade econômica que deve ser encarada como um elemento dentro de um conjunto de soluções.

No entanto, deve-se considerar que a conduta mais adequada seria tornar a reciclagem efetivamente um ciclo fechado, ou seja, materialmente estanque, para isso faz-se necessária à adoção de uma política industrial mais sustentável.

## 6 CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos (doravante CTC) é o termo utilizado neste trabalho para designar os sistemas de triagem e compostagem de resíduos, não se utilizando o termo usina, pois, segundo Lelis (2000), não é adequado por não se tratar de uma indústria e por não haver fabricação de um produto ou substância.

De acordo com Galvão Júnior (1994), as centrais de triagem e compostagem são lugares onde a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é separada da fração inorgânica e transformada em composto. A central de triagem e compostagem deve ser entendida como uma etapa intermediária em um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos.

No Brasil, há registro de centrais de triagem em São Paulo e Curitiba já na década de 1930 (EIGENHEER, 1993). No entanto, somente a partir da década de 1960, vários países do mundo, inclusive o Brasil, lançaram programas mais amplos visando à reciclagem.

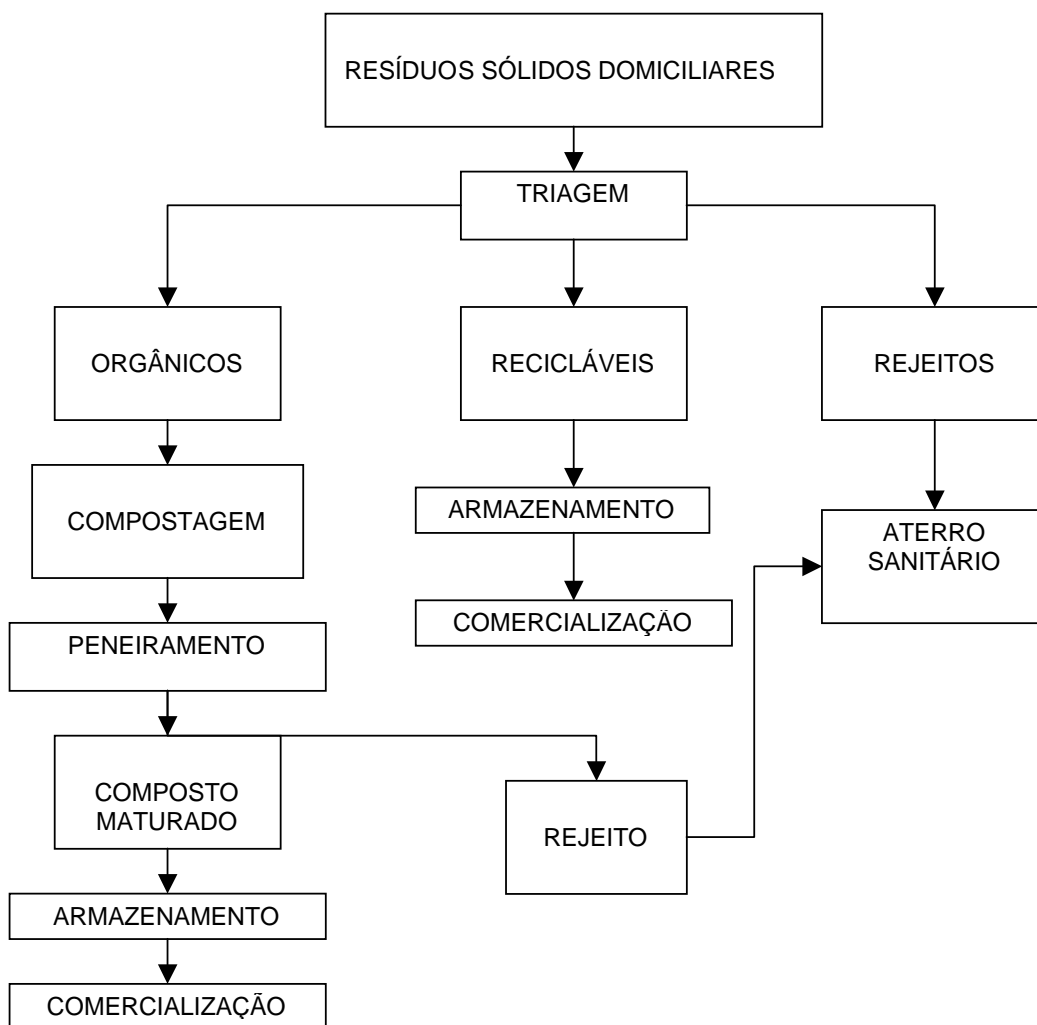
Bley Jr. (1993), relata que as centrais de triagem e compostagem, em sua maioria, começaram a ser instaladas no Brasil na segunda metade da década de 1980, sendo esse processo intensificado nos anos de 1986 e 1987, quando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou linhas de crédito às prefeituras municipais para aquisição dos equipamentos.

### 6.1 COMPONENTES BÁSICOS DA CENTRAL DE TRIAGEM

Embora em pequenos municípios brasileiros nem sempre ocorre a trituração do material a ser compostado, os componentes, ou núcleos básicos, de uma central de triagem e compostagem são:

- Administração;
- Recepção e estocagem do resíduo sólido;
- Triagem – separação de inertes;
- Trituração do material a ser compostado;
- Armazenamento de recicláveis, revenda;
- Disposição de rejeitos;
- Compostagem e cura.

A figura 2 apresenta fluxograma típico das operações de uma central de triagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos



**Figura 2** – Fluxograma típico do processo de uma CTC.

A seguir, comenta-se a função e a importância de cada componente básico da central de triagem e, posteriormente, da de compostagem, com ênfase nos aspectos operacionais, que são fundamentais para o processo.

#### ADMINISTRAÇÃO

Uma portaria principal, não necessariamente com a presença constante de um guarda, é necessária para controlar as entradas e saídas de resíduos e produtos. A necessidade de uma balança para caminhões deve ser avaliada em

função do porte da central e da necessidade de controle do peso dos resíduos, dos recicláveis, se for o caso, e do produto final a ser comercializado.

Além disso, um pequeno escritório é importante para manter os controles da operação da central, centralizando os contatos e o gerenciamento da operação. (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB, 1999).

#### RECEPÇÃO E ESTOCAGEM

Os RDO coletados são estocados em pátios, fossos ou tremonhas de recepção, que são projetados em função da capacidade nominal, prevendo-se uma reserva mínima de três dias de estocagem. Os fossos são normalmente providos de esteiras transportadoras que alimentam o sistema.

O carregamento na linha de processamento pode ser efetuado por meio de máquinas, tais como pás carregadeiras, pontes rolantes, pólipos e braço hidráulico (foto 1) ou outro dispositivo que permita a descarga dos resíduos dos caminhões diretamente nas linhas de processamento. Caso isto ocorra, há uma independência entre os equipamentos de alimentação daqueles que processam os resíduos, assim em caso de quebra dos primeiros, o processamento não será afetado.



**Foto 1:** Pólipos e braço hidráulico. CTC Monte Azul, Araçatuba – SP. Acervo do autor.

#### TRIAGEM – SEPARAÇÃO DOS INERTES

A triagem pode ser realizada de duas formas: manual ou mecanicamente.

Como o nome sugere, a triagem manual consiste na retirada manual dos resíduos inertes ou inorgânicos (plásticos, papel, papelão, vidro, metal, etc.).

Nos casos observados para execução deste trabalho, a triagem era executada com o auxílio de esteiras transportadoras, onde os operários, dispostos de cada lado desta, realizavam a retirada dos resíduos inertes ou inorgânicos (foto 2).



**Foto 2:** Triagem Manual. CTC Monte Azul, Araçatuba -SP. Acervo do autor.

A triagem mecânica é feita por equipamentos especiais, tais como: eletroímãs, peneiras rotativas e vibratórias, ciclones, aspiradores, flutuadores, entre outros. Em algumas centrais a triagem é realizada por processo misto (mecânico e manual).

Os equipamentos de dosagem de fluxo mais utilizados nas linhas de triagem são as esteiras transportadoras metálicas e os tambores revolvedores, sendo os tambores mais apropriados para centrais de pequeno porte com capacidade, por linha, de até 10 t/h.

As esteiras devem ter velocidade entre 10 m/min a 12 m/min, de forma a permitir um bom desempenho dos trabalhadores que fazem a catação manual.

## TRITURAÇÃO DO MATERIAL A SER COMPOSTADO

Essa etapa é realizada no final da esteira de triagem, onde é instalado um moinho, normalmente de martelo, cuja função é triturar a fração orgânica dos resíduos. Nem todas as centrais possuem tal equipamento.

## ARMAZENAMENTO DE REICLÁVEIS, REVENDA E DESTINAÇÃO DOS REJEITOS

Os materiais recicláveis são conduzidos a baias específicas, enfardados e posteriormente comercializados com empresas recicladoras.

Conforme Pereira Neto (2000), os rejeitos provenientes das centrais de triagem, denominados rejeitos frescos, e do peneiramento do composto no final de processo, denominado de rejeito inerte, devem ser transportados e dispostos de modo seguro em aterros sanitários ou de rejeitos.

Para tanto, é necessário que estes estejam licenciados, pois, caso contrário, estaria sendo ferida a legislação referente à disposição de resíduos sólidos domiciliares.

## 6.2 COMPOSTAGEM E CURA

A compostagem pode ser definida como uma decomposição controlada, exotérmica e bio-oxidativa de materiais de origem orgânica por microorganismos autóctones, em ambiente úmido, aquecido e aeróbio, com produção de dióxido de carbono, água, minerais e matéria orgânica estabilizada definida como composto (DE BERTOLDI; VALLINI; PERA, 1983; LOPEZ-REAL, 1990; KIEHL 1998).

Na compostagem, os componentes orgânicos biodegradáveis passam por etapas sucessivas de transformação sob a ação de diversos microorganismos, resultando num processo bioquímico altamente complexo.

### 6.2.1 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

A produção de um composto de boa qualidade depende de condições físicas e químicas adequadas.

As alternativas tecnológicas para implantação do processo podem variar de sistemas simples e manuais até sistemas complexos, nos quais todos os parâmetros são monitorados e controlados com precisão. A escolha da tecnologia a ser

implantada deve ser baseada em análise técnica e sócio -econômica do local.

As alternativas disponíveis são:

- Sistema de leiras revolvidas (*windrow*), ilustrado na foto 3, também denominado “método natural”, no qual a fração orgânica do resíduo é disposta em leiras, que são montes de forma cônica ou de forma prismática, com seção aproximadamente triangular; em um pátio, sendo a aeração feita por revolvimentos periódicos do material para que ocorra sua decomposição através da difusão e convecção do ar. Segundo Prosab (1999), uma variante deste sistema, além do revolvimento, utiliza a insuflação de ar sob pressão nas leiras.



**Foto 3:** Leiras revolvidas (*windrow*). CTC do município de Arapongas – PR  
Acervo do autor.

- Sistema de leiras estáticas aeradas (*static-pile*), onde a aeração é feita de forma forçada utilizando-se tubulações perfuradas sobre as quais são colocadas as leiras de material orgânico. Desta forma, injeta -se ou aspira-se ar na massa de resíduo, não havendo revolvimento mecânico das leiras.
- Sistemas fechados ou reatores biológicos (*in-vessel*), no qual os resíduos são colocados em sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Neste tipo de sistema, o ciclo da fase termófila é reduzido, o que lhe conferiu a denominação também de "compostagem acelerada". É um sistema mais dependente de equipamentos

mecânicos que os demais mencionados, podendo ser realizado em vários tipos de reator que podem ser enquadrados em: reatores de fluxo vertical, fluxo horizontal e de batelada.

O quadro 2 apresenta uma síntese dos tipos de sistemas de processos de compostagem existentes no Brasil. Segundo Galvão Júnior (1994), eles diferem principalmente quanto ao grau de mecanização, utilização de mão de obra e capacidade de processamento.

PROCESSO	DESCRIÇÃO
Sistema Dano	Constituído de sete etapas básicas: recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento, cura do composto e beneficiamento.
Sistema Triga	A fermentação aeróbia, neste sistema, ocorre em silos ou torres troncocônicas (higienizadores) onde o lixo é submetido à aeração.
Sistema Maqbrit	Neste sistema, a principal função dos equipamentos é a separação dos materiais potencialmente recicláveis da matéria orgânica.
Sistema Sanecom	A operação deste sistema assemelha-se à do tipo Maqbrit, no entanto, há ausência do peneiramento da matéria orgânica anterior à disposição no pátio de compostagem.
Sistema Yok	Tem concepção tecnológica semelhante aos sistemas Maqbrit e Sanecom, diferenciando-se na catação dos recicláveis, que é realizada ao nível do terreno.
Sistema simplificado ou próprio	A concepção deste sistema varia de central para central. Em alguns sistemas, a catação é realizada nas leiras ou em barracões, não existindo fosso de recepção e esteira de catação. O moinho triturador também é dispensado e a compostagem é realizada em igual período de tempo ao das centrais onde a matéria orgânica é triturada.
Sistema Beccari	Consiste de um processo misto iniciado pela decomposição da matéria orgânica em células fechadas, seguida, ao final, pela introdução de ar no meio, tornando a compostagem aeróbia.
Sistema Stollmeier	Apresenta elevado nível de simplificação em suas operações. As principais etapas são: recepção dos RSU em uma área coberta; dosagem dos resíduos em tulha, onde passam para esteira de catação; separação dos recicláveis e cura da matéria orgânica em um pátio. Após o período de cura, o composto é peneirado para separação do material inerte.

FONTE: Adaptado de GALVÃO JUNIOR, 1994 e LIMA, 2004.

**Quadro 2:** Tipos de sistemas de processos de compostagem existentes no Brasil

Segundo Pereira Neto (2000), uma análise criteriosamente técnica do processo histórico da implantação dos sistemas de compostagem no país, resguardando-se o pioneirismo, mostra uma considerável sucessão de erros. Em um relato resumido, pode-se observar que as primeiras tentativas de compostagem no país foram feitas com as Células Becaris. Trata-se de um processo anaeróbio de

confinamento dos resíduos orgânicos com produção de gases, odores altamente fétidos, larga geração de chorume, excessiva perda de nutrientes da massa de compostagem e grande proliferação de vetores, Em conseqüência disso, tem -se a produção de um composto orgânico sem humificação, com toxinas e impróprio para uso.

O autor ainda comenta que, mesmo nos casos raros em que o sistema Dano de compostagem funcionava sob critérios técnicos e manutenção que permitisse o correto funcionamento do controle interno da aeração e temperatura da massa de compostagem, o composto produzido era de péssima qualidade. Tudo devido à má interpretação de que o material extraído do sistema, após 3 a 4 dias de retenção, era composto orgânico. A este grande erro, atribui -se, inclusive, o descrédito que a compostagem tem hoje no país. O autor comenta ainda que, nesses processos, a fase ativa de degradação não era completada e a fase de maturação era negligenciada. Como na maioria dessas instalações a aeração e o controle da temperatura da massa de compostagem não eram eficientes para o bom desenvolvimento do processo ( $0,5 \text{ m}^3 \text{ ar/kg s.v./dia}$  e  $50$  a  $65^\circ \text{ C}$ , respectivamente), essas instalações apresentavam os mesmos problemas de anaerobiose, odores, vetores, chorume e, conseqüentemente, a produção de um produto final de péssima qualidade. Por tratar-se de tecnologia importada, nem sempre adaptada às características do lixo brasileiro, existia, ainda, a ineficiência da triagem, inapropriada para o lixo brasileiro, o que contaminava a massa de compostagem no biodigestor, agravada pela abrasão dos fragmentos metálicos, além de resinas e tintas, entre outros.

Pereira Neto (2000) cita que fatos semelhantes são encontrados em vários outros processos como, por exemplo, no Sistema Triga de Compostagem que preconizava, no país, produzir o composto orgânico em apenas 4 dias. Fato este totalmente absurdo, principalmente para quem tem um mínimo de conhecimento das atividades biológicas e químicas que regem a degradação e humificação dos resíduos orgânicos na compostagem. É impossível obter o composto orgânico, a partir da fração orgânica do lixo urbano, em menos de 60 dias, pois não existem equipamentos que façam composto orgânico, eles apenas auxiliam e aceleram o processo que é biológico. O autor também menciona que as análises e avaliações técnicas, efetuadas em várias centrais de compostagem no país pela Universidade Federal de Viçosa/LESA, levaram a concluir, dentre outros fatores, que um dos

principais entraves ao processo teria sido a falta de mão-de-obra capacitada. Raramente encontram-se, coordenando uma central de compostagem, pessoas que tenham sido especializadas ou, no mínimo, treinadas para tal. Na maioria das vezes, o engenheiro que montou a central, que em muitos casos é um aglomerado de equipamentos eletromecânicos, por entender do funcionamento da usina, continua operando o processo, sem ter, necessariamente, nenhum conhecimento do que fazer para produzir um bom composto e dos requisitos necessários para o controle biológico do processo. Como resultado, tem-se o caos, em termos de compostagem no país.

Segundo Jardim (1995), recomenda-se que cidades com cerca de 150 mil habitantes adotem o método natural (*windrow*), pois este requer menos investimento. Já para uma cidade com uma população superior a 300 mil habitantes, recomenda-se a utilização do processo acelerado, pois é mais rápido e requer menos área. Ressalta-se aqui que o autor considera o sistema de leiras estáticas aeradas (*static-pile*) como acelerado também.

O processo acelerado é indicado para cidades com produção diária superior a 200 T/dia de resíduos sólidos domiciliares, pois necessitam de menor espaço para os pátios, devido ao menor tempo de permanência do produto. Neste caso, é recomendado que se utilize uma área de 12 hectares para o processamento natural e 8 hectares para o processo acelerado, já que a área destinada para servir como aterro de rejeitos ocupa cerca de 5,0 hectares (JARDIM, 1995).

Os dados brasileiros são bastante relativos no que se refere às despesas operacionais, já que há uma variação quanto à operação pelas prefeituras ou iniciativa privada, de um local para outro.

O custo operacional também sofre influências devidas à qualificação da mão-de-obra, à capacidade da usina e a seu grau de mecanização, beneficiamento dos produtos, entre outros fatores (SCHALCH et al, 2000).

Neste trabalho, optou-se por se restringir apenas ao sistema *windrow*, visto ser este o mais adotado por sua simplicidade e mais compatível para municípios de pequeno porte. É importante ressaltar este aspecto, pois alguns critérios teriam menor importância, ou nem precisariam fazer parte do rol dos aspectos a serem avaliados, caso o sistema fosse de reatores, por exemplo.

## 6.2.2 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Segundo Prosab (1999), as fases pelas quais a matéria-prima passa, até ser decomposta, podem ser resumidas como segue abaixo.

Na primeira etapa, há proliferação de diversos microrganismos mesófilos (15 a 43°C), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. Kiehl (1998) afirma que esta etapa é marcada pelo início da decomposição da matéria orgânica, caracterizando-se pelo desprendimento de calor, vapor d'água e CO<sub>2</sub>. No início da decomposição biológica, desenvolvem-se traços de diversos ácidos minerais e ácidos orgânicos, principalmente ácido acético. Com a elevação gradativa da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os microrganismos termófilos (40 - 85 °C) proliferam com mais intensidade. Porém, a elevação da temperatura é que elimina os microrganismos patogênicos. A população termófila é extremamente ativa, provocando intensa e rápida degradação da matéria orgânica e maior elevação da temperatura. Na verdade, estes limites não são rígidos e nem representam divisões estanques. Após a fase termófila, o composto está estabilizado, mas ainda não está maturado.

Quando o substrato orgânico, em sua maior parte, for transformado, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os microrganismos mesófilos se instalam novamente. Finalmente, inicia-se o processo de humificação, que é a segunda etapa do processo, denominada maturação, na qual a maioria das moléculas facilmente degradáveis foi transformada e o composto passa a apresentar odor agradável. É o estágio final da degradação, quando ocorre a mineralização de determinados componentes da matéria orgânica e o composto adquire as propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas desejáveis (ZUCCONI; DE BERTOLDI, 1986, KIEHL, 1998). Durante a fase de maturação, as necessidades do processo de compostagem são diferentes das necessidades da fase termófila, pois é baixa a atividade microbiológica, reduzindo-se a necessidade de aeração e havendo predominância de reações de polimerização de moléculas de ácidos húmicos e fúlvicos.

Epstein (1992) define a estabilização como um estágio de decomposição da matéria orgânica resultante da atividade biológica e a maturação como uma condição organo-química do composto que indica a presença ou a ausência de

ácidos orgânicos, fitotóxicos e a presença de moléculas húmicas e pré -húmicas.

Barreira (2005) considera que um composto está matura do e pronto para uso quando puder ser estocado em grandes leiras, indefinidamente, sem criar condições de anaerobiose ou gerar calor, podendo ser aplicado em solos agrícolas sem efeitos negativos, em virtude de sua baixa relação C/N e pobre disponibilidade de carbono.

Kiehl (1998) afirma que pH acima de 7,6 indica que o composto está maturado e que outra maneira de avaliação da maturação é a mensuração do teor de nitrogênio amoniacal que, apresentará a maior parte de seu nitrogênio na forma nítrica. Pode-se também determinar se a relação C/N é inferior a 20. Há outros testes que podem ser aplicados para avaliar se o composto está maturado, como o respirométrico e o da germinação de sementes, dentre outros que, porém, não são abordados neste trabalho.

Como a compostagem é desenvolvida por uma colônia de microrganismos, é afetada por qualquer fator que atinja a atividade microbiológica.

#### 6.2.2.1 Fatores que afetam o processo de compostagem

Dentre esses fatores, os mais importantes são: tipo de resíduo orgânico, aeração, temperatura, teor de umidade e concentração de nutrientes.

#### **Tipo de Resíduo Orgânico**

Os microrganismos que decompõem a matéria orgânica requerem uma fonte de carbono, e outros macronutrientes e microelementos para seu crescimento. A composição do material destinado a 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 o 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 (GRAY; SHERMAN; BIDDLESTONE, 1971; DE BERTOLDI; VALLINI; PERA, 1983; ZUCCONI; DE BERTOLDI, 1986; LOPEZ -REAL, 1990).

Seguindo uma hierarquia básica, os compostos de carbono mais simples e com menor peso molecular, como açúcares solúveis e ácidos orgânicos, serão atacados na fase inicial de decomposição, gerando energia e sendo transformados em polímeros maiores e mais complexos. A seguir, nessa seqüência, estão as hemiceluloses, celulose e lignina. A lignina é extremamente resistente ao ataque de microorganismos e é, assim, o último material a ser degradado na compostagem (LOPEZ-REAL, 1990).

Nos resíduos sólidos domiciliares, o material orgânico mais adequado para o processo de compostagem, e mais comumente encontrado, consiste em restos de frutas, de verduras, de processamento de alimentos em geral e restos da atividade de jardinagem, ou seja, excelentes matérias-primas para o processo. A preocupação, no caso da compostagem desses materiais, é que eles não são coletados seletivamente e acabam chegando às CTC de forma misturada com materiais inertes ou mesmo contaminantes, como pilhas e baterias.

### **Umidade**

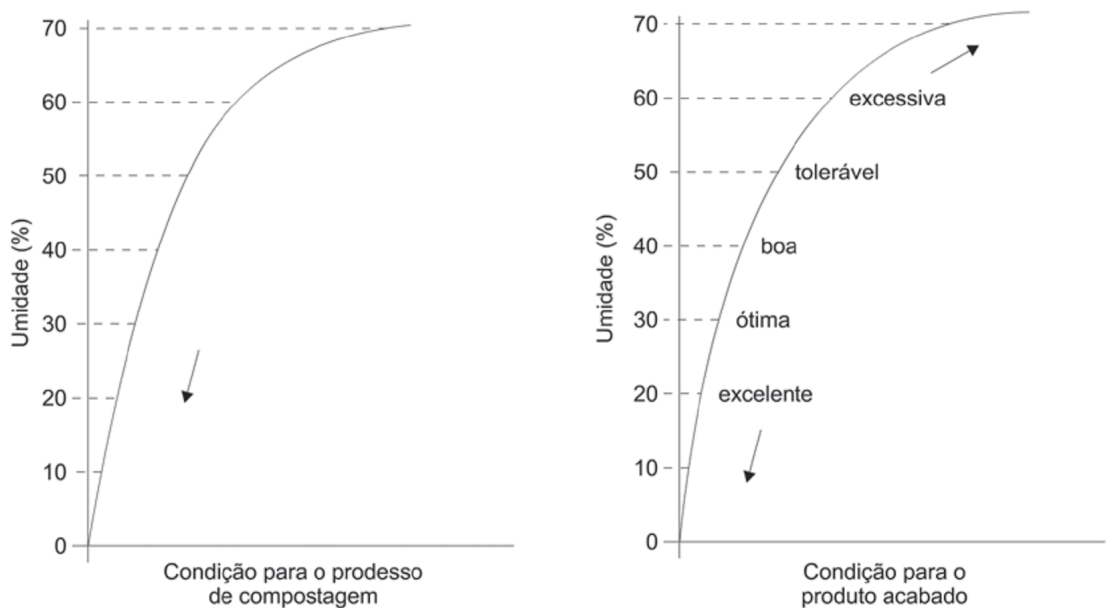
O conteúdo de umidade ótimo na compostagem varia conforme o estado físico do resíduo, o tamanho das partículas e o sistema de compostagem usado, sendo imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos. Ainda que esse parâmetro varie muito com a natureza do material a ser compostado, a literatura sugere que o conteúdo de umidade para otimização dos resultados de estar entre 50% e 70%, não excedendo 75% (RODRIGUES; LOPEZ-REAL; LEE, 1995), pois acima desse valor os poros, no interior da matriz sólida, começam a ser preenchidos com água livre, impedindo a difusão de oxigênio e permitindo que condições anaeróbias se desenvolvam (GRAY; SHERMAN; BIDDLESTONE, 1971; DE BERTOLDI; VALLINI; PERA, 1983; KIEHL, 1985; LOPEZ-REAL, 1990). Entretanto, teores de umidade abaixo de 40% retardam o processo por inibir a atividade microbiológica, sendo o valor de 55% de umidade considerado ótimo para o processo de compostagem (LOPEZ-REAL, 1990; KIEHL, 1998). O excesso de umidade em uma leira de compostagem pode ser facilmente percebido pela exalação de odores característicos de condições anaeróbias como, por exemplo, pela formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ). Para controlar o excesso de umidade é imprescindível que se realize revolvimentos periódicos para injeção de ar ou aeração forçada, além da formação de leiras menores para que não haja compactação das

camadas inferiores que impeçam sua entrada (KIEHL, 1998).

Como há perdas de água devido à aeração, em geral, o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo. Portanto, é um dos parâmetros que devem ser monitorados durante a compostagem para que o processo se desenvolva satisfatoriamente (PROSAB, 1999).

De acordo com Pereira Neto (2000), o controle da umidade na compostagem é fator indispensável, por evitar anaerobiose e suas drásticas conseqüências. A produção de chorume, por exemplo, ocorre quando o excesso de água ocupa os espaços vazios, ou seja, a porosidade da massa de compostagem. Por outro lado, baixos teores de umidade, menores que 40%, restringem a atividade microbiológica de degradação dos resíduos orgânicos. Assim, teores na faixa de 55% são considerados satisfatórios, o que vem ao encontro de considerações já apresentadas, traçadas por outros autores.

A figura 3 mostra a umidade no processo de compostagem e no produto acabado



**Figura 3** – A umidade no processo de compostagem e no produto acabado.  
Fonte: D´Almeida e Vilhena (2000).

## Aeração

Como a compostagem é um processo aeróbio, o fornecimento de ar é fundamental para a atividade dos microrganismos que precisam de oxigênio para oxidar a matéria orgânica. A aeração influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emissão de odores, pois, quando há falta de aeração, o sistema pode tornar-se anaeróbio. Portanto, o oxigênio é um fator limitante para a eficiência do processo e sua falta pode prolongar o ciclo de compostagem.

A circulação de ar na massa do composto depende da estrutura, granulometria e umidade do material a ser compostado, assim como da tecnologia de compostagem utilizada e da intensidade de revolvimentos quando o sistema é *windrow*, que influenciará na velocidade de decomposição da matéria orgânica, na emissão de odores e proliferação de insetos.

O consumo de oxigênio durante a compostagem é diretamente proporcional à atividade microbiológica, portanto há uma relação direta entre o consumo de oxigênio e a temperatura.

Seja qual for a tecnologia utilizada, a aeração da mistura é fundamental no período inicial da compostagem, ou seja, na fase de degradação rápida, em que a atividade microbiana é intensa. Na fase seguinte, maturação, a atividade microbiana é pouco intensa, logo a necessidade de aeração é bem menor (PROSAB, 1999).

Segundo Kiehl (1985), os revolvimentos devem ser feitos quando a temperatura estiver muito elevada (acima de 70°C), quando a umidade estiver acima de 55 ou 60%, quando há presença de moscas e maus odores ou em intervalos pré-fixados.

O revolvimento do composto no pátio, ao mesmo tempo em que introduz ar novo, rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico, gerado pela respiração dos organismos.

O teor de gás carbônico existente no interior da leira pode chegar a concentrações cem vezes maiores que seu conteúdo normal no ar atmosférico, o que levará a formação e acúmulo de dióxido de carbono e metano, componentes característicos da digestão anaeróbia (KIEHL, 1998).

## 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 à proliferação bacteriana. Os organismos que decompõem a matéria-prima têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento, a qual é estimulada pela atividade metabólica e conseqüente aumento da população (LIMA, 2004).

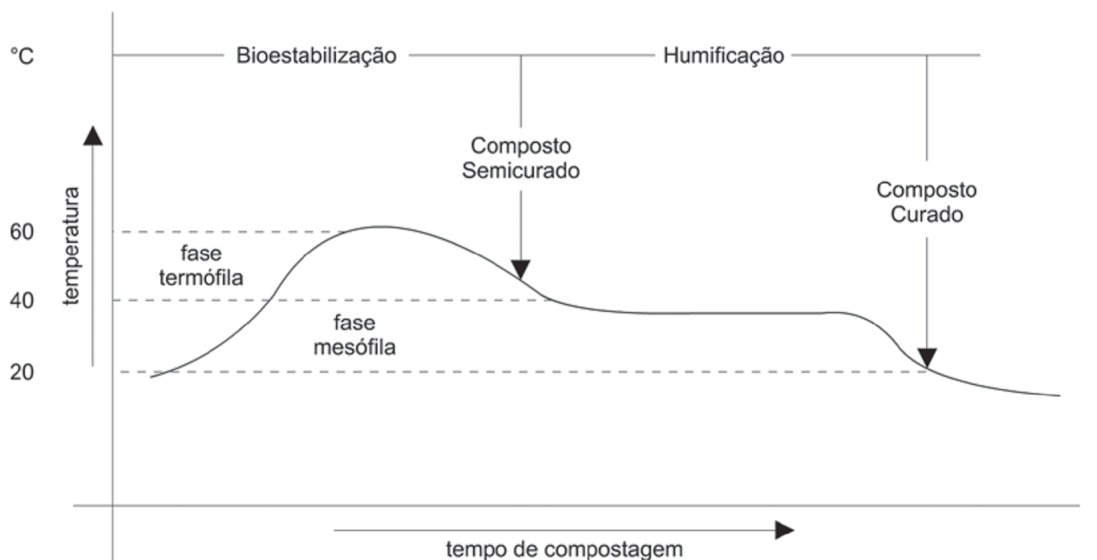
Como já mencionado, as faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em: criófilas (temperatura ambiente), mesófilas (até 55°C) e termófilas (acima de 55°C). Convém ressaltar, novamente, que, na verdade, estes limites não são rígidos e nem são divisões estanques.

Acima de 70°C, a atividade dos microorganismos torna-se reduzida, resultando na paralisação do processo e, conseqüentemente, 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 micro fauna e tem como conseqüência uma decomposição mais demorada, resultando numa estabilização incompleta do material (LOPEZ -REAL, 1990).

A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e é fator de extrema importância para a maximização da decomposição, eliminação de patógenos prejudiciais à saúde humana e para todo o processo de compostagem (RAMEH, 1981, apud BARREIRA, 2005). Se a leira, em compostagem, registrar temperatura da ordem de 40-60 °C no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado (PROSAB, 1999).

A figura 4 mostra as alterações na temperatura ao longo do processo de compostagem.



**Figura 4** – Mudanças na temperatura até a cura total do composto. Fonte: D’Almeida e Vilhena (2000)

### Nutrientes ou Relação C/N

Os microrganismos necessitam de carbono como fonte de energia e de nitrogênio para a síntese de proteínas. É por essa razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos (PROSAB, 1999).

A relação C/N serve também como indicador de fases. Assim, no início da compostagem, a relação C/N é da ordem de 30:1 e, no final do processo, de 10:1. Isto significa que, no início, os microrganismos absorvem os elementos carbono e nitrogênio em uma proporção de trinta partes de C para cada parte de N. O carbono é utilizado como fonte de energia, sendo que dez partes do carbono assimilado são imobilizadas (convertidas da forma mineral para orgânica) e incorporadas ao protoplasma celular do organismo e vinte partes eliminadas na atmosfera como gás carbônico (LIMA, 2004). Na realidade, constata-se que a relação C/N pode variar de 20 a 7, de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. O fato é que tanto a falta de nitrogênio quanto a falta de carbono limita a atividade microbiológica (PROSAB, 1999).

O tempo de compostagem será condicionado, entre outros fatores citados anteriormente, à relação C/N (KIEHL, 1998). Se a relação C/N for muito baixa, pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N

for muito elevada, os microrganismos não encontram nitrogênio suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado e, como resultado, o processo de compostagem será mais lento, ou seja, maior será o tempo necessário para se atingir a humificação da matéria orgânica (PROSAB, 1999).

A relação C/N constitui um parâmetro confiável para o acompanhamento da compostagem até se chegar ao produto acabado, humificado, no qual a relação deve estar próxima a uma média de 10/1. No entanto, demais parâmetros devem ser considerados para confirmação da fase final, como, por exemplo, o valor do pH e a ausência de nitrogênio amoniacal, determinados por testes específicos (BARREIRA, 2005). Segundo Prosab (1999), independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem esta relação, converge para o mesmo valor, entre 10 e 20, devido a perdas maiores de carbono que de nitrogênio no desenvolvimento do processo.

### **Granulometria**

A granulometria é considerada um importante fator para o processo de compostagem. De acordo com Kiehl (1985) e Prosab (1999), quanto menor o tamanho das partículas, maior é a superfície exposta à atividade microbiana, o que promove o aumento das reações bioquímicas e torna os materiais mais facilmente degradáveis. A Prosab (1999), afirma ainda que compostagem com substratos apresentando de 30 a 36% de porosidade apresentaram condições ótimas no processo. Quanto ao tamanho das partículas, é recomendado que esteja entre 25 e 75 mm.

Entretanto, a granulometria muito fina pode trazer alguns inconvenientes para o processo, tais como a compactação das leiras, que causa anaerobiose, e problemas relativos à aeração devido à falta de espaços intersticiais entre as partículas.

Nas CTC's, os resíduos, geralmente, são pré-tratados em peneiras, moinhos e/ou trituradores que têm o objetivo de diminuir o tamanho das partículas, o que pode ser conseguido também durante o processo de compostagem nas leiras devido aos revolvimentos por máquinas. Portanto, percebe-se a importância dos revolvimentos durante o processo, contribuindo para a melhor aeração das leiras, evitando a compactação do material e diminuindo sua granulometria.

Segundo Pereira Neto (2000), dificilmente observa-se uma preocupação com este parâmetro que, no entanto, caso seja negligenciado, pode trazer

conseqüências diretas e indiretas à atividade microbiológica e, conseqüentemente, à eficiência do processo, por afetar a aeração, a porosidade, o grau de compactação, o desenvolvimento da temperatura e a absorção/perda da umidade, entre outras.

Desta maneira, conclui-se que são muitas as variáveis interdependentes que influenciam na decomposição da matéria orgânica com o intuito de produção do composto e, embora a compostagem seja um processo biológico e aparentemente de ocorrência simples, o monitoramento desses fatores é de extrema importância (BARREIRA, 2005).

### **Qualidade do composto**

O composto, para ser considerado de qualidade, deve satisfazer tanto as agências regulatórias quanto as especificações do mercado.

De acordo com Kiehl (1998, 2004), a qualidade do composto pode ser analisada de diversas formas: a qualidade vista pelo produtor, a exigida pela legislação e a vista pelo agricultor. No entanto, se interceptam no que diz respeito à umidade, à concentração de NPK, à matéria orgânica e ao conteúdo de inertes. No caso da umidade, o composto não pode estar encharcado (com valores acima de 60%), pois o agricultor estaria comprando mais água do que propriamente o adubo.

A concentração de NPK e de matéria orgânica é extremamente importante para o valor do composto, representando também uma forma de se avaliar sua qualidade e calcular seu valor de mercado comparando-se aos adubos químicos (KIEHL 1998, 2004).

O conteúdo de inertes, normalmente constituído de cacos de vidro, louça, plástico e outros, provoca um impacto visual e, conseqüentemente, torna-se um obstáculo para sua venda (KIEHL, 1998, 2004).

Outras características do composto também são examinadas pelo agricultor como, por exemplo: a inexistência de odor, a coloração preta intensa e o tamanho das partículas (partículas finas ou médias são mais atrativas).

O quadro 3 mostra as diferenças entre o composto estabilizado e o composto não estabilizado.

Composto estabilizado	Composto não estabilizado
Nitrogênio como íon nitrato	Nitrogênio como íon amônio
Enxofre como íon sulfato	Enxofre ainda em parte como íon sulfídrico
Baixa demanda de oxigênio	Alta demanda de oxigênio
Sem perigo de putrefação	Perigo de putrefação
A mineralização é cerca de 50%	Altas concentrações de substâncias orgânicas não mineralizadas
Alta capacidade de retenção de água	Baixa capacidade de retenção de água

Fonte: Adaptado de Obeng e Wright, 1987 apud Barreira, 2005.

**Quadro 3:** Diferença entre composto estabilizado e o composto não estabilizado

Como resultado de um bom processo de compostagem, tem-se um material húmico que é fonte de nutrientes para a vegetação, cujas propriedades coloidais são importantes para agregação do solo, favorecendo sua estrutura e a retenção de água (ZUCCONI; DE BERTOLDI, 1986).

O composto desempenha o papel de fornecedor de nutrientes para as plantas porque possui macronutrientes (absorvidos em maiores quantidades), tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e micronutrientes (absorvidos em menores quantidades), tais como ferro, zinco, cobre, manganês e 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 disso, neutralizam várias toxinas e imobilizam 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).

Aspectos relacionados à maturação da matéria orgânica e à eliminação de agentes patogênicos podem ser resolvidos com a aplicação correta do processo da compostagem, principalmente este último que tem como fator o correto controle da temperatura e o tempo de exposição.

Programas de certificação de qualidade de compostos, em alguns países europeus, exigem que sejam alcançadas temperaturas específicas para garantir a

“higiene” e a redução de patógenos; como exemplos, podem ser citados os casos da Alemanha, Áustria e Dinamarca. A Alemanha especifica que as temperaturas nas pilhas de compostos devam alcançar mais de 55°C por duas semanas ou mais de 65°C por uma semana, para sistemas abertos e, no caso de sistemas fechados, a temperatura deve alcançar mais de 60°C por uma semana. Na Áustria, todos os compostos são obrigados a atingir mais de 60°C por seis dias ou mais de 65°C por três dias, enquanto que, na Dinamarca, o padrão exigido para os compostos é mais de 55°C por duas semanas (BRINTON, 2001). De acordo com Lelis (2000); Pereira Neto (2004), uma efetiva eliminação de patógenos só ocorre a partir de temperaturas de 60°C e com tempo de exposição superior a 20 dias.

Atualmente, as agências regulatórias da Europa exigem que a *Salmonella* não seja detectada em 25 g de composto, enquanto que a presença de *E. coli* não pode exceder a 1000 NMP/g (BRINTON, 2001).

Resíduos agrícolas e de horticultura também incluem riscos potenciais em sua reciclagem devido a microorganismos patogênicos às plantas. Algumas estratégias, tanto para resíduos humanos como animais, têm mostrado que os critérios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) de 55°C por 72h – são suficientes para eliminar os patógenos de plantas (EPA, 1994).

Outros parâmetros importantes quando se considera a qualidade de compostos são os componentes tóxicos e contaminantes cuja presença, segundo Lopez-Real (1994), está relacionada com a matéria-prima base usada para a produção de um dado composto.

Segundo Rodrigues (1996), resíduos urbanos altamente contaminados produzirão um composto com elevados teores de metais pesados, não sendo verificada essa afirmativa quando os resíduos são provenientes de coleta seletiva. Embora inúmeros autores afirmem que os resíduos urbanos, com origem na coleta seletiva, produzam um composto com menor carga de metais pesados que os resíduos misturados, Epstein; Chaney; Logan (1992) argumentam que não existe evidência científica de que qualquer dos dois represente risco para a saúde humana ou para o meio ambiente, principalmente por razão da baixa fito-disponibilidade e mobilidade desses metais em condições de pH acima de 5. Essa visão é fortemente compartilhada por Woodbury (1992) e Chaney; Ryan (1993).

Nos resíduos sólidos domiciliares, por exemplo, esses elementos

potencialmente tóxicos podem ser facilmente encontrados nos materiais industrializados coloridos, tais como borrachas, tecidos, cerâmicas, vidros de cor, couros, papéis de propaganda e revistas, produtos de limpeza e sanitários, resíduos industriais, além de lâmpadas, baterias e outros materiais eletrônicos (KIEHL, 1998).

A preocupação com o emprego, na agricultura, de certos compostos contendo elementos químicos considerados tóxicos dá-se 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, resultando em danos, tanto para as próprias plantas como para o homem e os animais que delas se alimentem, ou seja, fazendo parte da cadeia alimentar (KAPETANIOS; LOIZIDOU; MALLIOU, 1988; KAPETANIOS, 1996; KIEHL, 1998).

No entanto, somente quando a concentração desses elementos químicos existentes no solo se eleva até um ponto considerado crítico é que pode se tornar danoso para as plantas, homens e animais. Além disso, a disponibilidade desses metais tem relação inversa com o pH, aumentando em condições de solo com pH ácido e diminuindo com a elevação do pH (EPSTEIN; CHANEY; LOGAN, 1992; WOODBURY, 1992; CHANEY; RYAN, 1993; KIEHL, 1998).

De acordo com Rodrigues (1996), mesmo que compostos com alto conteúdo de metais pesados não sejam utilizados na produção de alimentos, o composto com uma carga elevada de contaminantes representa um risco potencial de contaminação do solo e da água, sendo recomendável o monitoramento desses fatores ambientais em áreas sujeitas à aplicação continuada desse tipo de composto.

É importante ressaltar que alguns metais, quando contidos em pequenas quantidades, são elementos traços de grande valor, necessários para o crescimento das plantas e que somente em grandes quantidades tornam-se fitotóxicos e tóxicos para o homem (KAPETANIOS, 1996).

Os países europeus, por meio dos seus Certificados de Qualidade, impõem certos limites para metais pesados encontrados nos compostos, mas para Brinton (2001), os valores apresentados para alguns metais são tão baixos que podem eventualmente acarretar um impedimento na compostagem de alguns tipos de resíduos. A legislação em alguns países é tão severa, como no caso da Alemanha, que a aplicação de compostos ou biosólidos é controlada de acordo com os níveis de metais para cada tipo de solo, exigindo permissão para sua aplicação em cada

caso. Na tabela 1, são apresentados os valores limites para metais pesados em compostos produzidos em alguns países europeus e também no Brasil e Estados Unidos.

**Tabela 1** – Limites de metais pesados (mg/kg) para países da Europa com normas de certificação para composto

Países	Elementos								
	As	Cd	Cr	Co	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Austria	-	4	150	-	400	500	4	100	1000
Bélgica <sup>1</sup>	-	5	150	10	100	600	5	50	1000
Bélgica <sup>2</sup>	-	5	200	20	500	1000	5	100	1500
Suíça	-	3	150	25	150	150	3	50	500
Dinamarca	25	1,2	-	-	-	120	1,2	45	-
França	-	8	-	-	-	800	8	200	-
Alemanha	-	1,5	100	-	100	150	1	50	400
Itália	10	1,5	100	-	300	140	1,5	50	500
Holanda	25	2	200	-	300	200	2	50	900
Holanda	15	1	70	-	90	120	1,7	20	280
Espanha	-	40	750	-	1750	1200	25	400	4000
EUA	-	10	1000	-	500	500	5	100	1000
Brasil*	20	5	200	-	200	150	1	70	500

\* De acordo com a proposta de normatização

<sup>1</sup>Uso na agricultura e <sup>2</sup>uso na horticultura

Fonte: Brinton (2001) e Silva et al (2004) apud Barreira (2004) p.52

Além da quantidade limite de patógenos e de metais exigidos no composto, os países europeus também apresentam restrições quanto à “matéria estranha”, ou seja, o conteúdo de inertes contido no produto final. De acordo com Brinton (2001), as quantidades aceitáveis para o conteúdo de inertes no composto têm sido objeto de muitos debates, mas geralmente há maior concordância sobre os valores para este parâmetro.

Quanto aos compostos produzidos no Brasil, há uma certa dificuldade em se avaliar sua qualidade, não só pela falta de aplicação da legislação existente, mas, principalmente, pela carência de controle. Pela Legislação Brasileira, o composto produzido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares é denominado fertilizante orgânico e, até 1982, não tinha qualquer regulamentação quanto à sua produção, comércio e fiscalização (KIEHL, 1985).

A Lei Federal nº 6.894/80 foi a primeira que regulamentou a inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas destinados

à agricultura, no Brasil. A Portaria nº 01, da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do Ministério da Agricultura, estipula como especificações os parâmetros físicos e químicos, a granulometria e as características que os compostos comercializados devem apresentar (KIEHL, 1985; D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Com o intuito de regulamentar a Lei nº 6.894, de 1980, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento elaborou o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, com instruções normativas estabelecendo limites no que se refere aos agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas (BRASIL, 2004).

De acordo com o novo decreto, os estabelecimentos que produzem fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes deverão manter controle periódico das matérias-primas e dos produtos no que se refere aos contaminantes previstos na instrução estabelecida. Quanto aos valores permitidos para contaminantes biológicos, tem-se: coliformes fecais (1000 NMP/g), ovos viáveis de helmintos (1 em 4 gramas ST), *Salmonella sp* (3 NMP/g) e *E. coli* (100 NMP/g) (BRASIL, 2004).

No Brasil, o composto orgânico produzido em centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares deve atender a valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005) para que possa ser comercializado, conforme tabela 2.

**Tabela 2:** Especificações dos fertilizantes orgânicos compostos

Garantia	Composto
Umidade (máx.)	50,0
N total (mín.)	1,0
*Carbono orgânico (mín.)	15,0
*CTC	conforme declarado
pH (mín.)	6,5
Relação C/N (máx.)	18,0
*Relação CTC/C (mín.)	20,0
Soma NPK, NP, NK, PK	conforme declarado

- Valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C.

Fonte: Instrução Normativa nº 23/05, anexo III. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária.

O composto orgânico produzido em uma unidade de compostagem deve ser

regularmente submetido a análises físico-químicas de forma a assegurar o padrão mínimo de qualidade estabelecido pelo governo. Apesar disso, especula-se que tal padrão não assegura que os compostos produzidos sejam de bom nível.

Não é necessário, apenas, o país possuir uma legislação específica, mas, sim, obter um maior controle sobre sua produção e comercialização. A falta de análises periódicas nos compostos e de controle sobre sua qualidade dificultam sua comercialização, em virtude da insegurança que isto representa no mercado.

Rodrigues (2004) sugere a adoção de um programa de monitoramento constante da qualidade dos resíduos e, conseqüentemente, dos compostos produzidos nas centrais de compostagem, garantindo a qualidade do produto e a saúde dos consumidores e do meio ambiente.

### 6.3 ASPECTOS GERAIS RELACIONADOS À CONCEPÇÃO, INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

De acordo com Lelis (2000), todo e qualquer projeto de engenharia referente a tratamento e/ou destinação final dos resíduos sólidos urbanos deve, necessariamente, passar pelas etapas de diagnóstico e planejamento. É imprescindível o prévio conhecimento da realidade do município com pretensões de implantar uma CTC. É na fase do diagnóstico que serão identificadas as principais características e peculiaridades do município, seu perfil socioeconômico, bem como todas as informações referentes à geração de resíduos, tais como taxa *per capita*, composição gravimétrica, balanço de massa etc. A indicação da solução mais adequada para a realidade encontrada deverá passar, necessariamente, pela avaliação do diagnóstico, que norteará a tomada de decisão. Concluído o diagnóstico, torna-se necessário o planejamento de todas as etapas posteriores que viabilizarão a implantação da solução indicada no diagnóstico.

O mesmo autor, ao considerar os aspectos envolvidos na implantação e operação das CTC, ressalta que a concepção e execução de projetos sem conhecimento e critérios técnicos, oneram os custos de implantação além de gerar problemas de funcionamento destas. A falta da realização de um diagnóstico dos municípios que pleiteiam essa tecnologia leva à adoção de soluções equivocadas e que estão fadadas ao fracasso. Boa parte da tecnologia adotada no Brasil é

proveniente dos Estados Unidos e de países da Europa e não levam em consideração as peculiaridades socioeconômicas brasileiras. Diversas centrais que utilizam tecnologia importada encontram-se desativadas.

Comenta ainda Lelis (2000) que inúmeras centrais foram implantadas sem o prévio levantamento da quantidade de resíduos a ser processada, o que, invariavelmente, levou à situação de sub ou superdimensionamento. Além disso, uma central deve prever, em sua concepção original, toda a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento das principais atividades. No entanto, há casos de centrais implantadas em que não foi considerada a área para o pátio de compostagem, para o aterro de rejeitos, nem mesmo para a estrutura de apoio aos funcionários (banheiros/vestiários, refeitório etc.). Situações desse tipo, geralmente associadas à falhas conceituais e/ou à falta de conhecimento técnico no desenvolvimento do projeto, causam diversos inconvenientes, podendo inviabilizar o funcionamento do sistema.

De acordo com a Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS (2006), a carência de um marco regulatório debilita o cumprimento das leis ao não permitir viabilizar e instrumentalizar a execução das ações. Somente uma pequena parcela de municípios desenvolveu Planos Diretores Municipais e, mesmo em muitos países que dispõem de legislação ambiental, ainda é insuficiente uma legislação específica referente ao manejo de RDO.

Logo, é fundamental a elaboração do Plano Diretor Municipal para o fortalecimento do marco institucional e legal dos resíduos sólidos, pois é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, visando o planejamento local com objetivo de garantir o bem-estar coletivo e a justiça social, estabelecendo diretrizes de mais longo prazo, garantindo a coerência e continuidade de ações, em especial às relacionadas à proteção do ambiente natural. Além disso, como a atividade das centrais, em virtude de seus aspectos ambientais, não é compatível com todos os tipos de zoneamentos, devem ser observadas as características referentes ao uso do solo, com base no plano diretor, da área pretendida a fim de evitar possíveis incompatibilidades.

Atualmente, a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, exige que o Município tenha um plano de gestão integrada de resíduos (BRASIL, 2007). Além disso, o estabelecimento deste plano

influirá na concepção da central de triagem e compostagem, uma vez que esta poderá receber também outros tipos de resíduos, como poda de árvores, por exemplo.

De acordo com Galvão Júnior (1994), a central de triagem e compostagem deve ser entendida como uma etapa intermediária em um sistema integrado de resíduos sólidos. A central gera produtos e subprodutos que devem ter uma destinação final adequada. Portanto, deve haver um planejamento integrando a coleta domiciliar, o funcionamento da central e o mercado de recicláveis e composto para que se tenha uma operação otimizada desse sistema.

Lelis (2000) enfatiza que um sistema de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos urbanos não deve ser implantado em local que não tenha sido objeto de ampla investigação que identifique sua aptidão para esta finalidade. Entretanto, não é incomum encontrar centrais instaladas no perímetro urbano, às margens de cursos d'água, em locais de difícil acesso ou em regiões que não disponham de energia elétrica ou abastecimento de água. Isoladamente ou em conjunto, esses fatores podem inviabilizar o funcionamento do sistema. Uma vez instalada em local inadequado, a central não deverá receber a licença de operação por parte do órgão ambiental, pois, caso venha a funcionar sem este aval, acarretará sérios riscos ambientais.

Quanto à localização, os aspectos mais citados pela literatura para a escolha de área para aterros sanitários, segundo Fiuz a; Barros (1999) são em primeiro lugar: uso do solo, declividade, acesso à área e proximidade de habitações. Em segundo lugar: geologia, hidrogeologia e distância percorrida. Já a titularidade do terreno estaria em terceiro lugar e, logo em seguida, a localização de jazidas de recobrimento, opinião pública e legislação, ventos dominantes, tamanho do terreno. Por último, aparecem as variáveis: vegetação, clima e pedologia. A autora comenta que o modo de aplicação dessas variáveis difere, também, quanto a priorização/ponderação de cada uma delas, tornando muito difícil à tarefa de comparação entre os métodos, mas que se pode identificar um ponto comum entre eles: maior peso para as variáveis de natureza física em detrimento dos aspectos sociais e políticos que, apesar de serem de difícil mensuração, exercem influências determinantes na definição das áreas. Não há, na literatura, definição dos parâmetros físicos específicos para centrais de triagem e compostagem. Desta forma, foram consultadas fontes bibliográficas de diversas naturezas, relacionadas à

disposição final de RDO e retiradas informações para o embasamento deste trabalho.

Analisando o anexo da Resolução Conama nº 308, de 21/03/2002, que se refere a elementos norteadores para implantação de sistemas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em comunidades de pequeno porte, verificou-se que muitos deles poderiam ser também apropriados para o caso da CTC, como: a) as vias de acesso ao local deverão apresentar boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas; b) adoção de áreas sem restrições ambientais; c) inexistência de aglomerados populacionais (sede municipal, distritos e/ou povoados), observando a direção predominante dos ventos; d) áreas com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados; e) preferência por áreas devolutas ou especialmente destinadas na legislação municipal de uso e ocupação do solo; f) preferência por áreas com solo que possibilite a impermeabilização da base; g) preferência por áreas de baixa valorização imobiliária; h) respeito às distâncias mínimas estabelecidas em normas técnicas ou em legislação ambiental específica, de ecossistemas frágeis e recursos hídricos superficiais, como áreas de nascentes, córregos, rios, açudes, lagos, manguezais, e outros corpos d'água; i) caracterização hidrogeológica da área e confirmação de adequação ao uso pretendido; e j) preferência por área de propriedade do Município, ou passível de cessão não onerosa de uso (comodato) a longo prazo ou desapropriável com os recursos de que disponha o Município (BRASIL, 2002). Observa-se que estas resoluções não estabelecem valores orientadores, portanto, para a realização deste trabalho, foram selecionados valores de literatura que pudessem ser sugeridos para o caso de CTC.

Da mesma forma, a resolução SMA 51, de 25 de junho de 1997, que dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar – RAP – para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares operados por municípios apresenta, em seu anexo, uma listagem exemplificativa das Áreas de Interesse Ambiental e que também podem ser consideradas para o caso da CTC, podendo ser citadas: a) aquelas incluídas no Código Florestal como sendo de Preservação Permanente conforme Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, alterada pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989 e Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002; b) aquelas sob proteção especial, tais como: parques, áreas de proteção ambiental, áreas tombadas e

aquelas citadas nos artigos 196 e 197 da Constituição Estadual; c) aquelas onde há ocorrência de Mata Atlântica, conforme Ibama nº 218, de 04 de maio de 1989; d) aquelas situadas: d<sub>1</sub>) a montante de captações, ou dentro de perímetro s de proteção de mananciais; d<sub>2</sub>) em áreas de proteção de mananciais definidas como a zona que abrange todas as áreas de drenagem dos cursos d'água a montante dos pontos de captação que são utilizados como mananciais para abastecimento público; e) áreas que constituem zonas de recarga de aquíferos; e f) áreas que atravessam o perímetro urbano do município (BRASIL, 1989, 2002).

O Manual Para Implantação de Aterros Sanitários em Valas de Pequenas Dimensões, editado pelo I.A.P, anexo da Resolução Conjunta nº. 01/2006 – Sema/IAP/SUDERHSA, de 21 de agosto de 2006, estabelece que as áreas destinadas à implantação de aterros sanitários não devem estar situadas à distância inferior a 1.500 metros, a partir do seu perímetro, de núcleos habitacionais e devem estar 300m de distância do perímetro da área de residências isoladas (PARANÁ, 2006).

No que se refere à proximidade de recursos hídricos, a Portaria nº 124, de 20/8/80, do Ministério do Interior, estabelece: “quaisquer indústrias potencialmente poluidoras, bem como as construções ou estruturas que armazenam substâncias capazes de causar poluição hídrica, devem ficar a uma distância mínima de 200 metros de coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos” (CASTILHOS JÚNIOR, 2003). No entanto, o autor ressalva que, quando estiver localizado em bacia primária do manancial de abastecimento público de água e ainda a montante do ponto de captação, o empreendimento não deveria ser aprovado, visto o risco de possível comprometimento da qualidade da água.

Quanto à declividade do solo, Castilhos Júnior (2003) ressalta sua importância, que pode ser verificada em termos de preservação do solo, pois, além de ser um fator restritivo do uso para disposição de resíduos sólidos urbanos, limita o transporte do material até o local.

A respeito das faixas de declividades consideradas adequadas, observa-se que variam de autor para autor, pois não existem estudos conclusivos sobre o tema. O Relatório de Impacto Ambiental – RCA, do Consórcio de João Monlevade, Rio Piracicaba e Bela Vista de Minas, para implantação de um aterro sanitário, considerou adequados todos os terrenos com declividade até 30%. Já M & F Engenharia e Meio Ambiente (2002), no relatório de estudo ambiental prévio para

localização de áreas aptas para implantação de aterro sanitário no município de Londrina, limitou como declividade máxima 20% e, para distância de rodovias Federais e Estaduais, devido ao impacto visual e manobras de caminhões, excluiu uma faixa de 100 m de cada lado destas vias.

A permeabilidade é um fator importante a ser considerado, pois indica a maior ou menor facilidade com que a percolação da água ocorre através de um solo. Ela depende principalmente do tamanho e arranjo dos grãos do solo, do índice de vazios, das características do fluido que escoar e da temperatura. É desejável que o solo do terreno tenha uma impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. Conforme estudos recentes (M & F ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2002), o coeficiente de permeabilidade do material inconsolidado é considerado favorável à implantação de um aterro sanitário no local quando apresenta valores iguais ou menores que  $10^{-4}$  cm/s, moderado quando varia entre  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/s, severo quando for maior que  $10^{-3}$  cm/s e restrito quando os valores são muito altos. Para o caso de CTC, o valor não precisa ser tão restritivo, pois, se bem operada, não deverá gerar lixiviado. No entanto, deve-se considerar que haverá um risco instalado.

O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local, mesmo em épocas de chuvas muito intensas. Como o tráfego de veículos transportando resíduos é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, é desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.

Reis (2004) enfatiza que a produção de uma central de triagem e compostagem está diretamente ligada à capacidade operacional, ou seja, depende da estrutura física, tais como: quantidade e capacidade dos equipamentos de triagem e compostagem, área de armazenamento de recicláveis, rejeitos e composto orgânico, área de compostagem e também, principalmente, da mão de obra para a triagem de resíduos em sistemas de esteiras de catação. As condições climáticas também interferem na produção de uma central de triagem e compostagem, especificamente na compostagem, onde a produção de composto peneirado é prejudicada em períodos chuvosos ou de elevada umidade.

Muitas centrais implantadas no país são dotadas de equipamentos eletromecânicos, entretanto, nem sempre estes equipamentos são necessários, e

quando o são, geralmente carecem de especificação adequada. Há, no país, diversos fabricantes de maquinários (para outras finalidades) que enxergaram no RDO um filão e passaram a produzir equipamentos adaptados para as centrais. Essa prática tem-se constituído em grave problema para as Prefeituras que adquirem equipamentos sem acompanhamento técnico. Outro fator que tem inviabilizado o funcionamento de algumas centrais é também a excessiva mecanização, responsável por elevado consumo energético e complexidade no fluxo de materiais (PEREIRA NETO, 2000.). Disto infere-se o quanto é importante um diagnóstico local, essencial para a concepção e execução de projetos.

Quanto à avaliação dos aspectos operacionais de 56 CTC espalhadas pelo Brasil, dotadas de diferentes tipos de sistemas, Galvão Júnior (1994) observou que a falta de qualidade dos produtos, na maioria das centrais estudadas, gera descrédito desses sistemas, em virtude do alto teor de impurezas nos materiais recicláveis e no composto, fruto da compactação na coleta convencional. Também ficou evidenciada a falta de qualificação da mão de obra nas operações envolvidas na esteira de triagem, além da existência de centrais com idades avançadas e com capacidades reais de processamento acima das capacidades nominais. Além disso, Pereira Neto (2000) comenta que a geração de odores desagradáveis e a presença de vetores e chorume evidenciam falhas decorrentes da ineficiência no tratamento dos resíduos orgânicos. Estes problemas nunca deveriam ocorrer em um sistema de tratamento por compostagem e estão associados à falta de conhecimento mínimo sobre o controle operacional do processo.

De acordo com Galvão Júnior (1994), a qualidade do composto orgânico produzido nas centrais tem sido questionada freqüentemente. Somente por meio do monitoramento do processo e da realização periódica de análises laboratoriais do composto orgânico é que se pode avaliar sua qualidade. Devem ser feitas avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bacteriológicas no composto orgânico, visando avaliar, entre outros parâmetros, a umidade, o pH, o percentual de matéria orgânica, o teor de macro e micro-nutrientes, a relação C/N e a presença de metais pesados. O valor agrícola e comercial de um composto orgânico só poderá ser estimado após a determinação desses parâmetros, que deverão vir acompanhados de laudo técnico, que restringirá ou não a utilização do produto. A venda e a utilização de composto orgânico de má qualidade contribuem significativamente para a criação de uma imagem negativa do processo de compostagem.

Da mesma forma, Pereira Neto (2000) relata que o uso do composto não maturado no país tem levado grande descrédito a compostagem, pois se acredita, erroneamente, ser este um problema associado ao uso do composto orgânico proveniente da fração orgânica do RDO. Na verdade, qualquer composto não maturado leva à produção de toxinas no solo, o que inibe a germinação de sementes, leva à liberação de amônia, que é tóxica aos vegetais e pode provocar uma redução bioquímica do nitrogênio no solo, trazendo malefícios ao solo e às plantas.

Para a maioria dos pesquisadores, a coleta e o processamento dos resíduos de forma separada, de acordo com suas diferentes frações – orgânica, metais, vidro, papéis, alumínio, tecidos, madeira – é uma das melhores maneiras de obter um produto final de boa qualidade, que pode ser utilizado sem maiores preocupações e que possui potencial atrativo aos agricultores (LOPEZ -REAL, 1994).

Além disso, o estabelecimento de um programa de coleta seletiva é muito importante quando da instalação de uma central de triagem e compostagem, para que contribua à reflexão em torno do desperdício e da geração de resíduos, pois, caso contrário, a instalação da central prejudicaria a qualidade dos produtos do processo devido à sujeira e contaminação, valendo muito menos no mercado de recicláveis do que aqueles coletados seletivamente. Ademais, alivia a consciência da comunidade, que se sente no direito de livremente consumir e descartar tudo o que não quer mais, por saber que foi instalada a central. De acordo com Kunhen, (1995), os programas de coleta seletiva, em especial os que implicam separação dos resíduos nos domicílios, podem auxiliar na verificação do volume e dos tipos de resíduos gerados, oferecendo subsídios para a educação ambiental.

Os processos de triagem e compostagem, quando não precedidos pela coleta seletiva, apresentam baixa eficiência e as centrais que recebem os resíduos coletados em caminhões compactadores apresentam uma grande quantidade de rejeitos e produzem elevada quantidade de recicláveis contaminados, o que, muitas vezes, inviabiliza sua comercialização e reduz a qualidade do composto produzido.

No entanto, para o planejamento da CTC é importante considerar não só a existência de um programa de coleta seletiva, mas também a sua eficiência na recuperação de materiais e a amplitude de implantação, haja vista que isso refletirá na concepção, nos equipamentos da CTC, no estudo de viabilidade econômica e de mercado do composto e recicláveis.

Sob o aspecto operacional, seria importante que a distância da CTC ao aterro sanitário fosse avaliada, haja vista refletir no estudo de viabilidade econômica do empreendimento, em especial no tocante aos aspectos de infra-estrutura, escolha de área e transporte de rejeitos, entre outros.

Quanto à cobertura das leiras, Gogarti (2001) observou que, embora não ocorreram diferenças entre as leiras cobertas e descobertas, no tocante à temperatura durante o processo de compostagem e qualidade do composto em termos de concentração de nutrientes, os valores de matéria orgânica compostável e matéria orgânica resistente a compostagem indicaram que houve maior estabilização no composto obtido nas leiras cobertas. Comentou ainda que a quantidade de chorume gerada pela leira coberta foi muito inferior à da que permaneceu descoberta e insuficiente para corrigir o teor de umidade das leiras, tornando desnecessária, quando se adota a cobertura do pátio de cura, a implantação de sistemas de tratamento de chorume.

Quanto à comercialização, os seis principais segmentos de mercado apontados por Eggerth (1996) apud Barreira (2005) e que podem ser expandidos para o Brasil são: a) Agricultura: produção de alimentos, não alimentos e pastagens; b) Paisagismo: propriedades industriais e comerciais; manutenção do solo (campos de golfe, cemitérios, etc.); c) Viveiros de plantas: plantas em vasos, plantio de raízes aéreas; produção de sementes florestais; d) Agências Públicas: manutenção e paisagismo das estradas, parques, áreas de recreação e outras propriedades públicas; e) Residenciais: paisagismo de casas e jardinagem; f) Outros: projetos de reflorestamento e cobertura do solo.

No entanto, conforme relatado por Canziani (1999), o estudo de viabilidade econômica do empreendimento deve ser realizado levando-se em consideração a utilização do composto por parte dos agricultores e a comercialização dos materiais recicláveis, seja através de programas de apoio governamental ou da terceirização destes serviços à iniciativa privada. Esta visão decorre do fato que não se pode perder a perspectiva de soluções definitivas para uma disposição final adequada dos RDO, sem comprometimento ambiental. Não se deve esquecer que, para que haja sucesso do empreendimento, também deve ser analisada a aceitação do produtor em utilizar o composto como insumo agrícola. Dentro deste aspecto, o custo de transporte é um importante parâmetro que deve levar em conta o tipo de veículo e a distância. De acordo com os dados da Conet – Confederação Nacional das

Empresas de Transporte –, os valores médios do custo unitário de transporte de grandes massas, para distâncias de ida e volta, oscilam em torno de 4,4 centavos/T/km até 50 km; 2,5 centavos/T/km até 100 km; de 1 a 2 centavos/T/km até 400 km e abaixo de 1 centavo/T/km para distâncias acima de 400 km. Isto mostra a importância do custo de transporte no estudo de viabilidade. No entanto, deve-se considerar que o objetivo principal da CTC é tratar e dispor adequadamente os resíduos e para isto é necessário que o estudo seja realizado no planejamento, para permitir o estabelecimento das estratégias necessárias. Logo, estudos mais aprofundados do mercado e perfil do produto demandado devem ser realizados na fase de planejamento, uma vez que isso pode ter reflexos na concepção e equipamentos da CTC (PROSAB, 1999). Inclusive, deve-se dar atenção para a vida útil do empreendimento; pelo fato de necessitar de licenciamento ambiental, a escolha da área nem sempre é um procedimento simples.

De modo geral, segundo Barreira (2005), é consenso que a adoção dos processos de triagem e compostagem de RDO é altamente viável, pelos seguintes motivos, dentre outros:

- a) O elevado teor de matéria orgânica presente nos RDO reforça a necessidade de adoção de sistemas de tratamento que contemplem essa fração;
- b) Possibilidade de reintrodução, no processo produtivo, dos materiais recicláveis, proporcionando melhorias para a economia;
- c) A geração de empregos diretos (no sistema de tratamento) e indiretos, em face, principalmente, da comercialização dos materiais recicláveis e do uso do composto;
- d) Concepção de projeto que estimula a participação da sociedade, no exercício de sua cidadania na busca de solução para o problema da disposição inadequada dos resíduos sólidos domiciliares.

No entanto, fica evidente a carência de estruturas institucionais; falta de articulação e incompatibilidade de instrumentos legais; parcial implementação de planos, programas e projetos de longo prazo, devido à falta de sustentabilidade econômica e financeira. Portanto, a questão deveria ter como foco a gestão integrada, estabelecida com base em diagnósticos participativos, planejamento estratégico, integração de políticas setoriais, parcerias entre os setores público e

privado, mecanismos de implementação compartilhada das ações, instrumentos de avaliação e monitoramento – não somente na escolha de tecnologias apropriadas –, definição de prioridades, estratégias políticas e de financiamento de programas voltados para as realidades regionais e locais.

Baseados nos principais pontos indicados pela literatura em relação à concepção, infra-estrutura e operação da CTC e em parâmetros estabelecidos para instalação de aterros sanitários, quando disponíveis, visto a deficiência de parâmetros específicos às centrais, este trabalho buscou contribuir para o processo de licenciamento ambiental através da formulação de um instrumento norteador de avaliação para cada etapa do processo, restringindo-se ao sistema de compostagem *windrow*, para os empreendimentos desobrigados, pelo órgão ambiental, da apresentação de estudos de impacto ambiental.

## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da análise desenvolvida nos capítulos de revisão bibliográfica, em especial no item 6.3 e considerando a relevância do tema e a quantidade restrita de trabalhos desenvolvidos no âmbito de centrais de triagem e compostagem, principalmente para aplicação em processos de licenciamento ambiental, foi definida a seguinte questão de pesquisa: **Como avaliar as centrais de triagem e compostagem no processo de licenciamento ambiental?**

A questão principal foi, ainda, discriminada nas seguintes questões intermediárias:

- a) Quais os principais aspectos a serem considerados em cada etapa de licenciamento: LP, LI e LO?
- b) Quais os critérios de avaliação a serem utilizados para cada aspecto selecionado de cada etapa do processo?
- c) Qual a escala de prioridade de cada aspecto para cada etapa do processo de licenciamento ambiental: LP, LI e LO?

### DELINEAMENTO DA PESQUISA

O processo de pesquisa teve início com uma revisão bibliográfica para obtenção do conhecimento sobre os conceitos relacionados às centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

Como etapa inicial, foram realizados estudos exploratórios constituídos de visitas técnicas a algumas experiências municipais brasileiras, nos estados do Paraná e São Paulo, com centrais de triagem e compostagem a fim de acompanhar a operação destas em condições normais de trabalho para identificar aspectos inerentes ao processo, com a finalidade de entender os aspectos organizacionais, técnicos e gerenciais para associá-los aos dados colhidos na revisão bibliográfica e definição e formulação do instrumento de pesquisa.

Após o estudo exploratório, foi necessário consultar as mais diversas fontes de informação, visando identificação de referenciais e parâmetros que pudessem balizar o trabalho. Recorreu-se às fontes científicas especializadas e também aos EIA e RIMA referentes a processos de licenciamento ambiental para instalação de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, já que não foi possível ter acesso a estudos específicos para centrais de triagem e compostagem. Foram analisados

também documentos de institutos e órgãos ambientais como CETESB, IAP, além de legislação pertinente ao tema.

Durante o levantamento bibliográfico, ficou evidente a escassez de literatura para o caso de centrais de triagem e compostagem, principalmente no tocante a instrumentos para análise de processos de solicitação de licenciamento ambiental.

A partir daí, foi estabelecida a proposição do trabalho que norteia esta pesquisa, considerando que os estudos existentes sobre danos e prevenção de impactos ambientais relacionados a resíduos sólidos urbanos permitiriam a elaboração de um instrumento técnico capaz de nortear uma avaliação de CTC, na etapa de licenciamento ambiental.

O levantamento bibliográfico permitiu identificar com maior facilidade as principais variáveis físico-geográficas a serem consideradas. No entanto, mostrou a necessidade de serem avaliados outros fatores relevantes no processo e que, em geral, não foram considerados pelos autores que serviram de referência para este estudo.

Foi então elaborada a primeira versão dos aspectos a serem observados na avaliação das centrais, que foram formatados em planilhas individualizadas para cada uma das categorias: excludentes, planejamento/localização, infra-estrutura e operação, com o intuito de fornecer subsídios ao processo de licenciamento ambiental constituído pelas licenças: prévia, de instalação e de operação. Portanto, na categoria “excludentes”, estariam os aspectos a serem avaliados em uma consulta prévia, ou antes, de iniciar a avaliação da LP, onde estariam os aspectos relacionados à categoria planejamento/localização. Já a categoria infra-estrutura seria constituída por elementos a serem considerados na etapa de LI e a de operação, na LO. Os aspectos foram formulados de modo a serem claros e objetivos e que não oferecessem margem de dúvida durante a avaliação. A preocupação constante foi também estruturar um conjunto de aspectos pouco extenso e de fácil acesso, para cada fase do processo de licenciamento, em função do grande número de aspectos envolvidos, cuja hierarquia e critérios de avaliação ainda não estão bem estabelecidos cientificamente, o que dificulta a atribuição de valores para tornar o processo mais objetivo. Levou-se em consideração que o levantamento de um grande número de aspectos tornaria a avaliação confusa e subjetiva, na medida em que pode contribuir para que se perca a visão global da relação causa-efeito, desviando a atenção no momento da avaliação, para interação individual dos

fatores.

Com a obtenção dessa primeira versão do instrumento (que consistiu em uma planilha cujos exemplos estão ilustrados pelos Quadros 4, 5, 6 e 7, optou -se pela consulta a um grupo de cerca de cinquenta profissionais com experiência no tema, previamente selecionados através de consulta ao curriculum Lattes, abrangendo tanto os pesquisadores renomados, como profissionais com experiência prática em atividades de consultorias. A planilha foi enviada por meio eletrônico, após obtenção de permissão de cada um dos consultados, com uma síntese dos objetivos da pesquisa e a solicitação de colaboração no sentido de avaliar se os aspectos propostos eram suficientes ou necessitavam de complementações.

<b>CRITÉRIOS EXCLUDENTES</b>
Distância de núcleos habitacionais a partir do perímetro da área < 1.500 m.
Distância de rios e nascentes a partir do perímetro da área < 200m.

**Quadro 4** – Exemplo da planilha contendo alguns dos critérios excludentes.

<b>PLANEJAMENTO/LOCALIZAÇÃO</b>
<b>Aspectos</b>
Diagnóstico do município e da geração de resíduos
Plano Diretor participativo
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

**Quadro 5** – Exemplo da planilha contendo alguns aspectos referentes ao planejamento e localização.

<b>INFRA-ESTRUTURA</b>
<b>Aspectos</b>
Recepção
Alimentação da esteira
Triagem

**Quadro 6** – Exemplo da planilha contendo alguns aspectos referentes à infra -estrutura.

OPERAÇÃO
Aspectos
Frequência de revolvimento das leiras para o sistema windrow na fase termófila
Controle da umidade nas leiras na fase termófila

**Quadro 7** – Exemplo da planilha contendo alguns aspectos referentes à operação das CTC.

As contribuições recebidas desse grupo de profissionais foram avaliadas e subsidiaram a segunda versão da planilha, fazendo-se a inclusão das sugestões pertinentes.

Esta segunda versão já foi elaborada com critérios específicos para a classificação de cada aspecto a ser avaliado, estabelecendo-se uma escala crescente de valores para as categorias de desejável, tolerado e indesejável. Os critérios foram estabelecidos através da revisão de literatura, lançando-se mão de parâmetros legais e exigências técnicas, além de instrumentos que permitiam considerar a possibilidade de perdas ambientais, sociais e ou econômicas.

No entanto, observou-se a necessidade de que o instrumento evitasse, ao máximo, a subjetividade na avaliação. Desta forma, o primeiro impasse a ser vencido seria estabelecer uma ponderação/valoração de cada aspecto e critério estabelecidos. Atribuiu-se, então, fatores de ponderação 3, 2 e 1 para as categorias desejável, tolerado e indesejável, respectivamente, buscando-se relacionar o aspecto avaliado ao comprometimento ambiental, definindo como:

- **desejável:** situação em que a legislação e ou os parâmetros técnicos são atendidos.
- **tolerado:** situação em que os parâmetros técnicos e legislação são parcialmente atendidos, mas facilmente corrigidos mediante adequação técnica de projeto .
- **indesejável:** situação onde os parâmetros técnicos e legislação não são atendidos e cuja adequação técnica exigirá elaboração de projetos especializados, ou não atendem recomendações da literatura quanto a aspectos de planejamento e concepção, comprometendo o desempenho do empreendimento.

Desta forma, na avaliação de uma CTC, é possível identificar os aspectos que não estão adequados facilitando o parecer das várias etapas de avaliação da

licença ambiental.

Uma vez estabelecidos os critérios de forma mais consistente, esta versão foi enviada a 5 profissionais que mais se destacaram na primeira fase em razão do entendimento sobre a finalidade do instrumento que estava sendo elaborado, para que se pronunciassem quanto ao coeficiente de importância de cada critério proposto, devendo numerá-los de 1 a 10, de forma que o número 1 correspondesse à primeira prioridade. O objetivo foi estabelecer uma forma de ponderação da importância relativa de cada aspecto avaliado, para que fosse possível, num próximo trabalho, definir intervalo de pontuação total obtida para cada etapa do processo de licenciamento ambiental, que pudesse ser considerada para a aprovação da respectiva licença. Este método também traria subsídios ao técnico que estivesse avaliando o processo quando da emissão de seu parecer, mencionando as exigências específicas, baseado nas evidências da ferramenta, no caso de aprovação, principalmente no caso da LP, onde são estabelecidos os padrões a serem atendidos.

Vale ressaltar que não fez parte do escopo desta dissertação o estabelecimento de um princípio restritivo para a aprovação das licenças ambientais, pois somente poderia ser estabelecido através de uma aplicação ampla da ferramenta para diferentes casos, devido à interação entre os aspectos.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se iniciar a elaboração de planilhas com sugestões de aspectos a serem avaliados para cada etapa do processo de licenciamento ambiental, percebeu -se a necessidade da criação de uma planilha específica que deveria ser utilizada para a efetivação de uma avaliação prévia do empreendimento, antes mesmo da solicitação da LP, caso houvesse interesse do empreendedor, pois ela já o orientaria sobre a viabilidade da obtenção da licença prévia. Assim, esta planilha seria utilizada para uma avaliação preliminar do empreendimento, demandada pelo empreendedor, ao mesmo tempo em que poderia ser adotada como uma primeira planilha a ser utilizada pelo técnico responsável pela análise do processo de licenciamento, pois nela estariam relacionados os critérios excludentes, ou seja, aqueles critérios que, caso não fossem cumpridos, implicariam a não aprovação do empreendimento pelo órgão licenciador.

A finalidade dessa primeira planilha é identificar as condições locais apresentadas para implantação/desenvolvimento das atividades da CTC

Na escolha dos critérios presentes nessa planilha, foram utilizados os parâmetros estabelecidos em legislação Federal para seleção de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários, em normas e recomendações de Órgãos Ambientais e, na ausência de parâmetros orientadores, foram utilizados os mais restritivos sugeridos pela literatura. A quadro 8 apresenta essa planilha com os critérios excludentes.

<b>CRITÉRIOS EXCLUDENTES</b>
Distância de núcleos habitacionais a partir do perímetro da área < 1.500 m (Resolução Conjunta nº 01/2006 – Sema/IAP/Suderhsa, de 21/08/2006 - anexo)
Distância de residências isoladas a partir do perímetro da área < 300 m (Resolução Conjunta nº 01/2006 – Sema/IAP/Suderhsa, de 21/08/2006 - anexo)
Distância de rios e nascentes a partir do perímetro da área < 200m (Resolução Conjunta nº 01/2006 – Sema/IAP/Suderhsa, de 21/08/2006 - anexo).
Declividade do solo > 20%.
Unidades de conservação, estações ecológicas, parques ecológicos, áreas de interesse ambiental (Resolução SMA 51 de 25/06/1997;Resolução Sema nº 031, de 24/08/1998)
Perímetro urbano ou perímetro de expansão urbana
Nível do lençol freático < 2 metros
Distância mínima da faixa de domínio de rodovias,ferrovias, linhas ferroviárias, conforme normas vigentes em cada Estado
Localizado em Bacia primária do manancial de abastecimento público de água, a montante do ponto de captação.(Resolução SMA 51 de 25/06/1997 - anexo; Resolução Conjunta nº 01/2006 – Sema/IAP/Suderhsa, de 21/08/2006 - anexo).

**Quadro 8** – Planilha de Critérios excludentes

Quando essa planilha foi submetida aos avaliadores, não houve sugestão para acréscimo ou retirada de itens a serem considerados, nem quanto aos critérios técnicos, quando estabelecidos.

A segunda planilha, apresentada no quadro 9, tem por objetivo avaliação da LP, envolvendo aspectos relativos ao planejamento e localização.

PLANEJAMENTO/LOCALIZAÇÃO			
Aspectos	Desejável	Tolerado	Indesejável
Diagnóstico do município e da geração de resíduos	realizado por profissional habilitado	realizado por profissional não habilitado	não realizado
Plano Diretor participativo	realizado e implantado	realizado mas não implantado	não realizado
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	realizado e implantado	realizado mas não implantado	não realizado
Estudo de viabilidade econômica do empreendimento	planejado e consistente	apenas planejado	não contemplado
Plano para demanda de composto orgânico	plano bem consistente com local	plano fraco em intenções	não previsto
Mercado de recicláveis (plásticos, papéis, vidros e metais).	bem equacionado	apenas planejado	não considerado
Licenciamento das atividades na Prefeitura -aprovação de projeto urbanístico	analisado e compatível	não analisado, porém compatível	não analisado e não compatível
Vida útil do empreendimento	entre 10 e 20 anos	entre 5 e 10 anos	menor que 5 anos
Coleta seletiva (não apenas coleta seletiva, mas que tenha uma eficiência mínima, medida pela relação material coleta seletiva/material coleta regular).	cobertura em 100% da área e com eficiência de recuperação $\geq 20\%$	cobertura $< 100\%$ e com eficiência de recuperação $\geq 20\%$	não implantada
Aterro sanitário licenciado para disposição de rejeitos	licenciado pelo órgão ambiental	em processo de regularização	sem licenciamento
Profundidade do lençol freático	$> 3$ m	entre 2 e 3 m	$< 3$ m
Permeabilidade do solo	$< 10^{-5}$ cm/seg	$10^{-3}$ a $10^{-5}$ cm/seg	$> 10^{-3}$ cm/seg
Predominância de ventos	opostos aos núcleos habitacionais situados no entorno	no sentido dos núcleos hab. com barreira de proteção	no sentido dos núcleos hab. sem barreira de proteção
Distância do aterro sanitário	no local do aterro	próximo e na mesma rota	fora da rota
Vias de acesso ao local	asfaltadas, planas e retas	moledo, com rampas e poucas curvas amenas	sem pavimento, com rampas e curvas
Trajectoria	perimetral/marginal	área de baixa densidade populacional	área central, escolas e hospitais
Impacto visual	tratamento paisagístico	simples cercamento	sem qualquer barreira
Declividade do solo	entre 2 e 5%	entre 5 e 10%	entre 10 e 20%
Titularidade da área	propriedade do município	em processo de desapropriação	em processo de desapropriação
Distância do mercado consumidor	menor que 10 km	entre 10 e 20 km	$> 20$ km
Água e energia elétrica	redes implantadas	em implantação	inexistente

**Quadro 9** – Aspectos a serem considerados na LP.

Portanto, nesta planilha constam os aspectos sugeridos para serem avaliados com seus respectivos critérios, considerando o que Lelis (2000) enfatizou ao comentar que todo e qualquer projeto de engenharia destinado ao tratamento e/ou destinação final dos resíduos sólidos urbanos deve, necessariamente, passar pelas etapas de diagnóstico e planejamento para o prévio conhecimento da realidade do município, visto que a indicação da solução mais adequada para a realidade encontrada deverá passar, necessariamente, pela avaliação do diagnóstico, que norteará a tomada de decisão.

São também sugeridos aspectos relacionados à aptidão da área para implantação de CTC, o que também foi levantado por Lelis (2000), quando menciona que um sistema de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos urbanos não deve ser implantado em local que não tenha sido objeto de ampla investigação, identificando sua aptidão para esta finalidade, pois a ausência dela pode inviabilizar o funcionamento de todo o sistema.

Desta forma, foram então selecionados alguns dos aspectos comentados por Fiuza; Barros (1999) quando fez uma ampla revisão bibliográfica obtendo os mais citados pela literatura para a escolha de área para aterros sanitários, que mais se aplicavam para o caso, destacando-se declividade, acesso à área, proximidade de habitações, aspectos de hidrogeologia, titularidade do terreno, ventos dominantes. Considerou-se também importante, para o caso da CTC, avaliar a disponibilidade de infra-estrutura, mensurada por indicadores tais como energia elétrica, água, impacto visual e distância do mercado consumidor. A sugestão destes aspectos vem ao encontro do comentário de Lelis (2000) de que não é incomum encontrar centrais instaladas no perímetro urbano, às margens de cursos d'água, em locais de difícil acesso ou em regiões que não disponham de energia elétrica ou abastecimento de água. Isoladamente ou em conjunto, esses fatores podem inviabilizar o funcionamento do sistema. Uma vez instalada em local inadequado, a central não deverá receber a licença de operação por parte do órgão ambiental e, caso venha a funcionar sem este aval, acarretará sérios riscos ambientais.

Segundo Canziani (1999) e Prosab (1999), estudos de viabilidade econômica do empreendimento devem ser realizados considerando-se a utilização do composto por parte dos agricultores e a comercialização dos materiais recicláveis, haja vista que isso pode ter reflexos na concepção do empreendimento e equipamentos da CTC.

Quando esta planilha foi submetida aos 5 especialistas que melhor responderam à primeira fase da pesquisa, para que se pronunciassem quanto ao coeficiente de importância de cada aspecto proposto, verificou-se que não houve convergência total nas opiniões. Deve-se ressaltar que somente 3 dos especialistas participaram efetivamente do processo, pois um deles se pronunciou como não apto a fazer e outro se manifestou impossibilitado de dar continuidade à avaliação, por motivo de saúde, e somente questionou alguns critérios estabelecidos, não os pontuando.

A idéia original da estruturação das planilhas para apoiarem a LP, LI e LO foi, a partir da indicação de prioridade dos aspectos, estabelecer um peso relativo a eles. De posse disto e dos fatores de ponderação 3, 2 e 1, respectivamente para as categorias desejável, tolerado e indesejável, poderia ser estabelecido um princípio restritivo para as respectivas licenças, depois de somados os valores da multiplicação do peso relativo de cada aspecto pelo fator de ponderação de cada categoria, estabelecido para os mesmos. Desta forma, seriam estipulados 3 intervalos de classes de pontuação total de modo que, para uma determinada soma de pontos, as respectivas licenças seriam fornecidas sem restrições, para outra seriam emitidas com restrições identificadas durante a aplicação da planilha e a terceira seria a pontuação que negaria a respectiva licença. No entanto, é importante ressaltar que não foi possível estabelecer este princípio para a classificação final, justamente por ter sido encontrada dificuldade na participação do processo de avaliação e na convergência dos resultados e também porque o princípio somente poderia ser validado depois de uma aplicação ampla da ferramenta para diferentes casos, devido à interação entre os aspectos.

A tabela 3 apresenta as pontuações dos aspectos estabelecidas pelos avaliadores para a planilha que subsidiaria a avaliação da LP.

**Tabela 3:** Resultado de pontuações estabelecidas pelos avaliadores quanto à classificação de prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de planejamento - localização

PLANEJAMENTO - LOCALIZAÇÃO	Pontuação relativa dos avaliadores		
	Aspectos	A	B
Diagnóstico do município e da geração de resíduos	1	1	6
Plano diretor participativo	3	2	10
Plano de gestão integrada de resíduos sólidos implemer	1	1	8
Estudo de viabilidade econômica do empreendimento	8	1	5
Plano para demanda de composto orgânico	3	1	4
Mercado de recicláveis	1	1	7
Licenciamento das atividades na Prefeitura - aprovação de projeto urbanístico	1	1	2
Vida útil do empreendimento	5	3	10
Coleta seletiva (não apenas coleta seletiva, mas que tenha uma eficiência mínima, medida pela relação material coleta seletiva/material coleta regular).	1	2	3
Profundidade do lençol freático	1	1	3
Permeabilidade do solo	5	3	5
Predominância de ventos	2	2	5
Distância do aterro sanitário	1	4	7
Vias de acesso ao local	3	1	7
Trajectoria	5	10	5
Impacto visual	4	5	8
Declividade do solo	5	3	5
Titularidade da área	4	3	8
Distância do mercado consumidor	5	3	5
Água e energia elétrica	3	1	7

Para interpretação da tabela 3, as pontuações dos avaliadores foram divididas em faixas para as quais foram propostas a classificação de prioridade, com os respectivos fatores de ponderação, conforme apresentado na tabela 4.

**Tabela 4:** Classificação de prioridade e fatores de ponderação

Faixa de pontuação dos avaliadores	Classificação da prioridade	Fator de ponderação proposto
<b>1 a 3</b>	<b>elevada</b>	<b>3</b>
<b>4 a 7</b>	<b>média</b>	<b>2</b>
<b>8 a 10</b>	<b>baixa</b>	<b>1</b>

Observa-se que foram convergentes e classificados como de elevada prioridade os aspectos: licenciamento das atividades na Prefeitura, coleta seletiva e profundidade do lençol freático.

Os aspectos que receberam pontuações totalmente discrepantes entre os 3 avaliadores foram: estudo de viabilidade econômica do empreendimento, distância do aterro sanitário e vida útil do empreendimento, pois as pontuações foram correspondentes à elevada, média e baixa prioridades, não havendo convergência de opinião.

Os aspectos que receberam pontuações convergentes entre 2 avaliadores foram: diagnóstico do município e da geração de resíduos; plano diretor participativo; plano de gestão integrada de resíduos sólidos implementado; plano para demanda de composto orgânico, mercado de recicláveis; aterro sanitário licenciado para disposição de rejeitos; predominância de ventos; vias de acesso ao local; trajetória; impacto visual; titularidade da área; água e energia elétrica; distância do mercado consumidor e permeabilidade solo.

Dos aspectos que foram convergentes entre 2 avaliadores, observa-se que receberam pontuações correspondentes à elevada e média prioridades: diagnóstico do município e da geração de resíduos, plano para demanda de composto orgânico, mercado de recicláveis, permeabilidade do solo, predominância dos ventos, vias de acesso ao local, declividade do solo; distância do mercado consumidor e água e energia elétrica.

Já os aspectos trajetória, impacto visual e titularidade da área receberam pontuações correspondentes à média e baixa prioridades.

Se considerar que o aspecto deva permanecer na classe de prioridade estabelecida pela maioria, teriam elevada prioridade: mercado de recicláveis, predominância dos ventos, vias de acesso ao local, água e energia; teria média prioridade os aspectos de: permeabilidade do solo; trajetória, impacto visual, titularidade da área, declividade do solo e distância do mercado consumidor.

A maior variabilidade de pontuação foi quando, mesmo sendo a pontuação convergente entre 2 avaliadores, as classes variavam de alta prioridade a baixa prioridade, o que ocorreu nos seguintes aspectos: plano diretor participativo, plano de gestão integrada de resíduos sólidos implementado e aterro sanitário licenciado para rejeitos. No entanto, da mesma forma, se for estabelecida uma classificação de prioridade considerando a pontuação da maioria, todos estes aspectos citados ficariam classificados como de alta prioridade.

Portanto, decorrente dessa análise, tem-se a proposta de fator de ponderação relativa para os aspectos avaliados, apresentada na tabela 5.

**Tabela 5:** Proposta de fatores de ponderação relativos dos aspectos avaliados para LP

PLANEJAMENTO - LOCALIZAÇÃO	Fator de ponderação proposto
Aspectos	
Diagnóstico do município e da geração de resíduos	3
Plano Diretor participativo	3
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Implementado	3
Estudo de viabilidade econômica do empreendimento*	
Plano para demanda de composto orgânico	3
Mercado de recicláveis	3
Licenciamento das atividades na Prefeitura -aprovação de projeto urbanístico	3
Vida útil do empreendimento*	
Coleta seletiva (não apenas coleta seletiva, mas que tenha uma eficiência mínima, medida pela relação material coleta seletiva/material coleta regular).	3
Aterro sanitário licenciado para disposição de rejeitos	3
Profundidade do lençol freático	3
Permeabilidade do solo	2
Predominância de ventos	3
Distância do aterro sanitário*	
Vias de acesso ao local	3
Trajectoria	2
Impacto visual	2
Declividade do solo	2
Titularidade da área	2
Distância do mercado consumidor	2
Água e energia elétrica	3

\* Não houve convergência

A planilha apresentada no quadro 10 é constituída por aspectos a serem considerados na etapa de LI, portanto, refere-se mais aos aspectos de infraestrutura do empreendimento relativos a equipamentos para o processo e instalações para controle de poluição, assim como a aspectos de projeto.

INFRA-ESTRUTURA			
Aspectos	Desejável	Tolerado	Indesejável
Recepção	existente com controle	existente sem controle	não existente
Alimentação da esteira	mecanizada com boas condições sanitárias	manual com controle de vetores	manual em más condições
Triagem	esteiras com velocidade adequada	com mesas estáticas	sem equipamento (chão)
Isolamento da área (cercamento)	seguro para entrada de pessoas e animais e com cerca viva	cerca de arame (contenção de pessoas e animais)	inexistente
Pátio de cura	existente com área adequada	existente com pouca área	inexistente
Impermeabilização dos pátios	concreto ou asfalto	argila compactada	inexistente
Cobertura do pátio de compostagem e maturação	existente e permanente	existente e manual	inexistente
Revolvimento das leiras	mecânico (pá carregadeira ou aeração forçada)	manual	inexistente
Baias para material triado e rejeito	adequadas e em número suficiente	insuficiente	inexistente
Cobertura das baias	permanente	controle manual	inexistente
Disposição dos não comercializáveis (rejeitos)	destinado ao aterro licenciado	armazenados a céu aberto e destinados a aterro sem licença	destino desconhecido
Prensas para material triado	em número suficiente	insuficientes	inexistente
Peneira para composto maturado	existente e adequada p/ demanda e em boas condições	existente e não adequada à demanda	inexistente
Disposição de esgotos sanitários	rede coletora ou fossa e sumidouro	fossa séptica e sumidouro	somente sumidouro ou fossa negra
Sistema de drenagem das águas pluviais	sistema de drenagem eficiente	sistema de drenagem precário	inexistente
Geração de chorume e destinação	inexistência	geração esporádica com recirculação ou encaminhado para ETE municipal	com geração e sem tratamento
Sistema de drenagem de percolados	existente e utilizado apenas para monitoramento	existente, usado para monitoramento e coleta quando da geração	inexistente
Poços de monitoramento de águas subterrâneas	em número suficiente e com monitoramento	em número insuficiente e com monitoramento	inexistentes ou sem monitoramento
Sistema de Irrigação das leiras	sistema de aspersão	torneira com mangueira	balde
Balança	existente na central	pesagem em local externo a central	inexistente
Capacidade de recebimento de resíduos(Ton/dia)	compatível com o volume produzido considerando vida útil	compatível com o volume produzido, porém a curto prazo	não compatível
Plano de uso do composto	existente e compatível com o volume produzido	existente, porém sobra composto na ctc	não existente

**Quadro 10** – Aspectos a serem considerados na LI

Logo, parte dos aspectos aqui apresentados foi selecionada levando -se em consideração o que Reis (2004) salientou quando mencionou que a produção de

uma central de triagem e compostagem está ligada diretamente à capacidade operacional, ou seja, depende da estrutura física, mensurada por fatores tais como: quantidade e capacidade dos equipamentos de triagem e compostagem, área de armazenamento de recicláveis, rejeitos e composto orgânico, área de compostagem e também, principalmente, da mão de obra para a triagem de resíduos em sistemas de esteiras de catação. Além disso, a autora enfatiza que as condições climáticas também interferem na produção de uma central de triagem e compostagem, especificamente na compostagem, onde a produção de composto peneirado é prejudicada em períodos chuvosos ou de elevada umidade.

No mesmo contexto foi considerado o que Lelis (2000) observou ao mencionar que uma central deve prever, em sua concepção original, toda a infraestrutura necessária para o desenvolvimento das principais atividades. No entanto, há casos de centrais, implantadas, em que não foi considerada a área para o pátio de compostagem, para o aterro de rejeitos, nem mesmo para a estrutura de apoio aos funcionários (banheiros/vestiários, refeitórios). Salientando, ainda, que situações desse tipo, geralmente associadas à falhas conceituais e/ou à falta de conhecimento técnico no desenvolvimento do projeto, causam diversos inconvenientes, Lelis (2000) afirma que esses fatores podem inviabilizar o funcionamento do sistema. No caso da planilha apresentada na figura 11, não foram levados em consideração as estruturas de apoio aos funcionários, nem mencionadas, pois esta é uma atribuição da vigilância sanitária, ficando a observação do atendimento a esse quesito na avaliação da LO.

Conforme já mencionado, Lelis (2000) afirma também que execução de projetos sem conhecimento e critérios técnicos onera os custos de implantação, além de gerar problemas de funcionamento. Portanto, a planilha apresentada no quadro 10 sintetiza os aspectos que o autor considera mais relevantes e de fácil acesso para avaliar a LI.

Da mesma forma, como já comentado para a planilha da figura 10, quando a planilha do quadro 10 foi submetida aos 5 especialistas que melhor responderam à primeira fase da pesquisa, para que se pronunciassem quanto ao coeficiente de importância de cada aspecto proposto, verificou-se que não houve convergência total nas opiniões.

A tabela 6 apresenta as pontuações estabelecidas pelos especialistas.

**Tabela 6:** Resultado de pontuação estabelecida pelos avaliadores quanto à classificação de prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de infra-estrutura

INFRA-ESTRUTURA Aspectos	Pontuação relativa dos		
	A	B	C
Recepção	1	3	6
Alimentação da esteira	4	3	7
Triagem	4	3	10
Isolamento da área (cercamento)	2	3	7
Pátio de cura	4	1	4
Impermeabilização dos pátios	5	1	6
Cobertura do pátio de compostagem e maturação	4	2	6
Revolvimento das leiras	2	1	4
Baias para material triado e rejeito	1	1	3
Cobertura das baias	1	1	6
Disposição dos não comercializáveis (rejeitos)	1	1	5
Prensas para material triado	2	2	4
Peneira para composto maturado	2	1	4
Disposição de esgotos sanitários	2	1	6
Sistema de drenagem das águas pluviais	1	1	2
Geração de chorume e destinação	1	3	5
Sistema de drenagem de percolados	2	1	3
Poços de monitoramento de águas subterrâneas	5	1	4
Sistema de Irrigação das leiras	1	3	5
Balança	5	1	5
Capacidade de recebimento de resíduos(Ton/dia)	1	3	2
Plano de uso do composto	1	1	2

Desta forma, observa-se que os aspectos que receberam pontuação convergentes, sendo classificados como de elevada prioridade considerando os mesmos critérios estabelecidos na tabela 4 foram: baias para material triado e rejeito, sistema de drenagem das águas pluviais, capacidade de recebimento de resíduos e plano de uso do composto.

O único aspecto avaliado nesta tabela 6 que recebeu pontuação totalmente discrepante entre os avaliadores, ou seja, recebeu classificação tanto de elevada como de média e quanto de baixa prioridade, foi a triagem.

Os demais aspectos, excluídos os convergentes e o divergente, receberam pontuações convergentes entre dois avaliadores.

Os aspectos que receberam as pontuações que os classificaram como de elevada e média prioridades, mas se for considerado que devam permanecer na classe de prioridade estabelecida pela maioria, teriam elevada prioridade são: recepção, isolamento da área, pátio de cura, revolvimento das leiras, cobertura das baias, destinação dos não comercializáveis, prensas para material triado; peneira para composto maturado, disposição de esgotos sanitários, geração de chorume e destinação e sistema de irrigação das leiras.

Porém, os aspectos que receberam as pontuações que os classificaram

como de elevada e média prioridades, prevalecendo a média, se considerada a classe de prioridade estabelecida pela maioria, são: alimentação da esteira; impermeabilização dos pátios, cobertura do pátio de compostagem e maturação, poços de monitoramento de águas subterrâneas e balança.

Portanto, decorrente desta análise tem-se a proposta de fator de ponderação relativa para os aspectos avaliados, apresentada na tabela 7.

**Tabela 7:** Proposta de fatores de ponderação relativa de aspectos avaliados para LI

INFRA-ESTRUTURA	Fator de ponderação proposto
Aspectos	
Recepção	3
Alimentação da esteira	2
Triagem*	
Isolamento da área (cercamento)	3
Pátio de cura*	
Impermeabilização dos pátios	2
Cobertura do pátio de compostagem e maturação	2
Revolvimento das leiras	3
Baias para material triado e rejeito	3
Cobertura das baias	3
Disposição dos não comercializáveis (rejeitos)	3
Prensas para material triado	3
Peneira para composto maturado	3
Disposição de esgotos sanitários	3
Sistema de drenagem das águas pluviais	3
Geração de chorume e destinação	3
Sistema de drenagem de percolados	3
Poços de monitoramento de águas subterrâneas	2
Sistema de Irrigação das leiras	3
Balança	2
Capacidade de recebimento de resíduos(Ton/dia)	3
Plano de uso do composto	3

\* Não houve convergência

Verifica-se que apenas dois aspectos não apresentaram fator de ponderação proposto, em virtude de divergência na avaliação.

O quadro 11 apresenta a planilha que foi estruturada por aspectos a serem considerados na etapa de LO, portanto refere-se mais aos aspectos operacionais, de controle do processo e de poluição.

OPERAÇÃO			
Aspectos	Desejável	Tolerado	Indesejável
Licença sanitária	existente e válida	requerida	inexistente
Presença de moscas e outros vetores	próximo às leiras	na esteira de triagem	fora da área da central
Percepção de odores	próximo às leiras	na central	fora da área da central
Frequência de revolvimento das leiras para o sistema <i>windrow</i> na fase termófila	3 vezes por semana	2 vez por semana	não controlada
Controle da umidade nas leiras na fase termófila	existência de monitoramento laboratorial	controle empírico (táctil, visual)	não controlada
Controle da temperatura nas leiras	existente e medida com termômetro	controle empírico	não controlada
Controle de qualidade do composto maturado	química, física e biológica	química e física	inexistente
Frequência do controle do composto	a cada lote	semestral ou anual	inexistente
Armazenamento composto	ensacado e identificado	granel com identificação	ao ar livre
Controle de ruídos	existente e implantado	em implantação	inexistente
Plano de manutenção de máquinas e equipamentos	implantado	em implantação	inexistente
Fluxo da segregação, armazenagem e beneficiamento do material reciclável	sem acúmulo do material	material parcialmente acumulado	acumulado
Controle da entrega de composto	registro do consumidor e emissão de nota fiscal	registro do consumidor sem nota fiscal	sem registro
Monitoramento dos efluentes, águas superficiais e águas subterrâneas.	plano auto monitoramento implantado	plano de monitoramento parcialmente implementado	plano de automonitoramento não implementado
Registro legal do composto	existente	requerido	inexistente

**Quadro 11** – Aspectos a serem considerados na LO

A seleção de alguns dos aspectos sugeridos nesta planilha baseou -se nas considerações feitas por Galvão Júnior (1994), conforme já abordado, de que uma central de triagem e compostagem gera produtos e subprodutos que devem ter uma destinação final adequada, exigindo um planejamento que integre a coleta domiciliar, o funcionamento da central e o mercado de recicláveis e composto, para que se tenha uma operação otimizada desse sistema. Além disso, o mesmo autor comenta ainda que a falta de qualidade dos produtos da maioria das centrais estudadas gera descrédito desses sistemas, em virtude do alto teor de impurezas nos materiais recicláveis e no composto, fruto da compactação na coleta convencional.

Quando foi inserido o aspecto “licença sanitária”, considerou -se que, neste aspecto, estariam incluídos também aqueles, inicialmente propostos, referentes a equipamentos de proteção individual e condições de segurança do trabalho. Quanto ao aspecto “controle de ruído”, este permaneceu, pois se refere ao ruído do empreendimento em relação ao entorno e não em relação ao trabalhador.

Foi levado em consideração o que Pereira Neto (2000) comentou em relação à geração de odores desagradáveis, presença de vetores e chorume, o que evidencia falhas decorrentes da ineficiência no tratamento dos resíduos orgânicos, problemas que nunca deveriam ocorrer num sistema de tratamento por compostagem e que estão associados à falta de conhecimento mínimo sobre o controle operacional do processo.

O controle da qualidade do composto foi inserido na planilha, visto que Galvão (1994) afirma que a qualidade do composto orgânico produzido nas centrais tem sido questionada freqüentemente e que somente por meio do monitoramento do processo e da realização periódica de análises laboratoriais do composto orgânico é que se pode avaliar sua qualidade, pois só assim poderá ser estimado o valor agrícola e comercial de um composto orgânico. Além disso, o autor afirma que a venda e a utilização de composto orgânico de má qualidade contribuem significativamente para a criação de uma imagem negativa do processo de compostagem. Da mesma forma, é relatado por Pereira Neto (2000) que o uso do composto não maturado no país tem levado a compostagem a grande descrédito, pois se acredita, erroneamente, ser este um problema associado ao uso do composto orgânico proveniente da fração orgânica do RDO.

Além disso, sugere-se um controle da comercialização deste composto para que não provoque problemas de poluição, principalmente quando aplicado em áreas com características físicas não adequadas, permitindo a sua lixiviação, ou em plantações inadequadas, podendo prejudicar a saúde da população.

Outro aspecto sugerido foi o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, assim como do lixiviado, se gerado, para comprovação do não comprometimento da área utilizada e identificação de vazamentos, quando ocorrerem.

Novamente, conforme já comentado, para as demais planilhas, quando esta foi submetida aos 5 especialistas que melhor responderam à primeira fase da pesquisa, para que se pronunciassem quanto ao coeficiente de importância de cada aspecto proposto, verificou-se que não houve convergência total nas opiniões. A tabela 8 apresenta as pontuações estabelecidas pelos especialistas avaliadores

**Tabela 8:** Resultados das pontuações estabelecidas pelos avaliadores quanto à classificação de prioridade relativa dos aspectos avaliados na fase de operação

OPERAÇÃO	Pontuação relativa dos avaliadores		
	Aspectos	A	B
Licença sanitária	1	1	6
Presença de moscas e outros vetores	7	4	4
Percepção de odores	7	6	4
Frequência de revolvimento das leiras	1	1	5
Controle da umidade nas leiras	1	2	4
Controle da temperatura nas leiras	1	2	8
Controle de qualidade do composto maturado	1	1	5
Frequência do controle do composto*			
Armazenamento do composto	1	3	5
Controle de ruídos	4	4	5
Plano de manutenção de máquinas e equipamentos	1	2	7
Fluxo da segregação, armazenagem e beneficiamento do material reciclável	1	4	5
Controle da entrega de composto	1	1	8
Monitoramento dos efluentes, águas superficiais e águas subterrâneas.	1	1	5
Registro legal do composto	5	2	5

\* Não houve convergência

Portanto, decorrente desta análise, tem-se a proposta de fator de ponderação relativa para os aspectos avaliados, apresentada na tabela 9.

**Tabela 9:** Proposta de fatores de ponderação relativos a aspectos avaliados para LO

OPERAÇÃO	Fator de ponderação
Aspectos	proposto
Licença sanitária	3
Presença de moscas e outros vetores	2
Percepção de odores	2
Frequência de revolvimento das leiras	3
Controle da umidade nas leiras	3
Controle da temperatura nas leiras	3
Controle de qualidade do composto curado	3
Frequência do controle do composto*	
Armazenamento composto	3
Controle de ruídos	2
Plano de manutenção de máquinas e equipar	3
Fluxo da segregação, armazenagem e beneficiamento do material reciclável	2
Controle da entrega de composto	3
Monitoramento dos efluentes, águas superficiais e águas subterrâneas.	3
Registro legal do composto	2

\* Não houve convergência

Observa-se, na Tabela 9, que os aspectos que receberam pontuação convergente entre os avaliadores, sendo classificados como de média prioridade, considerando os mesmos critérios estabelecidos na tabela 6, foram: presença de moscas e outros vetores, percepção de odores e controle de ruídos,

Os demais aspectos receberam pontuações convergentes entre dois avaliadores.

Os aspectos que receberam as pontuações que os classificaram como de elevada e média prioridades, mas se for adotado que permaneça na classe de prioridade estabelecida pela maioria, teriam elevada prioridade são: licença sanitária, frequência de revolvimento das leiras, controle de umidade das leiras, controle de temperatura das leiras, controle da qualidade do composto maturado, armazenamento do composto, plano de manutenção de máquinas e equipamentos, controle da entrega de composto, monitoramento dos efluentes, águas superficiais e águas subterrâneas.

Já os aspectos que receberam as pontuações que os classificaram como de elevada e média prioridades, prevalecendo a média, se considerada a classe de prioridade estabelecida pela maioria, são: fluxo de segregação, armazenagem e beneficiamento do material reciclável e registro legal do composto.

Apenas os aspectos “controle da entrega de composto” e “controle de temperatura das leiras” foram classificados como de elevada e baixa prioridades pelos avaliadores, porém prevaleceram como de elevada prioridade, ao se adotar o critério estabelecido pela maioria.

## **9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas pela presente pesquisa e as suas limitações, bem como sugestões para futuros estudos relacionados ao tema.

### **9.1 QUANTO AO INSTRUMENTO PROPOSTO PARA AVALIAR AS CENTRAIS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL**

#### **A estrutura do instrumento apresenta:**

- Sistematização de aspectos, pouco extensos e de fácil acesso, a serem considerados na avaliação da central de triagem e compostagem em cada etapa de licenciamento: LP, LI e LO;
- Proposição de critérios e de valoração para a classificação de cada aspecto considerado, buscando relacioná-lo ao comprometimento ambiental, em cada etapa de licenciamento: LP, LI e LO;
- Proposição de fator de ponderação relativo de cada aspecto a ser avaliado, para cada etapa do processo de licenciamento ambiental.

#### **A ponderação obtida na avaliação dos aspectos propostos, foi :**

- Dos 21 aspectos propostos para a fase de LP (planejamento/localização), 12 foram classificados como de alta prioridade, 6 deles como de média prioridade, nenhuma como baixa prioridade. No entanto, os seguintes aspectos: viabilidade econômica do empreendimento, distância do aterro sanitário e vida útil do empreendimento receberam pontuações totalmente discrepantes entre os avaliadores, não havendo consenso;
- Dos 22 aspectos propostos para a fase de LI (infra-estrutura), 5 deles foram classificados por unanimidade pelos avaliadores como de alta prioridade, e 15 receberam também a classificação de elevada prioridade considerando a maioria consultada. Já o aspecto triagem recebeu pontuação totalmente discrepante entre os avaliadores, ou seja, foi classificado tanto como de

elevada, média e de baixa prioridade, não havendo consenso;

- Dos 15 aspectos propostos para a fase de LO (operação), somente 3 deles: presença de moscas e outros vetores, percepção de odores e controle de ruídos, receberam pontuação convergente entre todos avaliadores, sendo classificados como de média prioridade. No entanto, todos demais apresentaram convergência somente entre 2 avaliadores e desta forma 9 aspectos foram classificados como de elevada prioridade e 2 aspectos como de média prioridade. O aspecto “frequência do controle do composto não recebeu, dos avaliadores, nenhuma pontuação.

## 9.2 QUANTO ÀS LIMITAÇÕES DO TRABALHO:

- A evidente escassez de informações técnicas e científicas – haja vista o fato de operarem de maneiras diferentes – sobre os impactos ambientais decorrentes das centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, principalmente no tocante a instrumentos para análise de processos de licenciamento ambiental. A maior preocupação, no Brasil, ainda é o estabelecimento de parâmetros para o licenciamento de aterros sanitários, no entanto, mesmo estes parâmetros ainda não estão bem consolidados;
- O não estabelecimento de um princípio restritivo para a aprovação das licenças ambientais deveu-se ao fato de que este somente poderia ser definido através de uma aplicação ampla do instrumento proposto para diferentes casos, tendo em vista as interações entre os aspectos propostos;
- O número reduzido de aspectos propostos foi para evitar que o processo de avaliação se tornasse confuso e subjetivo, na medida em que se perderia a visão global da relação causa-efeito, desviando a atenção para interação individual dos fatores;
- Dificuldade na consulta da legislação existente sobre o tema específico, assim com para a gestão de resíduos sólidos, pois além de escassa, encontra-se dispersa em vários dispositivos.

Com estas contribuições acredita-se que a pesquisa abriu muitos caminhos para uma importante e necessária discussão, sobre o processo de licenciamento e sobre os critérios específicos para a classificação de cada aspecto a ser avaliado.

### 9.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Aplicação do instrumento em diversas unidades instaladas para complementá-lo, alterá-lo ou validá-lo;
- Pesquisas para o estabelecimento de parâmetros técnicos;
- Legislações com estabelecimento de parâmetros de referência;
- Pesquisas em escala real para o estabelecimento de critérios para cada aspecto considerado nas diferentes etapas do processo.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8.419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.004**; resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AIDIS Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. **Directrices para la Gestión Integrada y Sostenible de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe**. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo - IDRC, texto de Wanda Maria Risso Günther Y Elisabeth Grimberg - São Paulo: AIDIS/IDRC, 2006. 118 p.

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade**. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005.

BLEY JR, C. **As usinas de processamento de lixo no Brasil**. Disponível em <[www.ecoltec.com.br/publicaçõeestécnicas.htm](http://www.ecoltec.com.br/publicaçõeestécnicas.htm)>. Acesso em 27 maio 2005. 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 4.771** de 15 de setembro de 1.965, publicada no D.O.U., em 16 de setembro de 1.965 e retificada em 28 de setembro de 1.965.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 6.894** de 16 de dezembro de 1.980, publicada no D.O.U. d e 17 de dezembro de 1.980.

\_\_\_\_\_. Ministério do Interior. **Portaria nº 124** de 20 de agosto de 1.980

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos . **Lei nº 6.938** de 31 de agosto de 1.981, publicada no D.O.U de 2 de setembro de 1.981.

\_\_\_\_\_. Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 01** de 23 de janeiro de 1986, Publicada no D. O. U de 17 de fevereiro de 1.986.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1.988**. Brasília 5 de outubro de 1.988.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 7.803** de 18 de julho de 1.989, publicada no D.O.U. de 20 de julho de 1.989

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Portaria nº 218**, de 04 de maio de 1989. , publicada no Diário Oficial da União, de 23 de fevereiro de 1989.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 99.274** de 6 de junho de 1.990, publicado no D.O.U. de 7 de junho de 1.990.

\_\_\_\_\_. Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 237** de 19 de dezembro de 1.997, publicada no D.O.U. em 22 de dezembro de 1.997.

\_\_\_\_\_. Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 303** de 20 de março de 2.002, publicada no D.O.U. em 13 de maio de 2.002.

\_\_\_\_\_. Conama – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 308** de 21 de março de 2.002, publicada no D.O.U. em 29 de julho de 2.002

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos . **Decreto nº. 4. 954**, de 14 de janeiro de 2007. 2004.

\_\_\_\_\_, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 23** de 31 de agosto de 2.005, publicada no D.O.U. em 08 de setembro de 2.005.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007, publicada no D.O.U. em 08 de janeiro de 2.007.

BRINTON, W. F. An international look at compost standards. **Biocycle** (April): 74-6, 2001.

BROLLO, M. J. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos**. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas – SP. Tese de Doutorado. Departamento de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo 2001.

CAMPOS, H. K. T. **Estudos preliminares para seleção de alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos**. In: DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 1, 1992, Belo Horizonte. Curso. p.1-12. Belo Horizonte: ABES, 1992.

CANZIANI, J. R.F. et al . **Aspectos Sócio Econômicos**. In: Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções. Org. Andreoli, C. V et al. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (coord.) **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte** . 294 p. Projeto PROSAB cap. 3. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

CEMPRE. Cadernos de reciclagem. **Compostagem – a outra metade da reciclagem**. Gráfica Macroven. São Paulo. 1997.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares. Relatório 2005**, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.CETESB.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp>>, Acesso em 14 dez. 2006.

\_\_\_\_\_. **Aterro Sanitário**. São Paulo. CETESB. 1997.

CHANEY R. L., RYAN, J. A. Heavy metals and toxic organic pollutants in MSW - composts: research, results on phytoavailability. In: Hoittink, Keener, editors. **Science and engineering of composting: design, environmental,**

**microbiological and utilization aspects.** pp.451-506. Fate Wooster: The Ohio State University; 1993.

CONET – Confederação Nacional das Empresas de Transporte. Disponível em <<http://www.ntcnet.org.br/conet.htm>>. 1999.

D'ALMEIDA, M.Luiza; VILHENA, André. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 2. ed. 370 p. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G; PERA, A. The biology of composting: A review. **Waste Man & Res.** P. 153-176. 1983.

EIGENHEER, E. M. (Org.) **Coleta seletiva de lixo: experiências brasileiras.** In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS DE COLETA SELETIVA DE LIXO, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais, p. 7 -81. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos da Religião (ISER), 1993.

EPA – U. S. Environmental Protection Agency. **A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biossolids Rule.** Cap 5. Washington, DC: Office for Wastewater Management. Setembro 1994.

EPSTEIN, E. CHANEY, R. L., LOGAN, H. C. Trace elements in municipal solid waste compost. **Biomass Bioenergy**; 3(3/4):227-38. 1992.

FEHR, M.; CASTRO, M. S. M. V.; CALÇADO, M. Lixo **biodegradável no aterro, nunca mais.** In: Banas Ambiental. São Paulo, 2(10): 12-20 (2001).

FIUZA, S. M. e Barros, R. T. V. Metodologia para análise de viabilidade de soluções intemunicipais no tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999.

GALVÃO JR., A. C. **Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil** . 113 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1994.

GORGATI, C. Q. **Resíduos sólidos urbanos em área de proteção aos mananciais – município de São Lourenço da Serra – SP: Compostagem e impacto ambiental.** Tese (Doutorado em Agronomia – Área de concentração em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, 74p. Botucatu: 2001.

GRAY, K. R, SHERMAN, K., BIDDLESTONE, A. J. A review of composting Part 1. **Process Biochemistry** 6(10): 22-28. 1971.

IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** 197p. Rio de Janeiro. 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000.** Brasília: IBGE, 2002.

JARDIM, N. S.; WELLS, C. **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 278 p. 1995.

JUNKES, M. B. **Procedimentos para Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte**. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 116p. Florianópolis: UFSC, 2002.

KAPETANIOS E. G. Heavy metals removal by clinoptilolite in pepper cultivation using compost. In: Marco De Bertoldi, Paolo Sequi, Bert Lemmes, Tiziano Papi. **Science of Composting**. Part 2. 1ª edição. pp. 924-935. England: Chapman & Hall (Edit), 1996.

KAPETANIOS, E. G., LOIZIDOU, M.; MALLIOU, M. Heavy metals levels and their toxicity in compost from Athens household refuse. **Envir Techn Letters**, 6: 799-802, 1988.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba. Editora Agronômica Ceres Ltda; 1985.

\_\_\_\_\_. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Degaspari, 1998.

\_\_\_\_\_. **Qualidade de composto orgânico e comercialização**. Palestra apresentada ao 1º SICOM – Simpósio sobre Compostagem – Ciência e Tecnologia; 2004 ago 19-20; Botucatu: 2004.

KUHNEN, A. **Reciclando o Cotidiano: Representações Sociais do Lixo**. Letras Contemporâneas, Florianópolis. 1995. 103p.

LELIS, M. P. N. **Usinas de Reciclagem de Lixo: Porque não funcionam?** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21 p., Anais. ABES: 2000.

LIMA, L. M. Queiroz. **Lixo Tratamento e Biorremediação**. São Paulo: Hemus, 2004.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

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

\_\_\_\_\_. **Composting through the ages**. In: Down to Earth Composting. 1994.

M & F Engenharia e Meio Ambiente. **Estudo Ambiental Prévio para Localização de Áreas Aptas para Implantação de Aterro Sanitário no Município de Londrina**. Londrina: fevereiro 2002.

MILANEZ, Bruno. **Resíduos Sólidos e Sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, 207 p. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: 2002.

NAKASAKI, K.; YAGUCHI, H.; SASAKI, Y.; KUBOTA, H. Effects of C/N ratio on thermophilic composting of garbage. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, Volume 73, Issue 1, Pages 43-45. 1992.

OBENG L. A., Wright F. W. The co-composting of domestic solid and human wastes. **W Bank Techn Paper**. (57):102. 1987.

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Relatório da Avaliação Regional dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Municipais na América Latina e Caribe**. Washington, D.C. 2005.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sema. **Resolução nº 031** de 24 de agosto de 1.998. Publicada no Diário Oficial do Estado do Paraná em agosto de 1.998.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sema. **Resolução Conjunta Nº 01/2006** – Sema/IAP/SUDERHSA. Curitiba, 21 de agosto de 2006.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sema. **Resolução nº 054/06** – Sema de 22 de dezembro de 2.006.

PEREIRA NETO, J. T. Usinas de compostagem de lixo: aspectos técnicos operacionais, econômicos de saúde pública. In: **Seminário nacional sobre reciclagem de resíduos sólidos domiciliares**. Secretaria De Estado Do Meio Ambiente. Disponível em< [www.ambiente.sp.gov.br/residuos/ressolid\\_domic/inicio.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/residuos/ressolid_domic/inicio.htm)>. Acesso em 06 maio 2006. São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. Compostagem: fundamentos e métodos. In: **I SICOM – Simpósio sobre Compostagem – “Ciência e Tecnologia”**, 2004 ago 19-20; Botucatu SP, Universidade Estadual Paulista. 2004 p.1 -17

PRADO FILHO, J. F; SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 12 nº 1, p. 52-61, jan/mar 2007.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

RASLAN, A. L. **Licenciamento Ambiental e saúde humana**. In: ESMPU- Escola Superior do Ministério Público da União. Meio Ambiente. Brasília: 369 p. 2004.

REIS, M. F. P. **Avaliação de uma unidade de triagem e compostagem**: forma de trabalho e rendimento produtivo. In: 34ª assembleia Nacional da ASSEMAE. Caxias do Sul: 16 a 21 de maio de 2004.

RIO GRANDE DO SUL. FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Norma Técnica – **FEPAM Nº. 003/95**. 1995.

RODRIGUES M. S., LOPEZ-REAL J. M., LEE H. C. **Use of composted societal organic wastes for sustainable crop production**. In: The science of composting. London, 1995.

RODRIGUES, M. S. **Composted societal organic wastes for sustain able wheat** (*Triticum aestivum*) production. PHD thesis – Wye College. University of London. Wye: 1996.

\_\_\_\_\_. Resíduos orgânicos como matéria -prima para compostagem. In: **I SICOM – Simpósio sobre Compostagem** – “Ciência e Tecnologia”; 2004 ago 19-20; p. 1-27. Botucatu (SP). Botucatu: Universidade Estadual Paulista; 2004.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Resolução SMA 51**, publicado no D.O.E. 26/07/97 - Seção I - pág. 12, de 25 de junho de 1.997.

SCHALCH V., ALMEIDA Leite W.C. de, GOMES L.P. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Curso de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental: Resíduos Sólidos e Impactos Ambientais (apostila). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 169 p. 2000

SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 4. ed. rev. e atualiz., São Paulo: Malheiros, 2002.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **SNIS**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2005. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2007.

VEIGA, V. V. **Análise de Indicadores Relacionados à Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Florianópolis**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2004.

WOODBURY, P. B. Trace elements in municipal solid waste composts: a review of potential detrimental effects on plants, soil biota, and water quality. **Biomass Bioenergy**; 3(3-4): 239-59. 1992.

ZUCCONI, F; DE BERTOLDI, M. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: **Compost: Production, Quality and Use**, p. 30-60. 1986.