



PGIRO

**Plano de
Gerenciamento
Integrado de
Resíduos
Orgânicos**

Plano de
Gerenciamento Integrado
de Resíduos Orgânicos
PGIRO

Eualdo Lima Pinheiro
Gleice Kelly Ribeiro Martins
Luciana do Nascimento Dias

Belo Horizonte, julho de 2011



Publicado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e pela
Fundação Israel Pinheiro – FIP (Termo de Parceria 22/2008)

Governador do Estado de Minas Gerais
Antônio Augusto Junho Anastasia

Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Adriano Magalhães Chaves

Presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam
José Cláudio Junqueira Ribeiro

Vice-Presidente da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam
Alexandre Magrinelli

Diretora de Gestão de Resíduos – Feam
Rosângela Moreira Gurgel Machado

Gerente de Resíduos Sólidos Urbanos – Feam
Francisco Pinto da Fonseca

Supervisora do Termo de Parceria 22/2008
Denise Marília Bruschi

Coordenação Geral do Programa Minas sem lixões / Fundação Israel Pinheiro – FIP
Magda Pires de Oliveira e Silva

Coordenação Técnica do Programa Minas sem lixões / Fundação Israel Pinheiro – FIP
Eualdo Lima Pinheiro
Luiza Helena Pinto
Vera Christina Vaz Lanza

Fotos: Divulgação FIP

Revisão: Leila Maria Rodrigues

Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam
Cidade Administrativa Tancredo Neves – Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n.º – Serra Verde
Edifício Minas, 1.º Andar - 30630-900 – Belo Horizonte/MG
Tel.: (31) 3915-1101 – feam@feam.br / www.feam.br

Programa Minas sem lixões
Fundação Israel Pinheiro – FIP
Av. Belém, 40 – Esplanada – 30285-010 – Belo Horizonte/MG
Tel.: (31) 3281-5845 – minassemlixoes@israelpinheiro.org.br / www.israelpinheiro.org.br

P654p Pinheiro, Eualdo Lima.

Plano de gerenciamento integrado de resíduos orgânicos
– PGIRO / Eualdo Lima Pinheiro, Gleice Kelly Ribeiro Martins,
Luciana do Nascimento Dias. -- Belo Horizonte : Fundação
Estadual do Meio Ambiente : Fundação Israel Pinheiro, 2011.

68 p. ; il.

Inclui referências

1. Resíduo sólido urbano. 2. Resíduo orgânico. I. Martins,
Gleice Kelly Ribeiro. II. Dias, Luciana do Nascimento . III.
Programa Minas sem Lixões. IV. Fundação Estadual do Meio
Ambiente.

CDU - 628.4.473

Sumário

1. Apresentação	6
2. Introdução	8
3. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	10
4. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Orgânicos Urbanos.....	13
4.1. Definição dos resíduos orgânicos	13
4.2. Origem dos resíduos orgânicos	13
4.3. A geração de resíduos orgânicos no Brasil	14
4.4. O gerenciamento dos resíduos orgânicos no Brasil.....	20
4.5. Etapas do gerenciamento dos resíduos orgânicos	21
4.5.1. Geração.....	21
4.5.2. Acondicionamento	23
4.5.3. Coleta e Transporte	24
4.5.3.1. Definição da Forma de Coleta.....	25
4.5.3.2. Definição da Frequência da Coleta.....	26
4.5.3.3. Definição dos horários da coleta.....	26
4.5.3.4. Aspectos para a definição da frota de serviços de coleta	27
4.5.4. Destinação Final.....	30
4.5.5. Disposição Final.....	30
5. Tecnologias utilizadas para o tratamento de resíduos orgânicos	31
5.1. Compostagem.....	31
5.2. Biodigestão anaeróbia.....	44
5.3. Aterro Sanitário	48
6. Alternativas de recuperação e reaproveitamento dos resíduos orgânicos	52
7. Protocolo de Quioto e Mecanismo de Desenvolvimento Limp (MDL)	53
8. Referências	60

1. Apresentação

Com o objetivo de orientar os municípios mineiros na gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam lança, em parceria com a Fundação Israel Pinheiro – FIP, a coletânea Minas sem lixões, composta pelas publicações:

- Plano de Gerenciamento Integrado de Coleta Seletiva – PGICS
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Plásticos – PGIRP
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Pilhas, Baterias e Lâmpadas – PGIRPBL
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos – PGIREEE
- Plano de Gerenciamento Integrado de Óleo de Cozinha – PGIOC
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Pneumáticos – PGIRP
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Vítreos – PGIRV
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil – PGIRCC
- Orientações Básicas para Encerramento e Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Alumínio – PGIRA
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Orgânicos – PGIRO
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Isopor – PGIRI
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Papel – PGIRPA

Criado em 2003 pela Feam, o programa Minas sem lixões, integrado em 2007 ao Projeto Estruturador Resíduos Sólidos, tem como meta, até 2011, viabilizar o atendimento de, no mínimo, 60% da população urbana com sistemas de tratamento e disposição final adequados de resíduos sólidos

urbanos, além de atuar para o fim dos lixões em 80% dos 853 municípios mineiros.

Para alcançar esses resultados, o Programa promove diversas ações, de maneira a incentivar e orientar os municípios mineiros na elaboração e implementação do Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, conforme determinado pela Lei Nacional 12.305, de 2 de agosto de 2010, e pela Lei Estadual 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Na busca de soluções, uma das estratégias é o apoio na criação de consórcios intermunicipais, com os objetivos de reduzir custos e formar parcerias estratégicas para a melhoria da qualidade ambiental da região. Outra importante iniciativa é a inserção de pessoas em situação de vulnerabilidade social nos programas de coleta seletiva, voltados para geração de trabalho e renda, além do resgate da cidadania.

Em seis anos, Minas Gerais registrou um crescimento de quase 200% no número de habitantes atendidos por sistemas adequados de disposição final de resíduos. Mais do que números, esse indicador sinaliza a mudança de paradigma do poder público e de comportamento da população.

Nesse contexto, a Feam vem fomentando pesquisas para novas rotas tecnológicas voltadas para a reutilização, reciclagem e geração de energia renovável a partir da utilização dos resíduos. Mas, antes de tudo, devemos refletir sobre o consumo consciente. Estamos diante de grandes inovações, mas, para alcançarmos nossos objetivos, é preciso que os municípios e cidadãos participem conosco na construção do futuro sustentável. Bom trabalho a todos!

José Cláudio Junqueira
Presidente da Feam

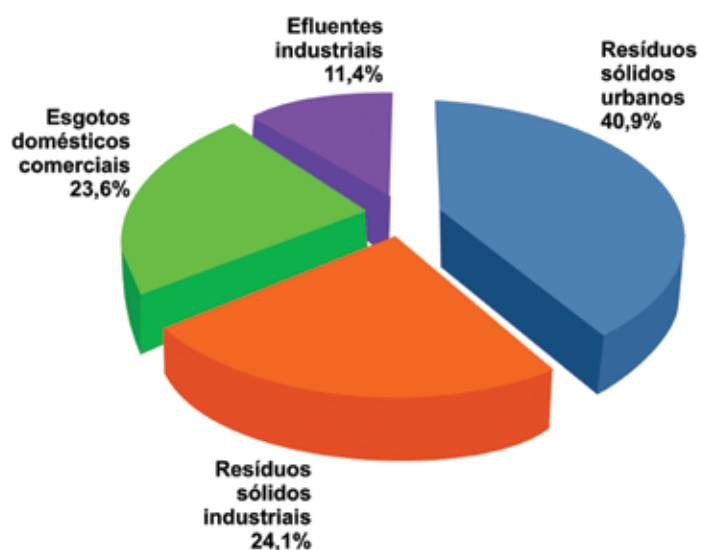
2. Introdução

O crescente aumento da produção de resíduos sólidos urbanos e a consequente necessidade de tratá-los corretamente, em particular os resíduos orgânicos, é uma das principais preocupações ambientais da atualidade. Esse tipo de resíduo quando disposto em aterros resultam na geração de gases tóxicos em decorrência dos processos de decomposição da matéria orgânica, afetando diretamente o meio ambiente. Segundo o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais, o setor de resíduos contribui com 5,9% do total das emissões desses gases e, desse total, os resíduos sólidos urbanos – RSU foram os que mais contribuíram para a sua emissão, com uma participação de 40,9% do total e o CH₄ (Metano) foi o principal gás emitido com participação de 82,9%, visto que a disposição dos RSU em aterros propicia condições anaeróbias que geram o CH₄ proveniente da degradação da fração orgânica presente na composição desses resíduos.

Consciente das implicações ambientais associadas à disposição final dessa fração de resíduos, faz-se necessário instituir o seu gerenciamento, observando-se os princípios estabelecidos nas políticas Nacional e Estadual de resíduos sólidos, Leis 12.305/2010 e 18.031/2009, além de atentar para a responsabilidade compartilhada e a valorização dos resíduos.

O conteúdo deste Caderno visa a contribuir para o aumento do conhecimento na área dos resíduos sólidos urbanos orgânicos, apresentando alternativas e experiências para o tratamento desse resíduo, e orientando na construção da gestão dos RSU no âmbito das administrações municipais.

GRÁFICO 1: PARTICIPAÇÃO DAS FONTES NAS EMISSÕES TOTAIS DO SETOR RESÍDUOS



Fonte: Feam, 2005

3. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

A destinação e disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos maiores problemas da sociedade moderna, já que a sua composição tem-se modificado muito ao longo dos últimos anos e a geração de lixo tem crescido sobretudo nos países em desenvolvimento.

TABELA 01: GERAÇÃO PER CAPITA

TAMANHO DA CIDADE	POPULAÇÃO URBANA (HABITANTES)	GERAÇÃO PER CAPITA (HG/HAB./DIA)
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: Monteiro, 2001.

Esses dois fatores associados têm criado uma necessidade de se buscar novos conceitos e soluções, dentro de uma visão de sustentabilidade abrangente e comprometida com a proteção ambiental. A nova abordagem ambiental e técnica preconiza a elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – PGIRSU, propiciando a caracterização e a quantificação dos resíduos gerados, visando obter serviços com mais qualidade, com custos reduzidos e aplicação de ações que incentivem a redução, a reciclagem e o reaproveitamento.

“Gestão é o processo de conceber, planejar, definir, organizar e controlar as ações a serem efetivadas pelo sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.”

(ReCESA, 2007).

A Política Estadual de Resíduos Sólidos Lei 18.031/09 (MINAS GERAIS, 2009), define Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – PGIRSU como sendo um documento no qual são estabelecidas as ações e diretrizes relativas aos aspectos ambientais, educacionais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e legais para todas as fases de gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final. Segundo o Art. 9º da Lei Nº 12.305/ 2010 “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

A geração de resíduos ocorre em quantidades e composições que variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico da população e de diferentes aspectos culturais e sociais, dentre outras características locais. As principais categorias de resíduos urbanos estão descritas no quadro a seguir.

QUADRO 01: CATEGORIA DE RESÍDUOS URBANOS E EXEMPLIFICAÇÃO

CATEGORIA	EXEMPLOS
Matéria Orgânica	Restos alimentares, podas de árvores, entre outros.
Plástico	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza e higiene, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, copos descartável, brinquedos.
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, cadernos, livros, pastas, cartolinas, papeis de embalagens, entre outros.
Vidro	Copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, de beleza e alimentícios.
Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios, entre outros.

Metal não-ferroso	Latas de bebida, restos de cobre, restos e chumbo, fiação elétrica, entre outros.
Madeira	Caixas, tábuas, palitos de fósforo, palitos de picolé, tampas, móveis, entre outros.
Panos, trapos, couro e borracha	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos, balões.
Contaminante químico	Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticida, colas em geral, cosméticos, vidro de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel carbono, filme fotográfico, equipamentos eletroeletrônicos.
Contaminante biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, cera de depilação, embalagens de anestésicos, luvas.
Pedra, terra e cerâmica	Vasos de flores, pratos, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas.
Pneumáticos	Retalhos de pneus, câmaras de ar e pneus inservíveis.
Diversos	Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, embalagens longa vida, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, óleo de cozinha e materiais de difícil identificação.

Fonte: Adaptado de Pessin, *et al.* 2002; Castilhos Junior, 2003.

4. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Orgânicos Urbanos

4.1. Definição dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos são todos aqueles que apresentam uma constituição propícia à biodegradação natural, devendo ser excluídos, no contexto deste Caderno, produtos de papel e derivados que apresentem condições adequadas à reciclagem. Os resíduos biodegradáveis, considerados também resíduos alimentares, jardim, lodos de ETE, são constituídos por matéria putrescível, passível de degradação aeróbia (presença de oxigênio) ou anaeróbia (ausência de oxigênio).



Foto 1: resíduos orgânicos

4.2. Origem dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos têm origem nos mais diversos setores da atividade humana, desde o setor doméstico, o comércio, a indústria agroalimentar, as estações de tratamento de águas residuárias, as explorações agropecuárias, até a limpeza urbana (jardins e vias públicas). Contudo, este Caderno se limitará aos resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, pode-se afirmar que a grande maioria dos resíduos orgânicos produzidos se encon-

FIGURA 1: DIAGRAMA DE CONSTITUIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS



tram inseridos em duas classificações principais: Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares/Comercial e Resíduos Sólidos Orgânicos Públicos.

• Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares/Comercial

Domiciliar: são os resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.

Exemplo: restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, cinzas, pó de café, penas, aparas de grama, hortalíça, podas de arbustos, entre outros.

Comercial: são os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade desenvolvida.

Exemplo: restos de alimentos provenientes de restaurantes e lanchonetes.

• Resíduo Sólido Orgânico Público

São os resíduos presentes nos logradouros públicos, em geral resultantes da natureza – folhas, galhos, além dos restos de alimentos descartados de forma irregular nos logradouros.

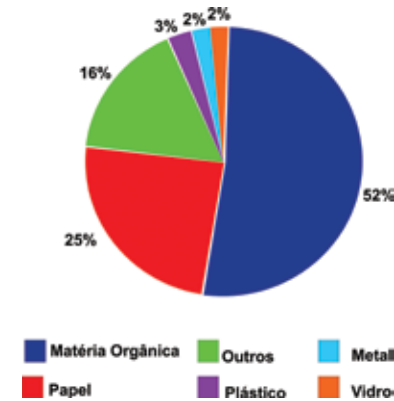
4.3. A geração de resíduos orgânicos no Brasil

No Brasil, os resíduos sólidos orgânicos representam a maior parcela na composição dos resíduos domiciliares, variando de 52 a 60% de matéria orgânica. Nem sempre são tratados seguindo critérios sanitários adequados, sendo dispostos muitas vezes em lixões e vazadouros, passando por processos de bioestabilização aeróbia ou anaeróbia, gerando gases e lixiviado (líquido da decomposição dos resíduos), que contaminam o solo e as águas subterrâneas (LEITE, *et al.* 2004). A geração do resíduo orgânico de uma população pode estar ligada à sua condição socioeconômica, conforme citado no livro Desperdício zero¹. Aproximadamente 1,5% desse resíduo orgânico é reciclado por meio da produção de composto.

Em Minas Gerais, a geração de resíduos orgânicos segue a média nacional, sendo necessária a adoção de alternativas de reaproveitamento ou disposição final adequadas do ponto de vista sanitário e ambiental.

¹ Paraná, 2008.

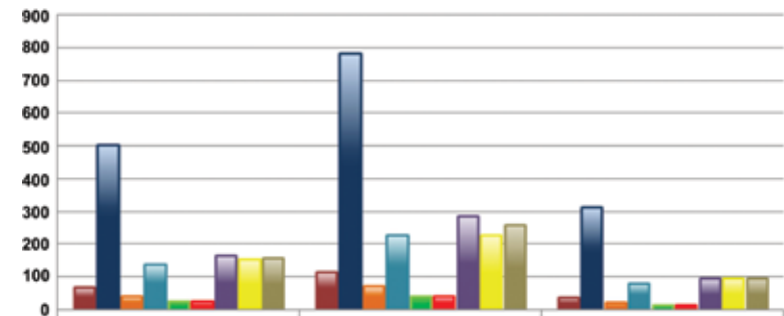
GRÁFICO 02: COMPOSIÇÃO MÉDIA DO RESÍDUO URBANO NO BRASIL



Fonte: Adaptado de Philippi Junior, 1999.

Estudo realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente no Estado de Minas Gerais apontou maior geração de resíduos compostáveis na região central do Estado, apontando uma necessidade crescente da adoção de alternativas adequadas para tratamento desse resíduo.

GRÁFICO 03: CARACTERIZAÇÃO APROXIMADA DA COMPOSIÇÃO DOS RSU EM MINAS GERAIS



Região	Rejeito (Kg/ano)	Compostáveis (Kg/ano)	Recicláveis (Kg/ano)
Alto São Francisco	67.299.280	113.944.439	39.660.704
Central	503.042.628	780.045.620	311.885.438
Jequitinhonha	39.772.891	71.336.112	22.700.392
Leste Mineiro	137.387.757	226.218.751	82.146.360
Noroeste de Minas	24.813.380	43.473.135	14.352.905
Norte de Minas	24.813.380	43.473.135	14.352.905
Sul de Minas	184.016.886	284.213.424	95.454.058
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	151.937.759	228.901.349	94.777.294
Zona da Mata	157.689.486	258.984.138	94.407.576

Fonte: Adaptado de Fonseca, 2010.

O Brasil é considerado um dos dez países que mais desperdiçam alimentos no mundo. Em Belo Horizonte, 65% do lixo coletado é constituído de resíduo orgânico – sobras de alimentos, cascas de frutas e legumes, verduras, podas de árvores e de gramados, conforme dados da Prefeitura de Belo Horizonte².

Por tudo isso, iniciativas que estimulem as pessoas a reduzir o volume do seu resíduo orgânico são muito valiosas. Pode-se diminuir tais resíduos evitando-se desperdícios, principalmente no consumo de alimentos. Por outro lado, a compostagem apresenta-se como uma alternativa de reaproveitamento desses resíduos.

Percebe-se que há mais ações voltadas para o tratamento de materiais como alumínio, plástico, papel e vidro e poucas para os resíduos orgânicos, principalmente os domésticos.

FIGURA 02: CICLO DO RESÍDUO ORGÂNICO URBANO



O ciclo da matéria orgânica representa o potencial de reaproveitamento desse resíduo para geração de energia, combustível e composto orgânico que pode ser utilizado na produção agrícola conforme legislação vigente.

A importância da separação na fonte dos resíduos orgânicos, poupa gastos de transporte, aumenta a vida útil dos sistemas sanitários e facilita o reaproveitamento dos resíduos orgânicos destinados ao tratamento.

Requisitos legais para comercialização de fertilizantes orgânicos para agricultura produzidos a partir de resíduo domiciliar:

Em âmbito Federal, a principal norma regulamentadora é a Instrução Normativa SDA No 25, de 23 de julho de 2009.

Aproveitamento Integral dos Alimentos

A geração de resíduos orgânicos pode ser reduzida com a mudança dos hábitos alimentares, inserindo no cardápio talos de verduras, cascas de frutas e sementes. A utilização total dos alimentos, além de aproveitar melhor o potencial nutritivo, evita o desperdício e diminui gastos com a alimentação (www.minassemlixoes.org.br).

² <http://portalpbh.pbh.gov.br>

Receitas

Bolo de casca de banana

Ingredientes:

- casca de 4 bananas
- 2 ovos (separar as gemas e bater as claras em neve)
- 2 xícaras (chá) de leite
- 2 colheres (sopa) de margarina
- 2 xícaras (chá) de açúcar
- 3 xícaras (chá) de farinha de rosca
- 1 colher de fermento em pó

Modo de preparo: lave bem as cascas das bananas e pique-as em pedaços. Reserve a polpa. Bata no liquidificador com o leite, a manteiga, as gemas e o açúcar. Numa tigela, acrescente a mistura à farinha de rosca, depois adicione o fermento e as claras em neve. Leve ao forno por 40 minutos.

Para a calda:

- 1 xícara e meia de chá de água
- 4 bananas cortadas em rodela
- suco de meio limão
- meia xícara de chá de açúcar

Modo de preparo: faça o caramelo com o açúcar e a água. Despeje as bananas e o suco do limão. Desligue o fogo. A calda não pode engrossar, ela deve ficar bem líquida para deixar o bolo molhado. Despeje sobre o bolo ainda quente.

Fonte: Jornal Hoje, 2011

Suco da Horta

Ingredientes:

- 2 xícaras (chá) de couve-manteiga
- 1 litro de água
- 1 xícara (chá) de polpa de maracujá ou suco concentrado
- 1 xícara de açúcar
- ½ xícara (chá) de suco de limão

Modo de Preparo: lave bem as folhas de couve e pique-as. Retire a semente e a parte branca do limão (miolo). Depois, coloque no liquidificador a couve e o limão com a casca, bata com água e acrescente a polpa de maracujá. Sirva bem gelado.

Dica: Boa fonte de vitamina E.

Fonte: CMRR, 2011

Bolo de maçã com casca

Ingredientes:

- 3 maçãs picadas com casca
- 3 ovos
- 2 xícaras (chá) de farinha de trigo
- 2 xícaras (chá) de açúcar
- 1/2 xícara (chá) de óleo
- 1 colher (sopa) de fermento em pó
- 1/2 colher (sopa) de canela em pó
- açúcar e canela (a gosto) para polvilhar

Modo de preparo: bata no liquidificador as maçãs picadas com casca e semente, os ovos e o óleo. Em uma tigela, despeje a farinha, o açúcar, a canela e o fermento em pó e acrescente a mistura do liquidificador. Despeje em uma assadeira untada e enfarinhada, leve ao forno médio pré-aquecido.

Dica: Maçã é rica em pectina, fibra solúvel em água que auxilia no controle dos níveis de colesterol no sangue.

Fonte: CMRR, 2011

4.4. O gerenciamento dos resíduos orgânicos no Brasil

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, define o gerenciamento de resíduos sólidos como:

Gerenciamento:

“Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”.

Para o gerenciamento dos resíduos orgânicos, tem-se, necessariamente, que obedecer a uma hierarquização das suas componentes ou operações, definindo-se as prioridades, a saber:

- **redução ou minimização** – primeira e talvez mais importante e que está estreitamente relacionada com a atitude do gerador de resíduos, tornando-se assim de sua responsabilidade a prevenção. Um exemplo é observado na composição dos resíduos sólidos urbanos, grande quantidade de restos de alimentos proveniente do desperdício.
- **coleta seletiva** – a coleta seletiva, efetuada a partir da triagem na fase de deposição domiciliar, proporciona uma separação mais efetiva dos materiais potencialmente recicláveis, evitando, ainda, que as categorias de inertes (vidro, plástico, metais) ou de biodegradação mais lenta (papel e cartão, têxteis) se sujem pelo contato com a matéria orgânica e que esta seja contaminada com metais pesados, micropoluentes orgânicos no contato com os materiais constituintes de outras categorias de resíduos. É, desse modo, possível maximizar a valorização da fração orgânica e a reciclagem multimaterial dos RSU.

- **tratamento e valorização** – Os materiais recolhidos separadamente deverão sofrer tratamento adequado de acordo com a sua natureza: a categoria dos inertes deverá ser submetida, nas estações de triagem, à separação mais efetiva (triagem fina) e subsequente preparação das categorias comercializáveis; a matéria orgânica deverá ser submetida a tratamento biológico por compostagem ou digestão anaeróbia; os materiais não recicláveis poderão ser alvo de valorização energética por meio das tecnologias disponíveis.
- **disposição final** – O material remanescente das operações de triagem, ou seja, o resíduo resultante da valorização/tratamento dos RSU (designado de rejeitos) deverão ser confinados em aterros sanitários, cujos requisitos de construção, modo de exploração, controle de emissões e monitoramento possam garantir segurança.

4.5. Etapas do gerenciamento dos resíduos orgânicos

As etapas do gerenciamento dos resíduos orgânicos devem estar em consonância com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos; contudo, também obedecem a uma hierarquia, a saber:

- geração
- acondicionamento
- coleta e transporte
- transbordo
- destinação final
- disposição final

4.5.1. Geração

Para planejar o gerenciamento, o gestor deve obter algumas informações acerca da geração de resíduos orgânicos, conforme apresentado na tabela 2:

TABELA 2: INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
Taxa de geração por habitante (Kg/habitante.dia)	Quantidade de resíduo orgânico gerada por habitante em um período de tempo especificado; refere-se aos volumes efetivamente coletados e à população atendida.	Fundamental para o planejamento do sistema de gerenciamento do resíduo, principalmente no dimensionamento de instalações e equipamentos.
Composição física	Refere-se à porcentagem da fração do resíduo orgânico em relação ao total de resíduos gerados no município.	Ponto de partida para estudos da tecnologia a ser adotada para o tratamento.
Densidade aparente	Relação entre a massa e volume do resíduo.	Determina a capacidade volumétrica dos meios de coleta e transporte, transbordo, tratamento e disposição final.
Umidade	Quantidade de água contida na massa de lixo.	Influencia a escolha da tecnologia de tratamento e equipamentos de coleta. Tem influência notável sobre o poder calorífico, densidade e velocidade de decomposição biológica da massa de resíduos.
Composição química	Normalmente são analisados os elementos N, P, K, S, C, relação C/N, pH e sólidos voláteis.	Definição mais adequada de tratamento e disposição final. Vários outros elementos que atuam como inibidores/catalisadores ¹ nos diversos tipos de tratamento também podem ser analisados.

Fonte: Adaptado de Vilhena, 2000

¹ Inibidores – elementos presentes na composição dos resíduos que podem atrapalhar os processos de tratamento (ex.:compostagem).

Catalisadores – elementos presentes na composição dos resíduos que podem estimular os processos de tratamento.

4.5.2. Acondicionamento

Os resíduos normalmente são tratados e dispostos em locais afastados dos seus pontos de geração. O seu envio a essas áreas envolve uma fase interna, sob a responsabilidade do gerador (residência, estabelecimento comercial etc.) que compreende coleta interna, acondicionamento e armazenamento.

Acondicionar os resíduos sólidos orgânicos significa prepará-los para a coleta seletiva de forma sanitariamente adequada em recipientes apropriados, revestidos, que garantam sua estanqueidade, em regulares condições de higiene, visando a sua posterior estocagem ou coleta, compatível com o tipo e a quantidade desse resíduo. O acondicionamento dessa fração de resíduos necessariamente deve obedecer às regras de segregação propostas pelo programa de coleta seletiva, separando-os dos demais, evitando assim a depreciação da fração comercializável, bem como a contaminação da matéria orgânica por metais pesados que reflita na qualidade do composto.

A qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos depende da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta. A população tem, portanto, participação decisiva nessa operação.

Embora o acondicionamento seja de responsabilidade do gerador, a administração municipal deve exercer função de regulamentar, educar e fiscalizar, visando a assegurar condições sanitárias e operacionais adequadas.

QUADRO 2: FORMA DE ACONDICIONAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

ORIGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS	FORMA DE ACONDICIONAMENTO	ILUSTRAÇÃO
Doméstico e comercial	Sacos plásticos, contêineres de plástico e contêineres metálicos.	
Público	Sacos plásticos descartáveis apropriados, contêineres coletores ou intercambiáveis, recipientes basculantes ou cestos, contêineres estacionários, tambores de 100/200 L e cestos coletores de calçadas.	

Importância do acondicionamento adequado:

- evita acidentes
- evita a proliferação de vetores
- minimizar o impacto visual e olfativo
- facilita a realização da etapa da coleta.

Sugestão para o código de posturas municipais para concessão de alvarás:

- Áreas onde predominam determinadas atividades, como restaurantes, sejam os respectivos proprietários obrigados a acondicionar o resíduo, de forma predefinida pelo poder público, compatível com a produção estimada, para facilitar o trabalho da coleta,

4.5.3. Coleta e Transporte

Coletar os resíduos significa recolhê-los acondicionados por quem os produziu para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transbordo, a um tratamento e à disposição final.



A coleta do resíduo orgânico deve ser diferenciada. Portanto, faz-se necessária a implantação da coleta seletiva, que definirá a infraestrutura e as regras para a realização da coleta. Deve haver um único planejamento do sistema de coleta e transporte dos resíduos e que está relacionado à estimativa dos recursos necessários (tipo de veículo e equipamento a ser utilizado, frota, número suficiente de pessoas) e à definição de como o serviço será executado (frequência, horários, roteiros, itinerários, local de destinação). O dimensionamento e a programação dos serviços de coleta domiciliar devem abranger as seguintes etapas:

- definição da forma de coleta;
- definição das frequências de coleta
- definição dos horários da coleta
- definição da frota dos serviços de coleta
- definição do itinerário de coleta.

4.5.3.1. Definição da forma de coleta

O programa de coleta seletiva proposto para o município poderá apresentar as seguintes possibilidades:

QUADRO 3: FORMAS DE COLETA SELETIVA

Coleta Tríplex: separação da matéria orgânica, reciclável e rejeito (não reciclável)	
Coleta Binária: separação de resíduos secos (reciclável) e resíduos úmidos (matéria orgânica e rejeito)	
Coleta de diversas categorias: separação de plástico, metal, papel e vidro. É, muitas vezes, onerosa, devido à ampliação dos utensílios de coleta, além de exigir cooperação mais elaborada da população.	

4.5.3.2. Definição da Frequência da Coleta

A frequência de coleta define o tempo decorrido entre duas coletas consecutivas em um mesmo local ou em uma mesma região e podem ter frequência diária, exceto nos domingos e feriados, ou em dias alternados, com folga aos domingos.

A maior preocupação com a frequência de coleta dos resíduos orgânicos é a de evitar o acúmulo desse resíduo, propiciando o desenvolvimento de condições favoráveis à proliferação de insetos e atração de animais. Um dos parâmetros de maior relevância para se definir a frequência de coleta é a quantidade de resíduos gerados.

A tabela 3 apresenta sugestões para a frequência de coleta de resíduos em função da área geradora

TABELA 3: FREQUÊNCIA DE COLETA DE RESÍDUOS

ÁREAS GERADORAS DE RESÍDUOS	FREQUÊNCIA SUGERIDA
Regiões comerciais, calçadões, áreas de pedestres ou áreas com grande fluxo de pessoas e regiões residenciais com elevada densidade populacional ou que a geração de resíduos per capita seja grande.	Diária
Regiões residenciais com baixa densidade populacional ou em que a geração de resíduo per capita seja baixa	Pode ocorrer em dias alternados ou dias específicos da semana.

4.5.3.3. Definição dos horários da coleta

A coleta dos resíduos no município pode ser realizada, durante o dia, de preferência, tendo em vista o funcionamento das estruturas de tratamento ocorrer nesse período, ou à noite

Os aspectos favoráveis e desfavoráveis da coleta noturna são apresentados na tabela 4.

TABELA 4: ASPECTOS DA COLETA NOTURNA

ASPECTOS FAVORÁVEIS	ASPECTOS DESFAVORÁVEIS
Causa menor interferência em áreas de circulação mais intensa de veículos e pedestres.	Ruído produzido em período noturno.
Permite maior produtividade dos veículos coletores.	Trajetos por vias estreitas, não pavimentadas ou irregulares podem contribuir para aumentar o risco de danos e acidentes com os veículos.
Significa uma diminuição da frota de veículos coletores, em decorrência do melhor aproveitamento dos veículos disponíveis, proporcionada pelos dois turnos.	Aumento na parcela de encargos sociais e trabalhistas na folha de pagamento.

4.5.3.4. Aspectos para a definição da frota de serviços de coleta

Para a definição dos veículos a serem utilizados na coleta dos resíduos orgânicos devem ser observados principalmente os seguintes aspectos:

- origem do resíduo orgânico (domiciliar, comercial ou público)
- quantidade de resíduos
- forma de acondicionamento do resíduo
- condições de acesso ao ponto de coleta.

Os veículos para realização da coleta dos resíduos orgânicos de origem domiciliar e pública podem ser os utilizados na coleta dos demais resíduos:

De origem domiciliar e comercial:

- **com compactação:** A NBR 12980 (ABNT, 1993) define como coletores compactadores veículos de carroceria fechada com vedação estanque e caixa coletora de chorume, contendo dispositivos mecânicos ou hidráulicos que possibilitam a distribuição e compactação dos resíduos no interior da carroceria.

Para a coleta de resíduos orgânicos, o sistema hidráulico de compactação deverá ser regulado de forma a **reduzir ou anular a relação de**

compactação e, sempre após a jornada de trabalho, deverá ser realizada a lavagem e desinfecção da caçamba coletora.



Foto 2 Caminhão compactador de Araxá - MG

- **sem compactação:** veículos que podem ter a carroceria aberta ou fechada e o sistema de descarga se dá por basculamento. O inconveniente desse tipo de veículo é a altura da carroceria estar na faixa de 1,80 m, o que exige grande esforço físico dos coletores (trabalhadores) para executar o carregamento dos resíduos. O ideal para esse tipo de veículo é apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos coletores, ou seja, no máximo a 1,20 m de altura em relação ao solo;



Foto 3 Caminhão de carroceria aberta de Muriaé - MG

Atenção: os veículos para a coleta dos resíduos orgânicos devem atender, no mínimo, à seguinte característica:

- não permitir derramamento do lixo ou do chorume na via pública

De origem pública:

Geralmente são veículos ou dispositivos abertos. Podem ser:

- **Caminhões poliguindaste:** com capacidade para caixas tipo Brooks de 5 a 7 m³ e possuem guindaste de acionamento hidráulico. Atualmente já existem poliguindastes adaptados para mais de uma caixa Brooks.



Foto 4: Caminhão poliguindaste de Água Comprida - MG

- Caminhões basculante podem ser denominados :
 - ♦ **Toco:** Veículo curto com apenas dois eixos. A caçamba varia de 5 a 8 m³ e possui capacidade para transportar de 12 a 16 t¹ de PBT².
 - ♦ **Trucado:** Veículo longo com três eixos. A caçamba possui 12 m³ e capacidade para transportar 23 t de PBT.



Foto 5: Caminhão basculante de Ituiutaba - MG

¹ t . - Tonelada.

² PBT - Peso Bruto Total: Peso próprio do caminhão (chassi e carroceria) + Peso da carga

Obs.: Para as regiões ou zonas de difícil acesso, (vielas, em geral estreitas ou íngremes), devem-se utilizar veículos especiais, de pequena largura, boa capacidade de manobra e capacidade de vencer aclives: microtratores ou tratores agrícolas ou pequenos veículos coletores, com ou sem compactação tanto para resíduos orgânicos de origem domiciliar ou pública.



Foto 6: Trator com carretinha em Itanhandu - MG

4.5.4. Destinação Final

A destinação final consiste, basicamente, em encaminhar os resíduos orgânicos para algum tipo de tratamento existente, assunto que será abordado no item 5.

Destinação Final:

“Definição da Lei 18.031/2009: o encaminhamento dos resíduos sólidos para que sejam submetidos ao processo adequado, seja ele a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem, a compostagem, a geração de energia, o tratamento ou a disposição final, de acordo com a natureza e as características dos resíduos e de forma compatível com a saúde pública e a proteção do meio ambiente”.

4.5.5. Disposição Final

O material remanescente da destinação final (operações de triagem e o resíduo resultante da valorização/tratamento dos resíduos orgânicos (designado como rejeito) deverá ser confinado em aterros sanitários ou outra forma de disposição ambientalmente adequada, cujos requisitos de construção, modo de operação e monitoramento possam garantir segurança.

5. Tecnologias utilizadas para o tratamento dos resíduos orgânicos

Algumas práticas e tecnologias têm sido utilizadas para equacionar os problemas relacionados aos resíduos orgânicos como a compostagem, desenvolvimento de produtos alternativos utilizando materiais que seriam descartados e a geração de energia a partir da decomposição da matéria orgânica.

A seguir são apresentadas tecnologias para o tratamento de resíduos orgânicos visando o reaproveitamento e à recuperação energética. Ressalta-se que tais tecnologias podem, isoladamente, ser a solução. Porém, é necessário repensar o consumo e o desperdício, principalmente de alimentos, lembrando-se sempre das práticas de NÃO GERAÇÃO E REDUÇÃO.

5.1. Compostagem

A compostagem é um processo de degradação biológica da matéria orgânica (sobras de frutas, legumes, restos de alimentos, folhas de poda de árvores, grama, entre outros), pela ação de micro-organismos aeróbios, que decompõem a matéria orgânica, produzindo dióxido de carbono, água, calor e húmus, um composto que pode ser utilizado para melhorar a qualidade do solo.



Foto 7: Pátio de compostagem da UTC de Tocantins - MG

O fluxograma abaixo apresenta o processo de compostagem

FIGURA 3 – PROCESSO DE COMPOSTAGEM



Fonte: Adaptado de ENERGAIA

A compostagem apresenta-se como importante prática, na medida em que concede nova utilização aos resíduos que poderiam ser dispostos em qualquer lugar ou mesmo ser encaminhados a aterros sanitários, aumentando a geração de gases e lixiviados.

A utilização do composto proporciona melhoria na estrutura do solo devolvendo à terra nutrientes, aumenta a capacidade de retenção de água e diminui o uso de fertilizantes sintéticos.

Vale acrescentar que os resíduos orgânicos devem passar por pré-tratamento, com a finalidade de se verificar e retirar possíveis materiais que poderiam causar contaminação por metais pesados¹, dentre outros materiais inertes² prejudicando a qualidade do composto. É muito comum encontrar na massa de resíduos orgânicos os seguintes materiais: pilhas, baterias, vidros, plásticos, metais entre outros.

¹ O termo “metal pesado” é utilizado genericamente para elementos químicos que contaminam o meio ambiente e podem provocar diferentes níveis de dano à vida. Os principais elementos químicos enquadrados nesse conceito são Ag, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sd, Se e Zn.

² Materiais inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT NBR 10.004/2004).



Foto 8: Triagem realizada na UTC de Ibertioga – MG

Veja o que pode ser compostado na Tabela 5:

TABELA 5: RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS

PODE	NÃO PODE
Restos de comida cozida e da preparação	Carne, peixe, frutos do mar
Cascas de frutas, legumes e ovos	Laticínios (queijo, manteiga etc.)
Folhas e resíduos de jardim	Gorduras
Restos de madeira	Resíduos de jardim com pesticidas
	Plantas doentes
	Plásticos, vidros, metais, tecidos, tintas, produtos químicos, medicamentos

Fonte: www.minassemixoes.org.br

Sistemas de compostagem

O processo de compostagem pode ser realizado por três sistemas básicos:

a) Sistemas de pilhas ou leiras revolvidas (Windrow): A mistura de resíduos é disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos materiais e pela convecção do ar na massa do composto. O reviramento pode ser realizado manualmente com auxílio de ferramentas ou mecanicamente.



Foto 9: Reviramento manual das leiras na UTC de Cristiano Otoni - MG

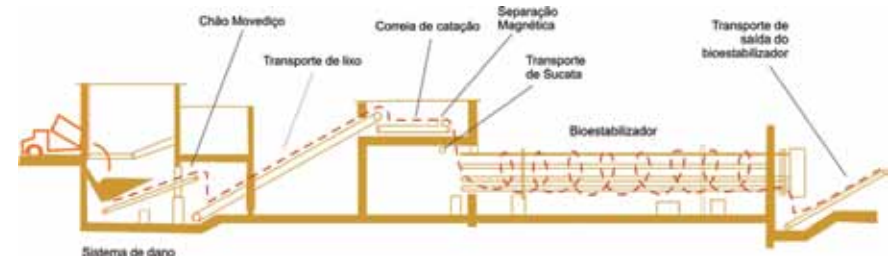


Foto 10: Reviramento mecânico das leiras na UTC de Ilícinea - MG

b) Sistema de leiras estáticas aeradas (Static pile): A mistura é colocada sobre tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto. Nesse caso não há revolvimento mecânico das leiras.

c) Sistemas fechados ou reatores biológicos (In-vessel): Os materiais são colocados dentro de sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Como exemplo tem-se o sistema DANO que utiliza um cilindro rotativo acelerando a taxa inicial de compostagem. Os resíduos permanecem dentro de bioestabilizadores por determinado tempo e o material resultante, um pré-composto ainda com carga patogênica elevada, é encaminhado para pátio de compostagem onde ocorre a maturação completa (Silva *et. al.*, 2005).

FIGURA 4: SISTEMA DANO



Fonte: ReCESA, 2007.

Etapas da compostagem

A compostagem passa por duas etapas básicas: a degradação ativa e a maturação ou cura.

Na fase de degradação ativa ocorre a oxidação da matéria orgânica e a eliminação de micro-organismos patogênicos. As temperaturas podem variar entre 40 °C a 65 °C. Temperaturas muito altas são prejudiciais ao processo devido à inativação de micro-organismos mineralizadores (Pereira Neto, 1996).

Na fase de maturação ou cura tem-se a continuidade da degradação em que ocorre a humificação da matéria orgânica. As temperaturas devem atingir valores menores que 45 °C. A maturação é uma etapa indispensável no processo de compostagem, uma vez que o uso de composto não maturado pode ocasionar efeitos nocivos como liberação de substâncias prejudiciais às raízes das plantas, produção de toxinas inibidoras do metabolismo e odores durante a utilização (Pereira Neto, 1996).

Após a maturação o composto pode ser peneirado para uniformizar a granulometria e, caso necessário, ensacado para armazenamento ou aplicado no solo, sob acompanhamento de um engenheiro agrônomo.

TABELA 6: CARACTERÍSTICAS DAS FASES DA COMPOSTAGEM

CARACTERÍSTICAS DAS FASES	NOME DA FASE
<p>Início da compostagem</p> <p>Temperatura: entre 40 °C a 45 °C</p> <p>Micro-organismos: bactérias e fungos produtores de ácidos</p> <p>Alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N)</p>	<p>Biodegradação ativa:</p> <p>Mesófila</p>
<p>Temperatura: entre 65 °C a 70 °C</p> <p>Micro-organismos: bactérias e fungos (Actinomicetes)</p>	<p>Biodegradação ativa:</p> <p>Termófila</p>
<p>Temperatura: entre 40 °C a 45 C</p> <p>Aspecto visual: cor escurecida</p> <p>Baixa relação Carbono/Nitrogênio (C/N)</p>	<p>Biodegradação ativa:</p> <p>Mesófila</p>
<p>Temperatura: próxima a do ambiente externo</p> <p>Micro-organismos: protozoários, nematoides, formigas, miriápodes, vermes e insetos.</p>	<p>Maturação: Criófila</p>

Fonte: ReCESA, 2007.

As temperaturas do processo de compostagem devem ser verificadas pelo menos no meio da leira e, quando a temperatura estiver acima de 65°C, é necessário o reviramento ou mesmo a modificação da configuração geométrica. O esquema abaixo apresenta as temperaturas e frequência de reviramento de acordo com a fase.

FIGURA 5: CONDIÇÕES IDEAIS DE TEMPERATURA E REVIRAMENTO CONFORME A IDADE DAS LEIRAS

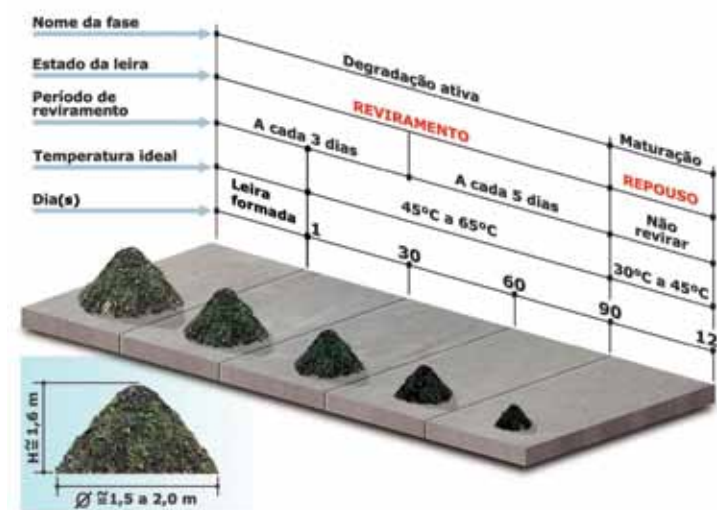


Foto 11: Medição de temperatura das leiras na UTC de Gonzaga - MG,

Fatores que afetam o processo de compostagem

A compostagem envolve uma população diversificada de micro-organismos como bactérias e fungos, que, em condições adequadas, decompõem a matéria orgânica. O processo pode sofrer influência de alguns fatores e, se não controlados, afetam a degradação da matéria orgânica, e a qualidade do composto. Na tabela 7 são listados os principais parâmetros:

TABELA 7: PARÂMETROS DE CONTROLE DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

PARÂMETRO	INFORMAÇÕES
Temperatura	Cada micro-organismo se desenvolve a uma temperatura ideal. Esse parâmetro é decisivo para o processo de compostagem. A temperatura garante a eliminação dos micro-organismos patogênicos do composto maturado, desde que se assegure temperaturas em torno de 40°C a 65°C na primeira fase. Valores acima de 70°C eliminam micro-organismos responsáveis pela mineralização da matéria orgânica. A queda da temperatura caracteriza a mudança da fase ativa para a maturação.
Umidade	A umidade propicia a decomposição da matéria orgânica e o deslocamento dos micro-organismos. Seu valor médio ideal, no processo de compostagem, fica em torno de 50%. Os valores mínimo e máximo recomendáveis são 40% e 60%. Valores abaixo do mínimo podem levar à inibição da atividade microbiana e, acima, à emissão de maus odores, devido a condições anaeróbias, além de atrair vetores.
Oxigênio	A compostagem é um processo aeróbio, ou seja, é na presença de oxigênio que os micro-organismos são capazes de se desenvolver e realizar a decomposição da matéria orgânica. Concentrações de oxigênio superiores a 10% podem garantir boas condições aeróbias. A aeração tem por finalidade suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica e atuar no controle da temperatura. O reviramento das leiras pode ser manual ou mecânico.
pH	A faixa ótima de pH para o desenvolvimento dos micro-organismos está situada entre 4,5 e 9,5. O composto orgânico final apresentará pH entre 7,5 a 9,0 possibilitando a aplicação para correção de solos ácidos.
Tamanho das partículas	O tamanho das partículas da massa de compostagem deve situar-se entre 1 a 5 cm. Valores menores que 1 cm podem causar compactação do material, reduzir a porosidade, diminuir a capacidade de aeração e a atividade microbiana.

PARÂMETRO	INFORMAÇÕES
Relação Carbono/Nitrogênio C/N	Os micro-organismos absorvem os elementos carbono (C) e nitrogênio (N) em uma proporção ideal. O carbono é a fonte de energia para atividade dos micro-organismos; e o nitrogênio, para reprodução celular. A melhor relação entre C/N em uma pilha de composto está em torno de 25 a 30 partes de carbono para 1 parte de nitrogênio. Se a massa apresentar maior concentração de nitrogênio, o excesso será liberado na forma de gás amônia, causando odores. O excesso de carbono leva a um aumento do período de compostagem.

Fonte: Adaptado de Pereira Neto, 1996; Vilhena, 2001; ReCESA, 2007.

Na tabela 8 são apresentados os principais problemas do processo de compostagem, suas possíveis causas e as medidas que devem ser aplicadas para corrigir as irregularidades:

TABELA 8: CONTROLE OPERACIONAL DO PÁTIO DE COMPOSTAGEM

PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	POSSÍVEL CAUSA	MEDIDAS CORRETIVAS
Pilha ou Leira demora mais que 5 dias para esquentar (temperatura 50-65°C)	Material muito seco	Adicionar água à massa de compostagem e manter a umidade a 55%
	Material com excesso de umidade	Adicionar à massa de compostagem composto maturado seco, terra vegetal seca ou material palhoso seco.

PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	POSSÍVEL CAUSA	MEDIDAS CORRETIVAS
	Material rico em carbono	Adicionar material nitrogenado: grama, lodo de esgoto, esterco animal, frações orgânicas do lixo urbano, entre outros.
	Material rico em nitrogênio	Adicionar material carbonáceo: folhas secas, capim seco, entre outros. (Obs.: nunca adicionar serragem)
	Material muito compactado	Adicionar material que promova porosidade da massa de compostagem: cavaco de madeira, palha de vegetais, entre outros.
	Baixa atividade microbiológica	Adicionar à massa de compostagem uma certa quantidade de matéria orgânica de lixo ou esterco e promover uma mistura criteriosa desse material.
Queda de temperatura da pilha ou leira após curto período de aquecimento	Leira operada sob temperatura excessivamente alta > 78°C	Revirar a massa de compostagem, corrigir a umidade e modificar a configuração geométrica da leira. Seguir o ciclo correto de reviramento.

PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	POSSÍVEL CAUSA	MEDIDAS CORRETIVAS
Queda de temperatura da pilha ou leira após curto período de aquecimento	Material muito molhado ou muito compactado (sem porosidade)	Seguir os procedimentos anteriores
	Ciclo de reviramento muito longo, baixo teor de oxigênio na massa de compostagem	Seguir o ciclo correto de reviramento
Registro de temperatura excessiva da massa de compostagem	Material bem balanceado, rico em carbono e facilmente degradável.	Modificar a configuração geométrica da leira de compostagem: aumentar a sua área superficial.
Queda gradual de temperatura na fase ativa após 30 – 60 dias	Exaustão do carbono disponível, fim do substrato	Verificar se a umidade, oxigenação, porosidade e a configuração geométrica são satisfatórias. Em caso afirmativo, levar a leira para o pátio de maturação.
Emissão de maus odores da leira de compostagem	Tamanho da partícula muito grande	Promover a quebra do material durante o reviramento com auxílio de enxadão amolado. Cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado (50% de umidade). Caso não seja possível, efetuar a prévia trituração do material.
	Volatilização da amônia (NH ₃) devido à alta temperatura (> 65°C) e ao pH alcalino (> 7,5°C)	Revirar a massa de compostagem e modificar a configuração geométrica para obter menores temperaturas.

PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	POSSÍVEL CAUSA	MEDIDAS CORRETIVAS
Emissão de maus odores da leira de compostagem	Anaerobiose devido ao excesso de umidade	Adicionar composto maturado seco à massa de compostagem e cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado.
Emissão de maus odores da leira de compostagem	Anaerobiose devido ao longo ciclo de reviramento	Seguir o ciclo correto de reviramento
Produção e liberação de chorume da leira de compostagem	Excesso de umidade da massa de compostagem	Seguir o processo anterior e lavar a área afetada do pátio.
Aumento de umidade das leiras no período chuvoso	Anaerobiose devido ao excesso de umidade e produção de chorume	Manter as leiras operando com umidade mínima (45%) e cobri-las com composto maturado seco)
Atração de moscas e mosquitos nas leiras de compostagem	Material fresco em putrefação (leira molhada)	Cobrir a leira com camada de 15 cm de composto maturado durante os primeiros 10 dias (3 primeiros reviramentos)
	Anaerobiose da massa de compostagem por excesso de umidade ou falta de oxigenação	Seguir as medidas citadas anteriormente.
Leira registra alta temperatura (50 – 60°C) no pátio de maturação	Presença de pouca quantidade de material ativo: a leira permanece quente por apenas 5 a 8 dias.	Deixar a pilha em repouso para que a maturação se processe normalmente e a temperatura caia para a faixa mesofílica (< 45°C)

PRINCIPAIS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	POSSÍVEL CAUSA	MEDIDAS CORRETIVAS
Leira registra alta temperatura (50 – 60°C) no pátio de maturação	Presença de grande quantidade de material ativo: o material não está completamente degradado como deveria	Continuar o processo de compostagem (fase ativa) até que a temperatura permaneça na faixa mesofílica.
Emissão de odor, atração de vetores (fatos que jamais deverão ocorrer na fase de maturação)	1ª fase de compostagem malfeita, processo mal-operado	Compostar o material com as recomendações sugeridas.
Material continua com alta contagem de patógenos (> 10 ² UFC/g) ou alta relação C/N (> 18:1)	Controle precário na primeira fase do processo	Continuar o processo de degradação caso sejam registrados picos de temperaturas termofílicas.
		Prolongar o período de maturação caso a temperatura esteja na fase mesofílica (< 45° C) até que os parâmetros se normalizem: C/N < 15 e patógenos < 10 ² UFC/g.
Geração espontânea de vegetação nas leiras de maturação	Disseminação de sementes por pássaros, vento, entre outros.	Retirar toda e qualquer vegetação das leiras
	Germinação de sementes presentes no próprio material (controle precário na segunda fase do processo). Exemplo: ervas daninhas	Não utilizar o material em atividades agrícolas nobres (hortas, jardins) e retorná-lo parcialmente para as leiras novas.

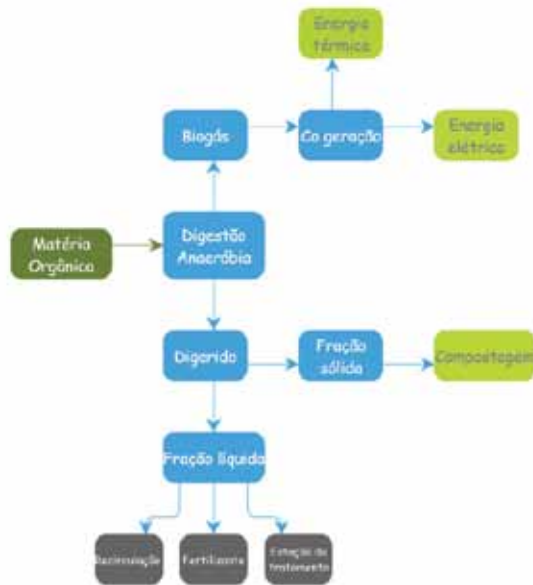
Fonte: Pereira Neto, 1996

5.2. Biodigestão Anaeróbia

A biodigestão anaeróbia é um processo que envolve tecnologias de maior complexidade e elevado investimento inicial.

O fluxograma abaixo representa o processo de biodigestão anaeróbia.

FIGURA 6: PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA



Fonte: Adaptado de Brites,2007.

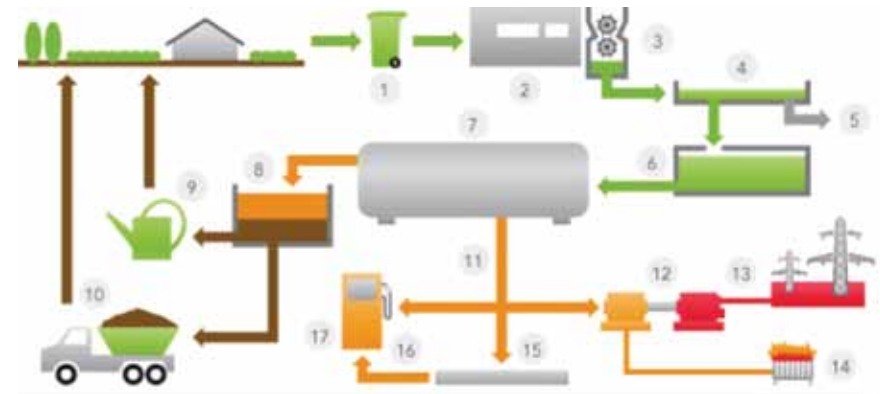
Nesse processo ocorre a degradação biológica da matéria orgânica em condições anaeróbias. Os resíduos orgânicos entram em um digestor, em que ocorrerá o processo de degradação, resultando dois tipos de produtos: a lama digerida e o biogás.

A lama digerida pode ser separada em fração líquida e fração sólida, sendo que esta última deve sofrer um processo de compostagem para maturação e estabilização do produto. No final desta fase, o composto obtido estará pronto para ser aplicado como corretivo orgânico. O efluente líquido poderá ter três destinos: ser recirculado para o digestor, ser aplicado no solo como fertilizante, ou ser encaminhado para uma estação de tratamento de águas residuárias.

O biogás gerado no processo apresenta potencial energético que permite a sua utilização em diversas aplicações como produção de vapor para o aquecimento do próprio digestor e produção de eletricidade. A qualidade e a quantidade de biogás obtido dependem das características dos resíduos presentes no processo de digestão, uma vez que cada resíduo orgânico apresenta potenciais diferentes.

A seguir é ilustrada a recuperação do biogás gerado a partir dos resíduos orgânicos em um biodigestor:

FIGURA 7: RECUPERAÇÃO DO BIOGÁS GERADO A PARTIR DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS EM UM BIODIGESTOR



Legenda:

- 1 - Resíduos de cozinha e jardim
- 2-Ponto de coleta de resíduos orgânicos
- 3-Trituração para homogeneização das partículas
- 4 - Triagem
- 5 - Materiais inertes e outros contaminantes
- 6-Tanque ou caixa intermediária de estocagem de resíduos orgânicos
- 7 - Fermentação
- 8-Sistema de sedimentação/filtragem;
- 9 - Líquido fertilizante
- 10-Fertilizante natural (composto)
- 11 - Biogás
- 12 - Cogeração de energia
- 13 - Sistema de distribuição de eletricidade
- 14 - Aquecimento;
- 15 - Sistema de distribuição de gás
- 16 - Gás natural
- 17 - Combustível

Biodigestor e recuperação do biogás

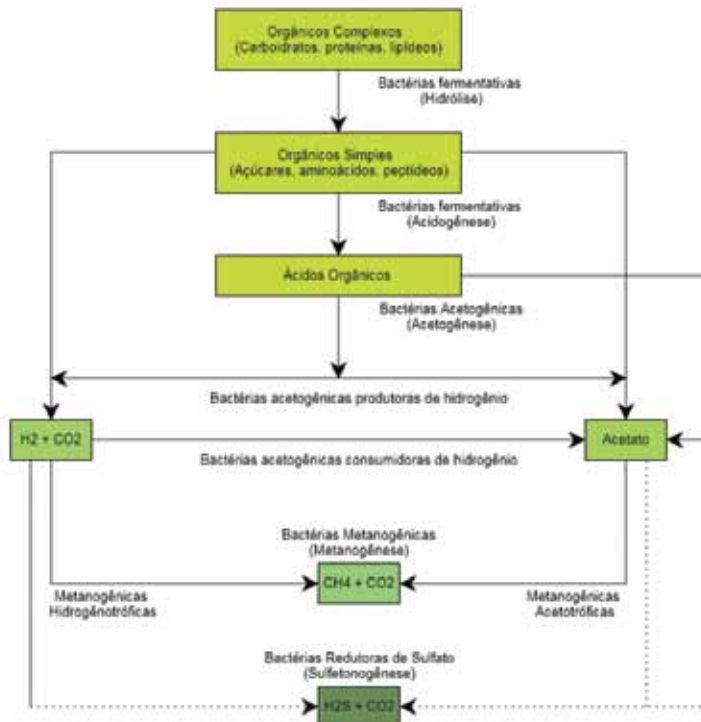
Fonte: Adaptado de AXPO New Energies.

A biodigestão anaeróbia em reatores apresenta elevada taxa de geração de metano e facilidade de sua recuperação, tornando o processo um atrativo para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL e Créditos de Carbono.

O processo de digestão anaeróbia é influenciado por diversos fatores, destacando-se a temperatura, a carga orgânica aplicada, a presença de materiais tóxicos, pH, pressão, entre outros.

Em temperaturas altas, as reações biológicas ocorrem com maior velocidade, possibilitando maior eficiência no processo. O processo anaeróbio poderá ser desenvolvido em temperaturas de nível mesófilo (30°C a 45°C), ou nível termófilo (45°C a 60 °C). Em relação à carga orgânica, poderá variar com os tipos de reatores. Comparando-se com outros tipos de tratamentos, o processo anaeróbio suporta satisfatoriamente as flutuações de carga (LEITE, 2004).

FIGURA 8: SEQUÊNCIAS METABÓLICAS E MICROORGANISMOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA



Fonte: Adaptado de Silva, 2009.

Etapas da digestão anaeróbia

A seguir são descritos os quatro estágios da digestão anaeróbia:

- 1. hidrólise:** estágio no qual as moléculas orgânicas complexas são quebradas em açúcares, aminoácidos, e ácidos graxos com a adição de grupos hidroxila.
- 2. acidogênese:** continuação de quebra em moléculas menores ocorrendo formação de ácidos graxos voláteis (ex. acético, propiônico, butírico, valérico) e produção de amônia, dióxido de carbono e H₂S como subprodutos.
- 3. acetogênese:** moléculas simples da acidogênese são digeridas, produzindo dióxido de carbono, hidrogênio e ácido acético.
- 4. metanogênese:** ocorre formação de metano, dióxido de carbono e água.

Tipos de reatores aplicados à digestão anaeróbia

Conforme descreve Leite, *et al.*, 2004, existem três sistemas básicos:

Sistema de um estágio – Nesse sistema as etapas acidogênicas e metanogênicas ocorrem em um único reator. Podem ocorrer digestões úmidas e secas:

Na digestão úmida os resíduos devem possuir menos de 15% de sólidos totais, sendo necessário pré-tratamento com peneiras, misturadores, polpadores, flotores, entre outros. O pré-tratamento pode perder de 15% a 25% de sólidos voláteis, conseqüentemente ocorre a queda da produção de biogás.

Na digestão seca o conteúdo pode ser constituído de sólidos totais entre 20% e 40%. O único pré-tratamento é a remoção de materiais como vidros, metais, plásticos, entre outros. A tecnologia DRANCO desenvolvida na Bélgica é um exemplo de digestão seca. Nesse sistema, os resíduos digeridos no reator são recirculados promovendo o contato com os resíduos frescos.

Sistema de dois estágios – O sistema é composto por dois reatores: no primeiro predomina a ação de micro-organismos hidrolíticos e formado-

res de ácidos; no segundo ocorre ação de micro-organismos acetogênicos e metanogênicos. O sistema de dois estágios é indicado para a degradação de elementos complexos como a celulose e a lignina. Esse sistema apresenta bom desempenho em relação à flutuação de carga aplicada.

Sistema em batelada – Os digestores recebem carga uma única vez, podendo adicionar ou não inóculo. Permite a degradação dos resíduos em modo seco em todas as etapas (teor de sólidos totais entre 30% e 40%). Após a estabilização, os resíduos são removidos e inicia-se um novo ciclo com a introdução de nova batelada.

A tabela 9 apresenta algumas tecnologias utilizadas nos processos de digestão anaeróbia:

TABELA 9: TECNOLOGIAS APLICADAS NOS PROCESSOS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA

PROCESSOS	TECNOLOGIA	FORNECEDOR
Seco	BRV	LINDE
	DRANCO	OWS
	KOMPOGAS	KOMPOGAS
	VALORGA	BABCOCK BORSIG POWER
Úmido	BIOSTAB	ROS ROCA
	BTA	BTA
	KCA	LINDE
	WAASA	ALCYONCYTEC

Fonte: Adaptado de Picanço, 2004.

5.3. Aterro Sanitário

Os aterros sanitários, na ausência das outras formas de tratamento dos resíduos orgânicos, é a alternativa que mais minimiza os efeitos nocivos dos efluentes gerados pela degradação desse tipo de resíduo. É um método de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, que visa proteger o meio ambiente e a saúde pública. Utiliza princípios de engenharia

para confinar os resíduos sólidos a menor área e menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte na conclusão da jornada de trabalho, ou intervalos menores, se necessário. (FEAM, 2006).

Esse método de disposição final dos resíduos deve contar com sistema de impermeabilização de base e laterais, procedimentos de recobrimento diário e cobertura final, sistema de coleta e tratamento de líquidos percolados, sistema de coleta e tratamento dos gases, sistema de drenagem superficial e sistema de monitoramento.

FIGURA 9: ESQUEMA DE UM ATERRO SANITÁRIO EM ÁREA



Foto 12: Aterro Sanitário de Sabará - MG

Nos aterros sanitários, a estabilização da matéria orgânica é processada por via anaeróbia, ocorrendo formação de lixiviado e biogás, que apresentam impactos ambientais negativos. Esse gás é identificado como um contribuinte significativo às emissões de gás efeito estufa que contribuem para o aquecimento global.

O biogás de aterros é composto por vários gases, principalmente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), (gases responsáveis pelo aquecimento global, através do efeito estufa); juntos, constituem aproximadamente 99% do total. Os outros componentes, como monóxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, ácido sulfídrico e amônia, estão presentes em pequenas quantidades. A distribuição percentual variará conforme o tempo de utilização do aterro.

TABELA 10: CONSTITUINTES TÍPICOS ENCONTRADOS NO BIOGÁS DOS ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

COMPONENTES	PORCENTAGEM
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrogênio	2-5
Oxigênio	0,1-1,0,1
Enxofre, mercaptanas	0-1,0
Amônia	0,1-1,0
Hidrogênio	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Gases em menor concentração	0,01-0,6

Fonte: van Elk, 2007.

O biogás gerado no aterro sanitário a partir da decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é rico em metano.,

Por ser um excelente combustível, sua captura traz grandes vantagens, pois, além de reduzir as emissões dos gases efeito estufa à atmosfera, pode ser aproveitado para a geração de energia, principalmente por se tratar de um gás de grande poder calorífico.

A disposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários deve ser a última opção, visto o potencial de aproveitamento e geração de energia renovável que se obtém na captação do biogás gerado.



Foto 13: Captação de gases no aterro sanitário da Estre em Paulínia - SP



Foto 14: Sopradores de gases no aterro sanitário de Bandeirantes - SP

6. Alternativas de recuperação e reaproveitamento dos resíduos orgânicos



Foto 15:
Composteira caseira¹



Foto 16: Gabinetes ecológicos desenvolvidos com fibra de coco verde²



Foto 17: Fibras de coco utilizadas em estofamento de banco de veículos automotivos³



Foto 18: Incinerador de resíduos animais e orgânicos⁴



Foto 19: Unidade da Planta-Piloto de tratamento anaeróbico dos resíduos sólidos urbanos para geração de bio-hidrogênio⁵

¹ Fonte: <http://ecotecnologia.wordpress.com/>

² Fonte: MACHADO *et al.*, 2009

³ Fonte: SEMA, 2005

⁴ <http://hotsites.sct.embrapa.br/proeta/tecnologias/servicos/sul/incinerador-de-residuos-animais-e-organicos/>

⁵ http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2009/lqes_news_novidades_1322.html

7. Protocolo de Quioto e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Protocolo de Quioto é um tratado internacional firmado em 1997 durante a 3.^a Conferência das Partes da Convenção sobre Mudanças do Clima. O documento propõe reduzir a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) pelos países industrializados, além de alternativas de crescimento sustentável aos países em desenvolvimento.

O Tratado determinou que os países membros devem reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), até o ano de 2012, em 5,2% em relação aos níveis de 1990.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um instrumento criado para alcançar as metas propostas pelo Protocolo de Quioto com a implantação de projetos de redução das emissões ou remoção de gases do efeito estufa (GEE) da atmosfera (LOPES, 2002). Dessa forma, os países em desenvolvimento podem obter Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) com a implantação de projetos de redução e remoção e negociá-las no mercado financeiro com os países industrializados.

Os projetos devem utilizar metodologias aprovadas, ser validados e verificados por Entidades Operacionais Designadas (EODs), aprovados e registrados pelo Conselho Executivo do MDL. Devem ainda ser aprovados pelo governo do país anfitrião por intermédio da Autoridade Nacional Designada (AND), assim como pelo governo do país que comprará as RCEs. No Brasil, foi criada, em 7 de julho de 1999, a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), composta por representantes de nove ministérios. Aos ministros da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente cabem, respectivamente, a presidência e a vice-presidência da AND.



Foto 20: Aterro Sanitário de Nova Iguaçu - RJ, primeiro projeto de MDL registrado no Conselho Executivo da ONU em 18-11-2004 (SOUZA, 2007)

Crédito de Carbono

O documento *Redução Certificada de Emissões (RCE)* é o certificado emitido pelo Conselho Executivo do MDL que informa a quantidade de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrente da implantação de um projeto. Esse documento é comumente chamado de *Crédito de Carbono* (Fundação Banco do Brasil, 2010).

Categorias de projetos MDL

O Conselho Executivo (CE) do MDL numerou os seguintes setores em que projetos MDL podem ser desenvolvidos. O CE-MDL baseou-se no Anexo A do Protocolo de Quioto para a sua elaboração.

Uma atividade de projeto MDL pode estar relacionada a mais de um setor.

A Tabela 11 apresenta os tipos de gases de efeito estufa de acordo com os setores/fontes responsáveis pelas emissões:

TABELA 11: EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE ACORDO COM OS SETORES/FONTES

REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA			
Energia	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
CO ₂ – CH ₄ – N ₂ O	CO ₂ – N ₂ O – HFCs – PFCs – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
<ul style="list-style-type: none"> • Queima de Combustível • Setor energético • Indústria de transformação • Indústria de construção 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos minerais • Indústria química • Produção de metais • Produção e consumo de halocarbonos e hexafluoreto de enxofre • Uso de solventes • Outros 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentação entérica • Tratamento de dejetos • Cultivo de arroz 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição de resíduos sólidos • Tratamento de esgoto sanitário

REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA			
Energia	Processos Industriais	Agricultura	Resíduos
CO ₂ – CH ₄ – N ₂ O	CO ₂ – N ₂ O – HFCs – PFCs – SF ₆	CH ₄ – N ₂ O	CH ₄
<ul style="list-style-type: none"> • Transporte • Outros setores Emissões Fugitivas de Combustíveis • Combustíveis sólidos • Petróleo e gás natural 		<ul style="list-style-type: none"> • Solos agrícolas • Queimadas prescritas de cerrado • Queimadas de resíduos agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento de efluentes líquidos • Incineração de resíduos
REMOÇÕES DE CO ₂ *			
Florestamento / Reforestamento			
Remove: CO ₂ Libera: CH ₄ – N ₂ O – CO ₂			

* Remoções por sumidouro poderão ser utilizadas para atender aos compromissos assumidos, tendo sido autorizadas pela Decisão 17/CP.7 do Acordo de Marraqueche. Apesar de haver emissão de gases de efeito estufa o resultado líquido é de remoção.

Fonte: Adaptado de Lopes, 2002.

Exemplos de projetos de redução das emissões de GEE

- Captura e reaproveitamento de gás em aterro sanitário
- Compostagem de resíduos sólidos urbanos
- Geração de metano a partir de resíduos orgânicos
- Pirólise de resíduos
- Tratamento de dejetos suínos e reaproveitamento de biogás
- Geração de energia por fontes renováveis (biomassa, energia eólica, pequenas e médias hidroelétricas), energia solar

Exemplo de resgate das emissões de GEE

- Florestamento e reforestamento em áreas degradadas.

Requisitos para um projeto de MDL

Segundo o Conselho Executivo, um projeto de MDL deve:

- ter participação voluntária dos atores envolvidos
- ser aprovado pelo país onde será implantado
- apoiar os objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pelo país onde será implantado
- reduzir as emissões de GEE em relação ao que ocorrerá se ele não for implementado
- contabilizar o aumento de emissões de GEE que ocorra fora dos limites das suas atividades (chamadas “fugas”) e que seja atribuível a essas atividades
- estimar os impactos de suas atividades – as partes envolvidas e/ou afetadas por esses impactos deverão ter sido comprovadamente consultadas
- gerar benefícios climáticos – mensuráveis, reais e de longo prazo.

Etapas dos projetos MDL

A seguir é apresentado o passo a passo do ciclo do projeto, desde a elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP) até a emissão das RCEs.

TABELA 12: ETAPAS DO CICLO DO PROJETO DE MDL

ETAPA	DEFINIÇÃO	ENTIDADE RESPONSÁVEL
1. Documento de Concepção do Projeto – DCP	A elaboração do DCP é a primeira etapa do ciclo do projeto. Todas as informações necessárias para validação/registro, monitoramento, verificação e certificação deverão estar contempladas. Esse documento deverá incluir entre outras coisas, a descrição: das atividades de projeto; dos participantes da atividade de	Participantes do projeto

ETAPA	DEFINIÇÃO	ENTIDADE RESPONSÁVEL
	projeto; da metodologia da linha de base; das metodologias para cálculo da redução de emissões de gases de efeito estufa e para o estabelecimento dos limites da atividade de projeto e das fugas; e do plano de monitoramento. Deve conter, ainda, a definição do período de obtenção e créditos, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, o relatório de impactos ambientais, os comentários dos atores e informações quanto à utilização de fontes adicionais de financiamento.	
2. Validação/Aprovação	Validação é o processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma entidade operacional designada, no tocante aos requisitos do MDL, com base no DCP. Aprovação é o processo pelo qual a AND das partes envolvidas confirmam a participação voluntária e a AND do país onde são implementadas as atividades de projeto do MDL atesta que a atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país.	Entidade Operacional Designada (EOD) AND
3. Registro	Registro é a aceitação formal, pelo Conselho Executivo, de um projeto validado como atividade de projeto do MDL. O registro é o pré-requisito para a verificação, certificação e emissão das RCEs relativas à atividade de projeto do MDL.	Conselho Executivo do MDL

ETAPA	DEFINIÇÃO	ENTIDADE RESPONSÁVEL
4. Monitoramento	<p>Processo de monitoramento da atividade de projeto, incluindo o recolhimento e armazenamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no DCP, que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade de projeto, ou fora desses limites desde que sejam atribuíveis a atividade de projeto, e dentro do período de obtenção de créditos.</p>	Participantes do projeto
5. Verificação/Certificação	<p>Verificação é o processo de auditoria periódico e independente para revisar os cálculos acerca da redução de emissões de gases de efeito estufa ou da remoção de CO₂ resultantes de uma atividade de projeto do MDL que foram enviados ao Conselho Executivo por meio do DCP. Esse processo é feito com o intuito de verificar, ex post, a redução de emissões que efetivamente ocorreram. Apenas atividades de projetos do MDL registradas são verificadas e certificadas.</p> <p>Certificação é a garantia fornecida por escrito de que uma determinada atividade de projeto atingiu um determinado nível de redução de emissões de gases de efeito estufa durante um determinado período de tempo.</p>	EOD

ETAPA	DEFINIÇÃO	ENTIDADE RESPONSÁVEL
6. Emissão	<p>Etapa final, quando o Conselho Executivo tem certeza de que, cumpridas todas as etapas, as reduções de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades de projetos são reais, mensuráveis e de longo prazo e, portanto, podem dar origem a RCEs. As RCEs são emitidas pelo Conselho Executivo e creditadas aos participantes de uma atividade de projeto na proporção por eles definida e, dependendo do caso, podendo ser utilizadas como forma de cumprimento parcial das metas de redução de emissão de gases de efeito estufa.</p>	Conselho Executivo

Fonte: Adaptado de Lopes, 2002.

8. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004. Resíduos Sólidos. Classificação*, São Paulo: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.980. Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólido urbanos*. ABNT, 1993.

AMARAL, Fernando Luciano Merli do. *Biodigestão anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos: um panorama tecnológico atual*. 2004. 107p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

BELO HORIZONTE. Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). *Compostagem dos resíduos orgânicos*. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&tax=22327&lang=pt_br&pg=5600&taxp=0>. Acesso em: 10 abr. 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 20 jul. 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Texto da Convenção: quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima: Anexo I*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4069.html>> Acessado em 28 de abr. de 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Texto da Convenção: quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima. Anexo II*. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4069.html>> Acessado em 28 de abril de 2011.

BRITES, O.; GAFEIRA, T. *Biogás*. Coimbra: Universidade de Coimbra Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, 2007.

CASSINI, Sérgio Túlio (Coord.). *Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás*. Rio de Janeiro: ABES : RiMa, 2003. 210p.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de (Coord.). *Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte*. Rio de Janeiro : ABES, RiMa, 2003.

CENTRO MINEIRO DE REFERÊNCIA EM RESÍDUOS (CMRR). *Cozinha Experimental*. Disponível em: <<http://cmrrmg.webnode.com.br/capacitação/cozinha-experimental/>>. Acesso 07 jun. 2011.

DIGESTÃO ANAERÓBIA. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Digest%C3%A3o_anaer%C3%B3bia>. Acesso em: 05 abr. 2011.

ECOTECNOLOGIA BLOG. 2008. Disponível em: <<http://ecotecnologia.wordpress.com/>>. Acesso em 06/01/2011.

ENERGAIA. Projeto eds.NORTE – Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Região Norte. *Valorização dos resíduos orgânicos*. Portugal. Disponível em: <<http://www.biologicaonline.com/pt/attachments/DataBase/attachs.pdf>>. Acesso em 28 abr. 2011.

FERNANDES, José Ulisses Jacoby. *Lixo: limpeza pública urbana; gestão de resíduos sólidos sob o enfoque do direito administrativo*. Belo Horizonte – MG: Del Rey, 2001. 312p.

FONSECA, Francisco Pinto da. *Oficina Sustentabilidade na prática Gerenciamento e Disposição Final de RSU. Belo Horizonte, 24 nov. 2010. Palestra*

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. *Guia para a Elaboração de Projetos de MDL com Geração de Trabalho e Renda*. 2010. Disponível em <<http://www.fbb.org.br/upload/biblioteca/documentos/1272998419937.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: FEAM, 2005. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/INVENTARIO/inventario_completo.pdf> Acesso em: 20 mar. 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Orientações básicas para a operação de aterro sanitário* / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Orientações técnicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo* / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2007.

GERAQUE, Eduardo. Lixo milionário. *Folha de São Paulo*, São Paulo. 30 de maio de 2011. Caderno cotidiano.

GLOBO.COM. Pesquisa revela que cascas de frutas têm mais vitaminas do que as polpas. *Jornal Hoje*, 12 abr. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2011/04/pesquisa-revela-que-cascas-de-frutas-tem-mais-vitaminas-do-que-polpas.htmlx>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 03 mar. 2011.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO. *Resíduos orgânicos: fonte para a produção de hidrogênio*. 2009. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2009/lqes_news_novidades_1322.html>. Acesso em 06 jan. 2011.

LEITE, Valderi Duarte et al. Tratamento Anaeróbio de Resíduos Orgânicos com Baixa Concentração de Sólidos. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, out./dez. 2004.

LOPES, Ignez Vidigal (Coord.). *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação*. Rio de Janeiro : Fundação Getulio Vargas, 2002.

MACHADO, Kaio Cruz; DAMM, Djoille Denner; FORNARI JUNIOR, Celso Carlino Maria. *Reaproveitamento tecnológico de resíduo orgânico: casca de coco verde na produção de gabinetes ecológicos de computadores*. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2009, Ilhéus (BA). [Anais...]. Ilhéus (BA), 2009.

MINAS GERAIS. Lei n. 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe so-

bre a política estadual de resíduos sólidos. Assembléia Legislativa de Minas Gerais. *Minas Gerais*. Belo Horizonte, 13 jan. 2009. Disponível em: <<http://www.SIAM.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

MINAS SEM LIXÕES. *Saiba tudo sobre os orgânicos na coleta seletiva*. Disponível em: <<http://www.minassemlixoes.org.br/coleta-seletiva/conheca-os-residuos/organicos/>>. Acesso 10/04/2011.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 193 p.

PANORAMA dos resíduos sólidos no Brasil 2009. São Paulo: ABRELPE, 2009. 210 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/arquivos/Panorama2009.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). *Programa Desperdício Zero: Kit resíduos 5, Orgânicos*. Paraná, 2008. 10 p. Disponível em: <<http://www.sema.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=60>> Acesso em: 03 mar. 2011.

PESSIN, N; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. Diagnóstico preliminar da geração de resíduos sólidos em sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí, RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. 2002, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: [s.n.], 2002.

PEREIRA NETO; João Tinoco. *Manual de Compostagem: processo de baixo custo*. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Agenda 21 e Resíduos Sólidos. In: RESID'99 – SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1999, São Paulo. Anais... São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. P-15-26

PICANÇO, A. P. *Influência da recirculação de percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos*. São Carlos (SP): Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO BRASIL. *Aterro sanitário lucra por poluir menos*. Nova Iguaçu, 25 nov.

2004. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=831&lay=san>>. Acesso em: 27 abr. 2011.

RECESA. Resíduos Sólidos: gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: nível 1. *Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.)* – Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 72 p.

RECESA. *Resíduos Sólidos: processamento de resíduos sólidos orgânicos: Guia do profissional em treinamento: nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.)* Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 68 p.

REDSOL ENERGY. *Energias renováveis: sustentável do mundo* http://www.redsolenergy.com/residuos_solidos_tecnologia_portugues.html Acesso 20/01/2011.

RODRIGUES, Francisco Luiz; CAVINATTO, Vilma Maria. *Lixo: de onde vem? para onde vai?*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 95 p. (Desafios). ISBN 85-16-03634-0.

SILVA, F. C.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D.; VOIGTEL, S.D.S.; MELO, J. R. B. *Processos de produção de compostos de lixo e a sua qualidade como fertilizante orgânico. HOLOS Environment*, v. 5, n. 2, 2005.

SILVA, W. R. *Estudo cinético do processo de digestão anaeróbica de resíduos sólidos vegetais*. 2009. 172 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2009. Disponível em: <http://www.quimica.ufpb.br/posgrad/teses/Tese_Wellington_Regis_Silva.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2011.

SLUSZZ, Thaisy. *Incineração de resíduos animais e orgânicos*. Brasília: EMBRAPA. 2010. 173 f. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/proeta/tecnologias/servicos/sul/incinerador-de-residuos-animais-e-organicos/>>. Acesso em 06 jan. 2011.

SOUZA, Gleice D. *Aplicação do mecanismo de desenvolvimento limpo: o caso NovaGerar*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-28012008-114705/pt-br.php>>. Acesso em: 26 de abril de 2011.

SUA PESQUISA.COM. *Lixo orgânico: saiba o que é lixo orgânico, aterros sanitários, tratamento, exemplos, geração de energia, compostagem*. Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/o_que_e/lixo_organico.htm>. Acesso em: 12 abr. 2011.

TALBUA UM MODO SUSTENTÁVEL DE VIVER. 2010. Disponível em: <<http://talbua.wordpress.com/category/reciclagem/>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

VAN ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira. *Redução de emissões na disposição final*. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

VILHENA, André (Coord.). *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*– 2.ed. São Paulo: IPT:CEMPRE, 2000. – (Publicação IPT 2622)

VILHENA, André (Coord.). *Compostagem: a outra metade da reciclagem*. 2. ed. São Paulo: CEMPRE, 2001. 32 p. (Cadernos de reciclagem; 6).



feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

