

**Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**



**GESTÃO INTEGRADA  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

**Manual  
Gerenciamento Integrado  
de Resíduos Sólidos**



Secretaria Especial  
de Desenvolvimento Urbano  
da Presidência da República  
SEDU





## GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

# Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

## GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

Publicação elaborada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM –, sob o patrocínio da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR.

#### SEDU

Ministro da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República  
*Ovídio Antônio de Angelis*

Secretária de Política Urbana - Substituta  
*Mirna Quinderé Belmino Chaves*

#### IBAM

Superintendente Geral  
*Mara Biasi Ferrari Pinto*

Superintendente de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente  
*Ana Lúcia Nadalutti La Rovere*

### FICHA TÉCNICA

#### SEDU

Gerente de Projetos, Coordenadora Técnica do Programa  
*Nadja Limeira Araújo*

Acompanhamento Institucional e Financeiro  
*Cátia Ferreira dos Santos*

Colaboração  
*André Afonso Vanzan*

#### IBAM

Coordenação Técnica  
*Victor Zular Zveibil*

Conteúdo Técnico  
*José Henrique Penido Monteiro*  
*Carlos Eugênio Moutinho Figueiredo*  
*Antônio Fernando Magalhães*  
*Marco Antônio França de Melo*  
*João Carlos Xavier de Brito*  
*Tarquínio Prisco Fernandes de Almeida*  
*Gilson Leite Mansur*

Organização e Revisão  
*Sergio Rodrigues Bahia*

Revisão do Texto  
*Fátima Caroni*

Projeto Gráfico  
*Clan Design Prog. Visual e Desenho Industrial Ltda.*

Diagramação  
*Claudio Fernandes*  
*Emmanuel Khodja*

Coordenação Editorial  
*Sandra Mager*

Normalização Bibliográfica  
*Biblioteca do IBAM*

### FICHA CATALOGRÁFICA

Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

200 p.; 21,0 x 29,7cm

Patrocínio: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR.

1 - Resíduos sólidos. I - Monteiro, José Henrique Penido, II - Zveibil, Victor Zular (coord.). III - Instituto Brasileiro de Administração Municipal.

628.4 (CDD 15.ed.)

## Sumário

<b>1. Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil</b> .....	1
<b>2. O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos</b> .....	8
<b>3. Modelos Institucionais</b> .....	10
3.1. Objetivos .....	10
3.2. Formas de administração .....	11
3.3. Remuneração dos serviços .....	14
3.4. O cálculo da Taxa de Coleta de Lixo – TCL .....	17
<b>4. Legislação e Licenciamento Ambiental</b> .....	20
<b>5. Resíduos Sólidos: Origem, Definição e Características</b> .....	25
5.1. Definição de lixo e resíduos sólidos .....	25
5.2. Classificação dos resíduos sólidos .....	25
5.2.1. Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente .....	26
5.2.2. Quanto à natureza ou origem .....	26
5.3. Características dos resíduos sólidos .....	33
5.3.1. Características físicas .....	33
5.3.2. Características químicas .....	36
5.3.3. Características biológicas .....	36
5.4. Influência das características dos resíduos sólidos no planejamento do sistema de limpeza urbana .....	37
5.5. Fatores que influenciam as características dos resíduos sólidos .....	38
5.6. Processos de determinação das principais características físicas .....	40
<b>6. Projeção das Quantidades de Resíduos Sólidos Urbanos</b> .....	43

<b>7. Acondicionamento</b> .....	45
7.1. Conceituação .....	45
7.2. A importância do acondicionamento adequado .....	45
7.3. Características dos recipientes para acondicionamento .....	47
7.4. Acondicionamento de resíduo domiciliar .....	48
7.5. Acondicionamento de resíduo público .....	50
7.6. Acondicionamento de resíduos em imóveis de baixa renda .....	52
7.7. Acondicionamento de resíduos de grandes geradores .....	53
7.8. Acondicionamento de resíduos domiciliares especiais .....	54
7.9. Acondicionamento de resíduos de fontes especiais .....	57
<b>8. Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos</b> .....	61
8.1. Coleta e transporte de resíduos sólidos domiciliares .....	61
8.1.1. Conceituação .....	61
8.1.2. Regularidade da coleta domiciliar .....	61
8.1.3. Freqüência da coleta .....	62
8.1.4. Horários de coleta .....	63
8.1.5. Redimensionamento de itinerários de coleta domiciliar .....	64
8.1.6. Veículos para coleta de lixo domiciliar .....	71
8.1.7. Ferramentas e utensílios utilizados na coleta do lixo domiciliar .....	74
8.2. Coleta e transporte de resíduos sólidos públicos .....	74
8.2.1. Veículos e equipamentos utilizados na coleta do lixo público .....	75
8.3. Coleta de lixo em cidades turísticas .....	78
8.4. Coleta de resíduos sólidos em favelas .....	79
8.5. Coleta de resíduos de serviços de saúde .....	80
8.5.1. Conhecimento do problema .....	80
8.5.2. Segregação de resíduos de serviços de saúde .....	81
8.5.3. Coleta separada de resíduos comuns, infectantes e especiais .....	82
8.5.4. Viaturas para coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde .....	82
8.5.5. Freqüência da coleta .....	83
8.5.6. Coleta de materiais perfurocortantes .....	84
<b>9. Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos</b> .....	85
9.1. Conceituação .....	85
9.2. Tipos de estações de transferência .....	86
9.3. Viaturas e equipamentos para estações de transferência .....	88
<b>10. Limpeza de Logradouros Públicos</b> .....	90
10.1. A importância da limpeza de logradouros públicos .....	90

10.1.1. Aspectos históricos .....	90
10.1.2. Aspectos sanitários .....	90
10.1.3. Aspectos estéticos .....	91
10.1.4. Aspectos de segurança .....	91
10.2. Resíduos encontrados nos logradouros .....	92
10.3. Serviços de varrição .....	93
10.3.1. Aspectos construtivos das vias urbanas .....	93
10.3.2. Redimensionando roteiros de varrição manual .....	94
10.3.3. Utensílios, ferramentas e vestuário .....	95
10.3.4. Tarefas do varredor .....	97
10.3.5. Varrição mecanizada .....	97
10.4. Serviços de capina e raspagem .....	100
10.5. Serviços de roçagem .....	101
10.5.1. Equipamentos mecânicos para roçagem de mato .....	102
10.6. Serviços de limpeza de ralos .....	105
10.7. Serviços de limpeza de feiras .....	107
10.8. Serviços de remoção manual e mecânica .....	108
10.9. Serviços de limpeza de praias .....	108
10.10. Como reduzir o lixo público .....	110
10.11. Limpeza de logradouros em cidades turísticas .....	111
<b>11. Recuperação de Recicláveis .....</b>	<b>113</b>
11.1. Coleta seletiva porta a porta .....	113
11.2. Pontos de entrega voluntária – PEV .....	115
11.3. Cooperativa de catadores .....	116
<b>12. Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos .....</b>	<b>119</b>
12.1. Conceituação .....	119
12.2. Tratamento de resíduos sólidos domiciliares .....	119
12.2.1. Reciclagem .....	120
12.2.2. Compostagem .....	124
12.2.3. Considerações sobre tecnologia de tratamento .....	127
12.3. Tratamento de resíduos domiciliares especiais .....	130
12.3.1. Tratamento de resíduos da construção civil .....	130
12.3.2. Tratamento de pilhas e baterias .....	136
12.3.3. Tratamento de lâmpadas fluorescentes .....	136
12.3.4. Tratamento de pneus .....	137
12.4. Tratamento de resíduos de fontes especiais .....	138
12.4.1. Tratamento de resíduos sólidos industriais .....	138

12.4.2. Tratamento de resíduos radioativos .....	139
12.4.3. Tratamento de resíduos de portos e aeroportos .....	139
12.4.4. Tratamento de resíduos de serviços de saúde .....	139
<b>13. Disposição Final de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>149</b>
13.1. Disposição dos resíduos domiciliares .....	150
13.2. Aterro sanitário .....	151
13.2.1. Seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários .....	151
13.2.2. Licenciamento .....	158
13.2.3. Projeto executivo .....	163
13.2.4. Implantação do aterro .....	165
13.2.5. Operação de aterros médios e grandes .....	170
13.2.6. Equipamentos utilizados .....	182
13.3. Aterros controlados .....	182
13.4. Recuperação ambiental de lixões .....	183
13.5. A situação dos catadores .....	185
13.6. Disposição de resíduos domiciliares especiais .....	186
13.6.1. Disposição de resíduos da construção civil .....	186
13.6.2. Disposição de pilhas e baterias .....	186
13.6.3. Disposição de lâmpadas fluorescentes .....	187
13.6.4. Disposição de pneus .....	187
13.7. Disposição de resíduos de fontes especiais .....	187
13.7.1. Disposição de resíduos sólidos industriais .....	187
13.7.2. Disposição de resíduos radioativos .....	192
13.7.3. Disposição de resíduos de portos e aeroportos .....	192
13.7.4. Disposição de resíduos de serviços de saúde .....	192



## Apresentação

Conscientes da grave problemática quanto à Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos no país, desde sua produção, coleta e disposição final, e do desafio colocado aos municípios e à sociedade como um todo no equacionamento dos problemas, a Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano – SEDU/PR – tem ampliado sobremaneira seus programas, linhas de financiamento e apoio nesta área.

Entretanto, considerando que a capacitação de agentes municipais responsáveis pelos serviços de limpeza urbana e a existência de um referencial técnico para auxiliá-los na preparação e implementação dos seus programas de resíduos sólidos constituem fatores essenciais para a aplicação adequada dos recursos e solução dos problemas, a SEDU/PR tem o prazer de disponibilizar, aos municípios brasileiros, este Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

O Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos será utilizado como instrumento didático nos programas de treinamento e capacitação em Gestão de Resíduos Sólidos promovidos pela SEDU e pelo IBAM, podendo servir de referência para os tomadores de decisão nas diferentes esferas de governo e para projetistas e agentes financeiros/operadores destes serviços. O referido documento contém orientações para elaboração de Plano Local de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, incluindo os arranjos institucionais necessários ao gerenciamento adequado dos serviços, orientações para elaboração de planos de operação e manutenção, abrangendo a coleta e serviços congêneres, e ainda orientações para a elaboração de planos de tratamento e/ou destinação final dos resíduos sólidos.

Esperamos que essas iniciativas contribuam para a melhor organização das prefeituras e dos serviços de limpeza urbana, vistos como aspectos-chave das questões ambientais urbanas e da saúde pública.



**Ovídio Antônio de Angelis**

*Ministro da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da  
Presidência da República*



## Nota Explicativa

O tema da limpeza urbana está assumindo papel de destaque entre as crescentes demandas da sociedade brasileira e das comunidades locais. Seja pelos aspectos ligados à veiculação de doenças e, portanto, à saúde pública; seja pela contaminação de cursos d'água e lençóis freáticos, na abordagem ambiental; seja pelas questões sociais ligadas aos catadores – em especial às crianças que vivem nos lixões – ou ainda pelas pressões advindas das atividades turísticas, é fato que vários setores governamentais e da sociedade civil começam a se mobilizar para enfrentar o problema, por muito tempo relegado a segundo plano.

A mídia está atenta, o Ministério Público e os órgãos ambientais atuam voltados especialmente na busca de soluções negociadas com as prefeituras em relação à erradicação dos lixões e do trabalho infantil que neles ocorre. Programas governamentais, nos níveis federal e estadual, vêm-se consolidando, com linhas de financiamento a projetos e Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, em paralelo aos esforços para a formulação de políticas e legislação correspondentes a esse tema.

Nesse cenário, pressionados por tais demandas, estão os Municípios, os principais responsáveis e o nível competente a prestar os serviços de limpeza urbana e garantir condições adequadas de disposição final do lixo.

A despeito dos esforços de muitas prefeituras na implementação de programas, planos e ações para melhoria dos sistemas de limpeza urbana e de seu gerenciamento, e apesar de várias iniciativas realizadas pelas comunidades, em especial na direção de projetos de coleta seletiva e reciclagem, é sabido que o quadro geral é bastante grave: além de recursos, são necessários o aprimoramento e a capacitação das administrações municipais para enfrentar o problema.

O IBAM manteve, ao longo de seus 50 anos de atuação, programas de capacitação e produção de material didático voltados para apoiar os municípios brasileiros interessados em se estruturar e avançar na melhoria do gerenciamento de seus sistemas de limpeza urbana.

O Programa de Treinamento e Capacitação em Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, patrocinado pela SEDU, do qual este Manual é parte, traz novo impulso e novas oportunidades nessa direção. O programa inclui um Curso a Distância em Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, oferecido não apenas a técnicos e decisores municipais, mas estendendo-se a participantes de Câmaras e Conselhos Municipais, de ONGs, universidades e empresas

prestadoras de serviço (maiores informações na página eletrônica [www.ibam.org.br](http://www.ibam.org.br)). O programa envolve também oficinas presenciais direcionadas, estas sim, especialmente a servidores dos executivos municipais.

Este Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos foi elaborado por profissionais do setor, com larga experiência também como professores nos cursos oferecidos pelo IBAM. Como parte da metodologia de trabalho, sua versão preliminar foi testada junto aos alunos de uma primeira oficina presencial, após a qual foi revisto e finalizado. Pretende-se que ele possa ser instrumento didático básico, orientador de futuras oficinas a serem oferecidas pela SEDU/IBAM.

Fazem parte de seu conteúdo os temas fundamentais à compreensão e melhoria dos sistemas e serviços de limpeza urbana, que envolvem os aspectos institucionais, organizacionais, legais, e os aspectos técnico-gerenciais desde o acondicionamento até a disposição final dos resíduos.

Especial ênfase é dada às cidades turísticas. A indústria do turismo é um dos setores da economia que mais cresce e gera empregos em todo o mundo. A movimentação financeira decorrente da expansão do turismo vem demandando, tanto do setor público quanto do privado, o desenvolvimento de novos produtos a fim de atender às novas demandas impostas pelas atividades turísticas.

Um dos objetivos do serviço de limpeza dos logradouros é evitar prejuízo ao turismo. Essa afirmativa se faz não só em função das questões estéticas associadas às atividades de limpeza urbana, mas também dos aspectos ambientais e de saúde pública ligados à disposição final dos resíduos. A imagem da cidade visitada pelo turista será mais positiva quanto mais limpo esse espaço urbano ele encontrar.

Além da preocupação com a manutenção da limpeza dos logradouros, há que se considerar a sazonalidade de visitantes. Geralmente essas cidades recebem um fluxo maior de visitantes durante eventos ou festividades e sobretudo nos meses de férias escolares. Isso demanda um reforço nas atividades de rotina e intensifica a necessidade do planejamento e dos serviços. Ou seja, o gerenciamento dos serviços de limpeza urbana solicitará total integração com os acontecimentos externos ao setor, bem como com as demais políticas públicas setoriais.



Reconhecendo o específico campo de atuação que os serviços de limpeza urbana ocupam em cidades onde o movimento turístico é intenso, este Manual, ao longo de seus capítulos, destacará chamadas sempre que o assunto tratado apresentar estreita relação com o tema turismo. Não se trata, pois, de um Manual de

Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos para cidades turísticas, mas sim da identificação, a título de exemplo, como o papel da atividade turística pode intervir de forma prática no gerenciamento integrado das ações de limpeza urbana.

É necessário que os recursos destinados à limpeza urbana, por serem sempre menores que o desejado, sejam muito bem aproveitados; para isto, é fundamental que as equipes encarregadas do planejamento e da operação dos serviços nas prefeituras estejam capacitadas e apliquem os recursos disponíveis com bom senso, utilizando tecnologias e métodos adequados e respeitando as peculiaridades econômicas, sociais e culturais da população local.

O objetivo deste Manual se insere nesta perspectiva: ser uma ferramenta útil para a capacitação de todos aqueles que lidam com os resíduos sólidos, dentro do enfoque do Gerenciamento Integrado, e suficientemente flexível para que, a partir do conhecimento das diversas formas de "como fazer", se possa escolher a que melhor se adequa às condições de cada cidade.

**Ana Lúcia Nadalutti La Rovere**

*Superintendente de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente*

## 1. Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil

No Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje denomina-se os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras.

Dos tempos imperiais aos dias atuais, os serviços de limpeza urbana vivenciaram momentos bons e ruins. Hoje, a situação da gestão dos resíduos sólidos se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, uma situação nada alentadora.

Considerada um dos setores do saneamento básico, a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a já combalida saúde da população, bem como degradam-se os recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos. A interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é hoje bastante evidente, o que reforça a necessidade de integração das ações desses setores em prol da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Como um retrato desse universo de ação, há de se considerar que mais de 70% dos municípios brasileiros possuem menos de 20 mil habitantes, e que a concentração urbana da população no país ultrapassa a casa dos 80%. Isso reforça as preocupações com os problemas ambientais urbanos e, entre estes, o gerenciamento dos resíduos sólidos, cuja atribuição pertence à esfera da administração pública local.

As instituições responsáveis pelos resíduos sólidos municipais e perigosos, no âmbito nacional, estadual e municipal, são determinadas através dos seguintes artigos da Constituição Federal, quais sejam:

- Incisos VI e IX do art. 23, que estabelecem ser competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico;
- Já os incisos I e V do art. 30 estabelecem como atribuição municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana.



Gestão: ato de gerir, gerência, administração, negociação.



A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – define "lixo" ou "resíduos sólidos" como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional".

Tradicionalmente, o que ocorre no Brasil é a competência do Município sobre a gestão dos resíduos sólidos produzidos em seu território, com exceção dos de natureza industrial, mas incluindo-se os provenientes dos serviços de saúde.

No que se refere à competência para o licenciamento de atividades poluidoras e ao controle ambiental, o art. 30, I, já mencionado, estabelece a principal competência legislativa municipal, qual seja: "legislar sobre assuntos de interesse local", e dá, assim, o caminho para dirimir aparentes conflitos entre a legislação municipal, a federal e a estadual.

O Município tem competência para estabelecer o uso do solo em seu território. Assim, é ele quem emite as licenças para qualquer construção e o alvará de localização para o funcionamento de qualquer atividade, que são indispensáveis para a localização, construção, instalação, ampliação e operação de qualquer empreendimento em seu território. Portanto, o Município pode perfeitamente estabelecer parâmetros ambientais para a concessão ou não destas licenças e alvará. A lei federal que criou o licenciamento ambiental, quando menciona que a licença ambiental é exigível "sem prejuízo de outras licenças exigíveis", já prevê a possibilidade de que os municípios exijam licenças municipais.

A **geração de resíduos sólidos domiciliares** no Brasil é de cerca de 0,6kg/hab./dia e mais 0,3kg/hab./dia de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos.

Algumas cidades, especialmente nas regiões Sul e Sudeste – como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba –, alcançam índices de produção mais elevados, podendo chegar a 1,3kg/hab./dia, considerando todos os resíduos manipulados pelos serviços de limpeza urbana (domiciliares, comerciais, de limpeza de logradouros, de serviços de saúde e entulhos).

Grande parte dos resíduos gerados no país não é regularmente coletada, permanecendo junto às habitações (principalmente nas áreas de baixa renda) ou sendo vazada em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água.

De acordo com a pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE –, realizada em 1989 (Pesquisa Nacional do Saneamento Básico – PNSB), os domicílios particulares permanentes urbanos representavam 78,1% do total das moradias brasileiras; desses, 80,0% tinham seu lixo recolhido direta ou indiretamente pelos serviços municipais de coleta de lixo, restando, portanto, 19,9% dos domicílios fora do atendimento dos serviços municipais de coleta. As diferenças regionais apontam para as regiões Sul e Sudeste como as que detêm a maior cobertura de atendimento de seus domicílios, com 87,0% e 86,6%, respectivamente, enquanto as regiões Norte e Nordeste têm apenas 54,4% e 44,6%, respectivamente, de domicílios atendidos por tal serviço. Ainda de acordo com a PNSB, alguns dados evidenciam a dimensão da gravidade da situação do setor no país: dos então 4.425 municípios brasileiros no ano de 1989, 3.216 possuíam serviços de coleta apenas no distrito-sede, enquanto 280 não dispunham de qualquer tipo de atendimento.



Integram o sistema de limpeza urbana as etapas de geração, acondicionamento, coleta, transporte, transferência, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, além da limpeza de logradouros públicos.

Apesar desse quadro, a **coleta do lixo** é o segmento que mais se desenvolveu dentro do sistema de limpeza urbana e o que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade. Esse fato se deve à pressão exercida pela população e pelo comércio para que se execute a coleta com regularidade, evitando-se assim o incômodo da convivência com o lixo nas ruas. Contudo, essa pressão tem geralmente um efeito seletivo, ou seja, a administração municipal, quando não tem meios de oferecer o serviço a toda a população, prioriza os setores comerciais, as unidades de saúde e o atendimento à população de renda mais alta. A expansão da cobertura dos serviços raramente alcança as áreas realmente carentes, até porque a ausência de infraestrutura viária exige a adoção de sistemas alternativos, que apresentam baixa eficiência e, portanto, custo mais elevado.

Os serviços de varrição e limpeza de logradouros também são muito deficientes na maioria das cidades brasileiras. Apenas os municípios maiores mantêm serviços regulares de varrição em toda a zona urbanizada, com freqüências e roteiros predeterminados. Nos demais municípios, esse serviço se resume à varrição apenas das ruas pavimentadas ou dos setores de comércio da cidade, bem como à ação de equipes de trabalhadores que saem pelas ruas e praças da cidade, em roteiros determinados de acordo com as prioridades imediatistas, executando serviços de raspagem, capina, roçagem e varrição dos demais logradouros públicos.

O problema da **disposição final** assume uma magnitude alarmante. Considerando apenas os resíduos urbanos e públicos, o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas locais ao longo dos anos em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o por vezes em locais absolutamente inadequados, como encostas florestadas, manguezais, rios, baías e vales. Mais de 80% dos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas, a maioria com a presença de catadores – entre eles crianças –, denunciando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

A participação de catadores na segregação informal do lixo, seja nas ruas ou nos vazadouros e aterros, é o ponto mais agudo e visível da relação do lixo com a questão social. Trata-se do elo perfeito entre o inservível – lixo – e a população marginalizada da sociedade que, no lixo, identifica o objeto a ser trabalhado na condução de sua estratégia de sobrevivência.

Uma outra relação delicada encontra-se na imagem do profissional que atua diretamente nas atividades operacionais do sistema. Embora a relação do profissional com o objeto lixo tenha evoluído nas últimas décadas, o gari ainda convive com o estigma gerado pelo lixo de exclusão de um convívio harmônico na sociedade. Em outras palavras, a relação social do profissional dessa área se vê abalada pela associação do objeto de suas atividades com o inservível, o que o coloca como elemento marginalizado no convívio social.



Gerenciar o lixo de forma integrada demanda trabalhar integralmente os aspectos sociais com o planejamento das ações técnicas e operacionais do sistema de limpeza urbana.

Com relação aos resíduos dos serviços de saúde, só nos últimos anos iniciou-se uma discussão mais consistente do problema. Algumas prefeituras já implantaram sistemas específicos para a coleta destes resíduos, sem, entretanto, atacar o ponto mais delicado da questão: a manipulação correta dos resíduos dentro das unidades de trato de saúde, de forma a separar os com real potencial de contaminação daqueles que podem ser considerados lixo comum. A forma adequada de destinação final ainda não é consensual entre os técnicos do setor, e a prática, na maioria dos municípios, é a disposição final em lixões; os catadores disputam esses resíduos, tendo em vista possuírem um percentual atrativo de materiais recicláveis.

Com relação ao **tratamento** do lixo, tem-se instaladas no Brasil algumas unidades de compostagem/reciclagem. Essas unidades utilizam tecnologia simplificada, com segregação manual de recicláveis em correias transportadoras e compostagem em leiras a céu aberto, com posterior peneiramento. Muitas unidades que foram instaladas estão hoje paralisadas e sucateadas, por dificuldade dos municípios em operá-las e mantê-las convenientemente. As poucas usinas de incineração existentes, utilizadas exclusivamente para incineração de resíduos de serviços de saúde e de aeroportos, em geral não atendem aos requisitos mínimos ambientais da legislação brasileira. Outras unidades de tratamento térmico desses resíduos, tais como autoclavagem, microondas e outros, vêm sendo instaladas mais freqüentemente em algumas cidades brasileiras, mas os custos de investimento e operacionais ainda são muito altos.

Algumas grandes unidades de tratamento de resíduos sólidos, teoricamente incorporando tecnologia mais sofisticada de compostagem acelerada, foram instaladas no Rio de Janeiro e também se encontram desativadas, seja por inadequação do processo às condições locais, seja pelo alto custo de operação e manutenção exigido.

Os dados estatísticos da limpeza urbana são muito deficientes, pois as prefeituras têm dificuldade em apresentá-los, já que existem diversos padrões de aferição dos vários serviços. A única informação em nível nacional é fruto da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB –, ainda que nova pesquisa tenha sido realizada no ano de 2000, porém, sem a divulgação de seus dados até o presente momento. Com relação aos custos dos diversos serviços, as informações também não são confiáveis, pois não há parâmetros que permitam estabelecer valores que identifiquem cada tarefa executada, a fim de compará-la com dados de outras cidades.



Por outro lado, o manejo e a disposição final dos resíduos industriais, tema menos discutido pela população que o dos resíduos domésticos, constituem um problema ainda maior que certamente já tem trazido e continuará a trazer no futuro sérias conseqüências ambientais e para a saúde da população. No Brasil, o poder público municipal não tem qualquer responsabilidade sobre essa atividade, prevalecendo o princípio do "poluidor-pagador". Os estados interferem no problema através de seus órgãos de controle ambiental, exigindo dos geradores de resíduos perigosos (Classes I e II) sistemas de manuseio, de estocagem, de transporte e de destinação final adequados. Contudo, nem sempre essa interferência é eficaz, o que faz com que apenas uma pequena quantidade desses resíduos receba tratamento e/ou destinação final adequados. As administrações municipais podem agir nesse setor de forma suplementar, através de seus órgãos de fiscalização, sobretudo considerando que a determinação do uso do solo urbano é competência exclusiva dos municípios, e assim, eles têm o direito de impedir atividades industriais potencialmente poluidoras em seu território, seja através da proibição de implantação, seja através da cassação do alvará de localização.



O princípio do "poluidor-pagador" encontra-se estabelecido na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31/8/1981). Isso significa dizer que "cada gerador é responsável pela manipulação e destino final de seu resíduo".

No tocante ao gerenciamento dos serviços de limpeza urbana nas cidades de médio e grande portes, vem se percebendo a chamada privatização dos serviços, modelo cada vez mais adotado no Brasil e que se traduz, na realidade, numa terceirização dos serviços, até então executados pela administração na maioria dos municípios. Essa forma de prestação de serviços se dá através da contratação, pela municipalidade, de empresas privadas, que passam a executar, com seus próprios meios (equipamentos e pessoal), a coleta, a limpeza de logradouros, o tratamento e a destinação final dos resíduos.

Algumas prefeituras de pequeno e médio portes vêm contratando serviços da limpeza urbana, tanto de coleta como de limpeza de logradouros, com cooperativas ou microempresas, o que se coloca como uma solução para as municipalidades que têm uma política de geração de renda para pessoas de baixa qualificação técnica e escolar.

Como a gestão de resíduos é uma atividade essencialmente municipal e as atividades que a compõem se restringem ao território do Município, não são muito comuns no Brasil as soluções consorciadas, a não ser quando se trata de destinação final em aterros. Municípios com áreas mais adequadas para a instalação dessas unidades operacionais às vezes se consorciam com cidades vizinhas para receber os seus resíduos, negociando algumas vantagens por serem os hospedeiros, tais como isenção do custo de vazamento ou alguma compensação urbanística, custeada pelos outros consorciados.

Um dos exemplos mais bem-sucedidos no campo do consórcio é aquele formado pelos municípios de Jundiaí, Campo Limpo Paulista, Cajamar, Louveira, Várzea Paulista e Vinhedo, no Estado de São Paulo, para operar o aterro sanitário de Várzea Paulista.

A sustentabilidade econômica dos serviços de limpeza urbana é um importante fator para a garantia de sua qualidade. Em quase todos os municípios brasileiros, os serviços de limpeza urbana, total ou parcialmente, são remunerados através de uma "taxa", geralmente cobrada na mesma guia do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU –, e tendo a mesma base de cálculo deste imposto, ou seja, a área do imóvel (área construída ou área do terreno). Como não pode haver mais de um tributo com a mesma base de cálculo, essa taxa já foi considerada inconstitucional pelo Supremo Tribunal Federal, e assim sua cobrança vem sendo contestada em muitos municípios, que passam a não ter como arrecadar recursos para cobertura dos gastos dos serviços, que podem chegar, algumas vezes, a mais de 15% do orçamento municipal. De qualquer forma, em todos os municípios, a receita proveniente da taxa de limpeza urbana ou de coleta de lixo é sempre recolhida ao Tesouro Municipal, nada garantindo sua aplicação no setor, a não ser a vontade política do prefeito.

No Rio de Janeiro, a Companhia de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – COMLURB/RJ –, empresa de economia mista encarregada da limpeza urbana do Município, praticou, até 1980, a cobrança de uma "tarifa" de coleta de lixo – TCL –, recolhida diretamente aos seus cofres. O Supremo Tribunal Federal, entretanto, em acórdão de 4/9/1980, decidiu que aquele serviço, por sua ligação com a preservação da saúde pública, era um serviço público essencial, não podendo, portanto, ser remunerado através de tarifa (preços públicos), mas sim por meio de taxas e impostos. No ano de 2000 a Prefeitura do Rio de Janeiro terminou com a taxa de limpeza urbana e criou a taxa de coleta de lixo, tendo como base de cálculo a produção de lixo *per capita* em cada bairro da cidade, e também o uso e a localização do imóvel. Conseguiu-se, com a aplicação desses fatores, um diferencial de sete vezes entre a taxa mais baixa e a mais alta cobrada no Município.

De um modo geral, a receita com a arrecadação da taxa, que raras vezes é cobrada fora do carnê do IPTU, representa apenas um pequeno percentual dos custos reais dos serviços, advindo daí a necessidade de aportes complementares de recursos por parte do Tesouro Municipal. A atualização ou correção dos valores da taxa depende da autorização da Câmara dos Vereadores, que de um modo geral não vê com bons olhos o aumento da carga tributária dos munícipes. A aplicação de uma taxa realista e socialmente justa, que efetivamente cubra os custos dos serviços, dentro do princípio de "quem pode mais paga mais", sempre implica ônus político que nem sempre os prefeitos estão dispostos a assumir. O resultado dessa política é desanimador: ou os serviços de limpeza urbana recebem menos recursos que os necessários ou o Tesouro Municipal tem que desviar verbas orçamentárias de

outros setores essenciais, como saúde e educação, para a execução dos serviços de coleta, limpeza de logradouros e destinação final do lixo. Em qualquer das hipóteses, fica prejudicada a qualidade dos serviços prestados e o círculo vicioso não se rompe: a limpeza urbana é mal realizada, pois não dispõe dos recursos necessários, e a população não aceita um aumento das taxas por não ser brindada com serviços de qualidade.

Felizmente, o que se percebe mais recentemente é uma mudança importante na atenção que a gestão de resíduos tem recebido das instituições públicas, em todos os níveis de governo. Os governos federal e estaduais têm aplicado mais recursos e criado programas e linhas de crédito onde os beneficiários são sempre os municípios. Estes, por seu lado, têm-se dedicado com mais seriedade a resolver os problemas de limpeza urbana e a criar condições de universalidade dos serviços e de manutenção de sua qualidade ao longo do tempo, situação que passou a ser acompanhada com mais rigor pela população, pelos órgãos de controle ambiental, pelo Ministério Público e pelas organizações não-governamentais voltadas para a defesa do meio ambiente. Entretanto, em todos os municípios brasileiros, faz-se uma constatação definitiva: somente a pressão da sociedade, ou um prefeito decididamente engajado e consciente da importância da limpeza urbana para a saúde da população e para o meio ambiente, pode mudar o quadro de descuido com o setor. E esse fato só se opera mediante decisão política, que pode resultar, eventualmente, num ônus temporário, representado pela necessidade do aumento da carga tributária ou de transferência de recursos de outro setor da prefeitura, até que a situação se reverta, com a melhoria da qualidade dos serviços prestados, o que poderá, então, ser capitalizado politicamente pela administração municipal.

## 2. O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos



Pode-se considerar o gerenciamento integrado do lixo quando existir uma estreita interligação entre as ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento das atividades do sistema de limpeza urbana, bem como quando tais articulações se manifestarem também no âmbito das ações de limpeza urbana com as demais políticas públicas setoriais. Nesse cenário, a participação da população ocupará papel de significativo destaque, tendo reconhecida sua função de agente transformador no contexto da limpeza urbana.



*"O manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não-sustentáveis de produção e consumo. Isto implica a utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente."*

Agenda 21, capítulo 21

Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade, levando em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos – para a eles ser dado tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas –, as características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais.

Para tanto, as ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que envolvem a questão devem se processar de modo articulado, segundo a visão de que todas as ações e operações envolvidas encontram-se interligadas, comprometidas entre si.

Para além das atividades operacionais, o gerenciamento integrado de resíduos sólidos destaca a importância de se considerar as questões econômicas e sociais envolvidas no cenário da limpeza urbana e, para tanto, as políticas públicas – locais ou não – que possam estar associadas ao gerenciamento do lixo, sejam elas na área de saúde, trabalho e renda, planejamento urbano etc.

Em geral, diferentemente do conceito de gerenciamento integrado, os municípios costumam tratar o lixo produzido na cidade apenas como um material não desejado, a ser recolhido, transportado, podendo, no máximo, receber algum tratamento manual ou mecânico para ser finalmente disposto em aterros. Trata-se de uma visão distorcida em relação ao foco da questão social, encarando o lixo mais como um desafio técnico no qual se deseja receita política que aponte eficiência operacional e equipamentos especializados.

O gerenciamento integrado focaliza com mais nitidez os objetivos importantes da questão, que é a elevação da urbanidade em um contexto mais nobre para a vivência da população, onde haja manifestações de afeto à cidade e participação efetiva da comunidade no sistema, sensibilizada a não sujar as ruas, a reduzir o descarte, a reaproveitar os materiais e reciclá-los antes de encaminhá-los ao lixo.

Por conta desse conceito, no gerenciamento integrado são preconizados programas da limpeza urbana, enfocando meios para que sejam obtidos a máxima redução da produção de lixo, o máximo reaproveitamento e reciclagem de materiais e, ainda, a disposição dos resíduos de forma mais sanitária e

ambientalmente adequada, abrangendo toda a população e a universalidade dos serviços. Essas atitudes contribuem significativamente para a redução dos custos do sistema, além de proteger e melhorar o ambiente.

O gerenciamento integrado, portanto, implica a busca contínua de parceiros, especialmente junto às lideranças da sociedade e das entidades importantes na comunidade, para comporem o sistema. Também é preciso identificar as alternativas tecnológicas necessárias a reduzir os impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos, ao atendimento das aspirações sociais e aos aportes econômicos que possam sustentá-lo.

Políticas, sistemas e arranjos de parceria diferenciados deverão ser articulados para tratar de forma específica os resíduos recicláveis, tais como o papel, metais, vidros e plásticos; resíduos orgânicos, passíveis de serem transformados em composto orgânico, para enriquecer o solo agrícola; entulho de obras, decorrentes de sobra de materiais de construção e demolição, e finalmente os resíduos provenientes de estabelecimentos que tratam da saúde.

Esses materiais devem ser separados na fonte de produção pelos respectivos geradores, e daí seguir passos específicos para remoção, coleta, transporte, tratamento e destino correto. Conseqüentemente, os geradores têm de ser envolvidos, de uma forma ou de outra, para se integrarem à gestão de todo o sistema.

Finalmente, o gerenciamento integrado revela-se com a atuação de subsistemas específicos que demandam instalações, equipamentos, pessoal e tecnologia, não somente disponíveis na prefeitura, mas oferecidos pelos demais agentes envolvidos na gestão, entre os quais se enquadram:

- a própria população, empenhada na separação e acondicionamento diferenciado dos materiais recicláveis em casa;
- os grandes geradores, responsáveis pelos próprio rejeitos;
- os catadores, organizados em cooperativas, capazes de atender à coleta de recicláveis oferecidos pela população e comercializá-los junto às fontes de beneficiamento;
- os estabelecimentos que tratam da saúde, tornando-os inertes ou oferecidos à coleta diferenciada, quando isso for imprescindível;
- a prefeitura, através de seus agentes, instituições e empresas contratadas, que por meio de acordos, convênios e parcerias exerce, é claro, papel protagonista no gerenciamento integrado de todo o sistema.

## 3. Modelos Institucionais

### 3.1. Objetivos

O sistema de limpeza urbana da cidade deve ser institucionalizado segundo um modelo de gestão que, tanto quanto possível, seja capaz de:

- promover a sustentabilidade econômica das operações;
- preservar o meio ambiente;
- preservar a qualidade de vida da população;
- contribuir para a solução dos aspectos sociais envolvidos com a questão.

Em todos os segmentos operacionais do sistema deverão ser escolhidas alternativas que atendam simultaneamente a duas condições fundamentais:

- sejam as mais econômicas;
- sejam tecnicamente corretas para o ambiente e para a saúde da população.

O modelo de gestão deverá não somente permitir, mas sobretudo facilitar a participação da população na questão da limpeza urbana da cidade, para que esta se conscientize das várias atividades que compõem o sistema e dos custos requeridos para sua realização, bem como se conscientize de seu papel como agente consumidor e, por conseqüência, gerador de lixo. A conseqüência direta dessa participação traduz-se na redução da geração de lixo, na manutenção dos logradouros limpos, no acondicionamento e disposição para a coleta adequados, e, como resultado final, em operações dos serviços menos onerosas.

É importante que a população saiba que é ela quem remunera o sistema, através do pagamento de impostos, taxas ou tarifas. Em última análise, está na própria população a chave para a sustentação do sistema, implicando por parte do Município a montagem de uma gestão integrada que inclua, necessariamente, um programa de sensibilização dos cidadãos e que tenha uma nítida predisposição política voltada para a defesa das prioridades inerentes ao sistema de limpeza urbana.

Essas defesas deverão estar presentes na definição da política fiscal do Município, técnica e socialmente justa, e, conseqüentemente, nas dotações orçamentárias necessárias à sustentação econômica do sistema, na educação ambiental e no desenvolvimento de programas geradores de emprego e renda.



A base para a ação política está na satisfação da população com os serviços de limpeza urbana, cuja qualidade se manifesta na universalidade, regularidade e pontualidade dos serviços de coleta e limpeza de logradouros, dentro de um padrão de produtividade que denota preocupação com custos e eficiência operacional.

A ação política situa-se no envolvimento das lideranças sociais da cidade, de empresas particulares e de instituições estaduais e federais atuantes no Município com responsabilidades ambientais importantes.

A instrumentação política concretiza-se na aprovação do regulamento de limpeza urbana da cidade que legitima o modelo de gestão adotado e as posturas de comportamento social obrigatórias, assim como as definições de infrações e multas. O regulamento deverá espelhar com nitidez os objetivos do poder público na conscientização da população para a questão da limpeza urbana e ambiental.

### 3.2. Formas de administração



O **serviço público** é uma atividade assumida por uma coletividade pública, com vistas à satisfação a uma necessidade de interesse geral.



O que distingue e caracteriza o serviço público das demais atividades econômicas é o fato de ser essencial para a comunidade. Por essa razão, a prestação do serviço público é de obrigação do poder público e a sua gestão está submetida a diversos princípios do Direito Público, especificamente voltados à sua prestação eficiente a comunidades.



O serviço público se define como toda atividade material que a lei atribui ao Estado para que a exerça diretamente ou por meio de seus delegados, com o objetivo de satisfazer efetivamente às necessidades coletivas, sob regime jurídico parcial ou totalmente público.

A Constituição Federal, em seu art. 30, inciso V, dispõe sobre a competência dos municípios em *"organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o transporte coletivo, que tem caráter essencial"*.

O que define e caracteriza o "interesse local" é a predominância do interesse do Município sobre os interesses do Estado ou da União. No que tange aos municípios, portanto, encontram-se sob a competência dos mesmos os serviços públicos essenciais, de interesse predominantemente local e, entre esses, os serviços de limpeza urbana.

O sistema de limpeza urbana da cidade pode ser administrado das seguintes formas:

- diretamente pelo Município;
- através de uma empresa pública específica;
- através de uma empresa de economia mista criada para desempenhar especificamente essa função.

Independentemente disso, os serviços podem ser ainda objeto de concessão ou terceirizados junto à iniciativa privada. As concessões e terceirizações podem ser globais ou parciais, envolvendo um ou mais segmentos das operações de limpeza urbana. Existe ainda a possibilidade de consórcio com outros municípios, especialmente nas soluções para a destinação final dos resíduos.



**CONCESSÃO**

Na concessão, a concessionária planeja, organiza, executa e coordena o serviço, podendo inclusive terceirizar operações e arrecadar os pagamentos referentes à sua remuneração, diretamente junto ao usuário/beneficiário dos serviços. As concessões em geral são objeto de contratos a longo termo que possam garantir o retorno dos investimentos aplicados no sistema. Mas a grande dificuldade está nas poucas garantias que as concessionárias recebem quanto à arrecadação e o pagamento dos seus serviços e na fragilidade dos municípios em preparar os editais de concessão, conhecer custos e fiscalizar serviços.

**TERCEIRIZAÇÃO**

A terceirização consolida o conceito próprio da administração pública, qual seja, de exercer as funções prioritárias de planejamento, coordenação e fiscalização, podendo deixar às empresas privadas a operação propriamente dita. É importante lembrar que a terceirização de serviços pode ser manifestada em diversas escalas, desde a contratação de empresas bem estruturadas com especialidade em determinado segmento operacional – tais como as operações nos aterros sanitários –, até a contratação de microempresas ou trabalhadores autônomos, que possam promover, por exemplo, coleta com transporte de tração animal ou a operação manual de aterros de pequeno porte.

**CONSÓRCIO**

O consórcio caracteriza-se como um acordo entre municípios com o objetivo de alcançar metas comuns previamente estabelecidas. Para tanto, recursos – sejam humanos ou financeiros – dos municípios integrantes são reunidos sob a forma de um consórcio a fim de viabilizar a implantação de ação, programa ou projeto desejado.

Quaisquer dessas alternativas, ou de suas numerosas combinações possíveis, devem ser escolhidas com base no binômio baixo custo-técnica correta para o meio ambiente, sempre visando a um sistema auto-sustentável, resistente às mudanças de governo.

No serviço público delegado a terceiros, através de concessão, o poder concedente detém a titularidade do serviço e o poder de fiscalização. Isso pressupõe uma capacitação técnica e administrativa, para executar todos os atos atinentes ao processo, desde decisões técnicas, elaboração de termos de referência, elaboração de edital e contrato, até a fiscalização e o controle dos serviços prestados.

A escala da cidade, suas características urbanísticas, demográficas, econômicas e as peculiaridades de renda, culturais e sociais da população devem orientar a escolha da forma de

administração, tendo sempre os seguintes condicionantes como referência:

- custo da administração, gerenciamento, controle e fiscalização dos serviços;
- autonomia ou agilidade para planejar e decidir;
- autonomia de aplicação e remanejamento de recursos orçamentários;
- capacidade para investimento em desenvolvimento tecnológico, sistemas de informática e controle de qualidade;
- capacidade de investimento em recursos humanos e geração de emprego e renda;
- resposta às demandas sociais e políticas;
- resposta às questões econômicas conjunturais;
- resposta às emergências operacionais;
- resposta ao crescimento da demanda dos serviços.



A forma de administração dos serviços de limpeza urbana em cidades turísticas deverá dar especial atenção à questão da resposta ao crescimento da demanda dos serviços, considerando o aspecto da sazonalidade que sobretudo cidades de veraneio vivenciam.

A administração direta operando todo o sistema de limpeza urbana é uma forma freqüente em cidades de menor porte. Nesses casos, o gestor normalmente é um departamento da prefeitura ou de uma de suas secretarias, compartilhando recursos com outros segmentos da administração pública. Esse tipo de administração, compartilhada com outros segmentos da prefeitura, em geral tem custo bastante reduzido quando comparado com o custo de um órgão ou de uma instituição especificamente voltada para a gestão da limpeza urbana da cidade. Mas todos os demais condicionantes referidos anteriormente tornam-se difíceis de serem superados e o serviço tende a perder prioridade também para outras áreas compartilhadas da prefeitura que possuem, eventualmente, maior visibilidade política.

A prefeitura poderá promover a terceirização dos serviços de coleta e limpeza urbana a empresas especializadas, cuidando apenas da administração dos contratos e da qualidade dos serviços. O núcleo administrativo na prefeitura pode ser reduzido e as empresas devem cobrar do governo municipal preços que abrangem as despesas tanto de custeio como de capital, liberando o Município de ter que investir recursos na aquisição e reposição de veículos e equipamentos.

Nesses casos, algumas questões podem não ser resolvidas, tais como as vinculadas às demandas sociais e políticas, as de caráter econômico conjunturais, as emergências operacionais ou as de crescimento da demanda, que exigiriam renegociação dos contratos, uma vez que tais fatos não podem ser valorados, previstos ou pré-dimensionados. Conseqüentemente, mesmo terceirizando os serviços, é prudente que a prefeitura conte com alguma reserva própria operacional, constituída de veículos, equipamentos e recursos humanos, para fazer frente a essas

necessidades contingenciais e que possam, eventualmente, suprir ou complementar algum serviço deixado a descoberto pelas empresas contratadas.

A Companhia de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – COMLURB/RJ – é uma empresa de limpeza urbana autônoma e, portanto, em condições de definir seu próprio orçamento, estabelecer sua própria política de recursos humanos e, principalmente, o planejamento, a estratégia e a logística operacional. Pode também terceirizar serviços operacionais, gerenciais e administrativos, e definir os termos de referência técnicos para os contratos. A companhia pode desenvolver ou subsidiar pesquisas e tecnologias vinculadas à prática da limpeza urbana em todos os seus segmentos operacionais e, por ser uma instituição somente voltada para a limpeza urbana, oferece maior visibilidade ao foco da prefeitura no tocante ao asseio da cidade e do ambiente urbano.

Em todos os casos e possibilidades de administração, seja direta ou indireta, a prefeitura tem que equacionar duas questões:

- remunerar de forma correta e suficiente os serviços;
- ter garantia na arrecadação de receitas destinadas à limpeza urbana da cidade.

### 3.3. Remuneração dos serviços



**Tarifa** é um preço público cobrado por um serviço prestado de forma facultativa.

A tarifa somente é devida quando da efetiva utilização do serviço pelo usuário, serviço este que deverá ser bem definido e mensurado.



**Taxa** é um imposto resultante da disponibilidade de um serviço público por parte do poder público, quer o contribuinte use-o ou não.

O valor da taxa deverá revelar divisibilidade entre os contribuintes em função dos respectivos potenciais de uso.

Em termos da remuneração dos serviços, o sistema de limpeza urbana pode ser dividido simplesmente em coleta de lixo domiciliar, limpeza dos logradouros e disposição final. Pela coleta de lixo domiciliar, cabe à prefeitura cobrar da população uma taxa específica, denominada taxa de coleta de lixo. Alguns serviços específicos, passíveis de serem medidos, cujos usuários sejam também perfeitamente identificados, podem ser objeto de fixação de preço e, portanto, ser remunerados exclusivamente por tarifas.

A remuneração do sistema de limpeza urbana, realizada pela população em quase sua totalidade, não se dá de forma direta, nem os recursos advindos do pagamento de taxas de coleta de lixo domiciliar podem ser condicionados exclusivamente ao sistema, devido à legislação fiscal. Da mesma forma, a prefeitura não pode cobrar dos moradores a varrição e a limpeza da respectiva rua por ser um serviço indivisível. É preciso, portanto, que a prefeitura garanta, por meios políticos, as dotações orçamentárias que sustentem adequadamente o custeio e os investimentos no sistema.

No tocante à inadimplência dos contribuintes ou usuários, são poucas as soluções legalmente possíveis para contornar a situação. Os cortes comumente adotados no fornecimento de luz ou água, pela falta de pagamento da tarifa, não podem ser aplicados na coleta ou remoção de lixo. A falta de pagamento da taxa de coleta

de lixo, por exemplo, não pode ser combatida com a suspensão do serviço e do atendimento ao contribuinte inadimplente, simplesmente porque o lixo que ele dispõe para a coleta tem que ser recolhido de qualquer maneira por razões de saúde pública. Restam, assim, poucas armas. Embora de aplicação legalmente duvidosa, em alguns casos é adotada a inscrição do imóvel do devedor na dívida pública do Município. Mesmo assim esse ato tem pouco poder punitivo, porque apenas ameaça o devedor na ocasião da eventual alienação do imóvel.

O sistema de limpeza urbana, de um modo geral, consome de sete a 15% do orçamento do Município.

Há uma tendência, no país, de as prefeituras remunerarem os serviços de limpeza urbana através de uma taxa, geralmente cobrada na mesma guia do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU –, quase sempre usando a mesma base de cálculo, que é a área do imóvel. Essa é uma prática inconstitucional, que vem sendo substituída por diversas outras formas de cobrança, não havendo ainda um consenso quanto à maneira mais adequada de fazê-lo. Tem-se tentado correlacionar a produção de lixo com consumo de água, de energia elétrica, testada do terreno etc. Só mesmo uma reforma tributária poderá instrumentalizar os municípios a se ressarcirem, de forma socialmente justa, pelos serviços de limpeza urbana prestados à população.

A empresa gestora do sistema de limpeza urbana da cidade do Rio de Janeiro praticou, até 1980, a cobrança de uma tarifa de coleta de lixo, recolhida diretamente aos seus cofres. Entretanto, o Supremo Tribunal Federal, em acórdão de 4/9/1980, decidiu que aquele serviço, por sua ligação com a preservação da saúde pública, era um serviço público essencial, não podendo, portanto, ser remunerado mediante uma tarifa (preços públicos), mas sim por meio de taxas e impostos. Esse acórdão continua em vigor até hoje, até que as proposições de modificação dessa legislação tenham efeito em uma reforma tributária.

A COMLURB, na cidade do Rio de Janeiro, acabou definindo os valores da taxa com base nos censos realizados no Município e a produção *per capita* de lixo identificada em cada região administrativa da cidade.

Mesmo assim, a receita proveniente dessa taxa é recolhida ao Tesouro Municipal, nada garantindo sua aplicação no setor, a não ser a vontade política da prefeitura. De qualquer forma, representa apenas parte dos custos reais dos serviços. A atualização ou correção dos valores da taxa depende da autorização da Câmara dos Vereadores, que geralmente resiste a aumentos da carga tributária dos munícipes.

Além disso, a aplicação de uma taxa realista e socialmente justa, que esteja dentro da capacidade de pagamento da população e que efetivamente cubra os custos dos serviços, dentro do

princípio de "quem pode mais, paga mais", implica uma ação política que requer habilidade e empenho por parte do prefeito.

Torna-se necessário, então, contrariar a tendência de relegar a planos não prioritários os serviços de limpeza urbana que, por conta disso, recebem menos recursos que os necessários. Se não for possível a remuneração adequada do sistema, ficará prejudicada a qualidade dos serviços prestados e o círculo vicioso não se romperá. A limpeza urbana será mal realizada, pois não disporá dos recursos necessários, e a população poderá não aceitar as taxas por não contar com serviços de qualidade.

A prefeitura precisa arcar, durante algum tempo, com o ônus de um aumento da carga tributária, se isso for necessário, até que o quadro se reverta com a melhoria da qualidade dos serviços prestados.

Para realização de investimentos, seja a compra de equipamentos, seja a instalação de unidades de tratamento e disposição final, as prefeituras podem recorrer a fontes de financiamento externo.

Ainda que haja pouca clareza legal que oriente a concessão do serviço público de limpeza urbana, a terceirização, através da contratação de empresas privadas para execução, com seus próprios meios (equipamentos e pessoal), da coleta, limpeza de logradouros, tratamento e disposição final, é uma solução possível para as prefeituras que não tenham recursos disponíveis para investimentos.

Quanto à situação financeira para a gestão dos resíduos industriais, o equilíbrio e a sustentabilidade têm que ser buscados dentro do universo dos próprios geradores e dos centros de tratamento e disposição final, também operados pela iniciativa privada. Como os investimentos nessas unidades são elevados e seu licenciamento junto aos órgãos de controle ambiental é um processo complexo, o sistema ainda não está equilibrado. De qualquer forma, supõe-se que, quando uma indústria prepara um determinado produto, em seu preço de venda esteja embutido o valor necessário à cobertura dos custos com a disposição final adequada dos resíduos provenientes do seu processo produtivo.



A **remuneração** deverá ser **igual às despesas do sistema**. As despesas devem incluir os gastos de pessoal, transporte, manutenção, reposição, renovação de veículos e equipamentos; serviços de apoio, inspeção e apoio; despesas de capital, pesquisa e desenvolvimento tecnológico e administração.

Seja como for, a remuneração do sistema de limpeza urbana se resolve na seguinte equação:

$$\text{Remuneração} = \text{Despesas} = \text{Recursos do Tesouro Municipal} + \text{Arrecadação da Taxa de Coleta de Lixo (TCL)} + \text{Arrecadação de Tarifas e Receitas Diversas.}$$

Independentemente da forma de gestão, os recursos do Tesouro Municipal e a arrecadação de tarifas possíveis devem equivaler ao orçamento do custeio e despesas de capital de todas as operações que abrangem a limpeza da cidade.

A arrecadação da Taxa de Coleta de Lixo – TCL – deverá, tentativamente, cobrir o custeio e os investimentos das operações de coleta, transporte, tratamento e disposição final do lixo, bem como a limpeza de logradouros. A remuneração dos serviços de coleta de lixo dos grandes geradores (restaurantes, hotéis), assim como os serviços passíveis de serem tarifados (medidos), como remoções especiais, a coleta de lixo hospitalar e remoção de entulho e bens inservíveis, pode ser sustentada pelas próprias empresas coletoras, credenciadas pela prefeitura. É sempre bom lembrar que todas as atividades operacionais que não forem auto-sustentadas por tarifas adequadas e por um sistema eficiente de arrecadação serão por recursos do Tesouro Municipal e, portanto, devem ser previstas no orçamento do Município, especificamente na rubrica de despesas com limpeza urbana, sob pena de obrigar a prefeitura a remanejar recursos preciosos de outras áreas.

É sempre bom lembrar que uma forma de reduzir os custos com o sistema de limpeza urbana, sobretudo com as atividades de coleta, tratamento e disposição final, é sensibilizar a população a reduzir a quantidade de lixo gerado, assim como implantar programas específicos como a segregação do lixo na fonte geradora com fins de reciclagem, ou até mesmo a criação de bolsas de resíduos para a reciclagem.

### 3.4. O cálculo da Taxa de Coleta de Lixo – TCL

O valor unitário da Taxa de Coleta de Lixo – TCL –, pode ser calculado simplesmente dividindo-se o custo total anual da coleta de lixo domiciliar pelo número de domicílios existentes na cidade.

Todavia, esse valor unitário pode ser adequado às peculiaridades dos diferentes bairros da cidade, levando em consideração alguns fatores, tais como os sociais (buscando uma tarifação socialmente justa) e os operacionais.



Para a sustentabilidade econômica do sistema, a unidade padrão da Taxa de Coleta de Lixo – TCL – é o quociente da divisão do total do orçamento de custeio dos serviços de coleta de lixo domiciliar pelo número de domicílios da cidade.

- O fator social é função do poder aquisitivo médio dos moradores das diferentes áreas da cidade.
- O fator operacional reflete o maior ou menor esforço, em pessoal e em equipamentos, empregado na coleta, seja em função do uso a que se destina o imóvel (comercial, residencial etc.), seja por efeito de sua localização ou da necessidade de se realizar maiores investimentos (densidade demográfica, condições topográficas, tipo de pavimentação etc.).

Não se deve negligenciar, no orçamento, parcelas dos custos de transferência, transporte, tratamento e destino final, assim como administração, gerenciamento, sistemas de controle, despesas de capital e desenvolvimento tecnológico vinculados à coleta.



Apenas para ilustrar a ordem de grandeza dos custos das operações de coleta domiciliar, realizou-se um exercício, mostrado na Tabela 1 a seguir, para uma cidade hipotética com 50 mil habitantes, com determinadas características urbanísticas que são típicas de cidades brasileiras desse porte. Os custos apresentados (calculados em agosto de 2001) são bastante realistas e incluem despesas de custeio e capital, incluindo pessoal e encargos sociais, uniformes, auxílio de alimentação e transporte, seguros e impostos. Os custos dos veículos e equipamentos englobam preço de aquisição, depreciação, reposição, consumo de combustíveis e lubrificantes, pneus, baterias, manutenção e peças de reposição. O salário de motorista foi estimado em R\$300,00 e o do empregado coletor, o salário mínimo, em R\$180,00.

Nesses valores não estão incluídos os custos relativos a estações de transferência e sistemas de tratamento (reciclagem, compostagem e incineração).

Tabela 1

**Componentes de custos de um serviço típico de coleta domiciliar e fatores que os influenciam em uma cidade hipotética de 50 mil habitantes**

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
População	50.000	Habitantes
Densidade urbana média	200	hab./ha
Área urbana	250	ha
Sistema viário	50	ha
Extensão dos logradouros	42	km
Distância do aterro sanitário ao centro da área de coleta	25	km
Produção de lixo domiciliar (incluindo grandes geradores e hospitalar)	30	t/dia útil (2 <sup>a</sup> a sáb.)
Velocidade dos veículos em operação de coleta	4	km/h
Velocidade dos veículos de transferência ao aterro	40	km/h
Freqüência da coleta		Diária
Capacidade média de carga dos veículos de coleta (compactador de 12m <sup>3</sup> )	5,50	t/viagem
Duração do turno	7,33	horas/dia útil
Número de viagens diárias ao aterro sanitário	6	Viagens
Tempo estimado para percurso dos roteiros de coleta	10	Horas



DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
Tempo de carga (15min), transporte e descarga (15min) no aterro sanitário	1,13	Hora
Tempo total de operação	11,54	Horas
Quantidade de compactadores necessários, operando um turno, com folga, fazendo a transferência ao aterro	2	Veículos
Número de motoristas	4	Motoristas
Número de empregados na guarnição	3	Coletores
Número de empregados coletores, incluindo reserva de 20%	8	Coletores
Total de empregados na coleta	12	Empregados
Custo médio de operação em aterro	R\$6.240,00	R\$/t
Custo mensal dos veículos coletores com motoristas	R\$12.600,00	R\$/mês
Custo mensal dos coletores	R\$5.600,00	R\$/mês
Subtotal custos diretos	R\$24.440,00	
Custo anual	R\$293.280,00	
Administração	R\$35.193,60	
<b>Total anual</b>	<b>R\$328.473,60</b>	
<b>Custo anual por habitante</b>	<b>R\$6,57</b>	

Em geral, o custo da coleta, incluindo todos os segmentos operacionais até a disposição final, representa cerca de 50% do custo do sistema de limpeza urbana da cidade. Na coleta, o emprego da mão-de-obra é pouco intensivo, e a incidência dos custos de veículos e equipamentos é muito grande. Na limpeza de logradouros acontece o inverso, com aplicação de mão-de-obra intensiva, abrangendo os garis varredores e menos equipamentos.

Portanto, nessa cidade hipotética, é razoável supor que o sistema de limpeza urbana custaria aos cofres municipais algo em torno de R\$600 mil a R\$700 mil anuais, devendo esse volume estar dentro de uma faixa de 9% a 12% do orçamento total do Município. Admitindo quatro habitantes por domicílio, esta cidade contaria com 12,5 mil domicílios, os quais teriam, a seu encargo, uma quantia em torno de R\$50,00 por ano para sustentar a limpeza urbana. Esse valor não significa muito, mas depende fundamentalmente da firme ação da prefeitura em defender e preservar esse orçamento, apoiada pela importante receita política que certamente um sistema de limpeza urbana bem gerido proporcionará.

## 4. Legislação e Licenciamento Ambiental

A gestão integrada do sistema de limpeza urbana no Município pressupõe, por conceito – e fundamentalmente –, o envolvimento da população e o exercício político sistemático junto às instituições vinculadas a todas as esferas dos governos municipais, estaduais e federal que possam nele atuar.

A integração da população na gestão é realizada de duas formas:

- participando da remuneração dos serviços e sua fiscalização;
- colaborando na limpeza, seja reduzindo, reaproveitando, reciclando ou dispendo adequadamente o lixo para a coleta, seja mesmo não sujando as ruas.

A colaboração da população deve ser considerada o principal agente que transforma a eficiência desses serviços em eficácia de resultados operacionais ou orçamentários. A população pode ser estimulada a reduzir a quantidade de lixo e tornar a operação mais econômica.

As ações que tornam o sistema de limpeza urbana excelente e a população colaboradora formam um poderoso binário capaz de solucionar os principais problemas vinculados ao sistema de limpeza urbana. Essas ações, que atuam no desenvolvimento das operações com qualidade e em um programa bem estruturado de educação ambiental, necessitam de instrumentos legais que as fundamentem.

Há três vertentes legislativas importantes para a instrumentalização do sistema de limpeza urbana, quais sejam:

- a primeira, de ordem política e econômica, estabelece as formas legais de institucionalização dos gestores do sistema e as formas de remuneração e cobrança dos serviços;
- a segunda, conformando um código de posturas, orienta, regula, dispõe procedimentos e comportamentos corretos por parte dos contribuintes e dos agentes da limpeza urbana, definindo ainda processos administrativos e penas de multa;
- a terceira vertente compõe o aparato legal que regula os cuidados com o meio ambiente de modo geral no país e, em especial, o licenciamento para implantação de atividades que apresentem risco para a saúde pública e para o meio ambiente.

Existe, no Brasil, uma coleção numerosa de leis, decretos, resoluções e normas que evidenciam enorme preocupação com o meio ambiente e, especificamente na questão da limpeza urbana, há ainda iniciativas do Legislativo municipal nas leis orgânicas e demais instrumentos legais locais.

Sem mencionar lixo, a Constituição Federal dispõe:

- *"A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantida mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco da doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário a ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação".*
- *"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e as futuras gerações".*
- *"É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:*
  - *proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;*
  - *promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;*
  - *combater as causas da pobreza e os fatores de marginalização promovendo a integração social dos setores desfavorecidos".*

(Constituição Federal, arts. 196, 225 e 23, incisos VI, IX e X, respectivamente)

O Sistema de Licenciamento Ambiental está previsto na Lei Federal nº 6.938, de 31/8/1981, e foi regulamentado pelo Decreto Federal nº 99.274, de 06/6/1990. Por outro lado, a Resolução CONAMA nº 01/86 define responsabilidades e critérios para avaliação de impacto ambiental e define as atividades que necessitam de Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA –, entre as quais se inclui a implantação de aterros sanitários.

No sentido de facilitar o licenciamento de novos aterros e a recuperação de lixões em municípios de pequeno e médio portes, está sendo finalizada uma nova resolução CONAMA (com previsão para início do ano 2002), pois, nos moldes vigentes, muitas vezes a elaboração de EIA/RIMA e o atendimento aos ritos do licenciamento ambiental encontram-se além das possibilidades econômicas do Tesouro Municipal.

Há ainda outras resoluções CONAMA e normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – que tratam de resíduos sólidos, quais sejam:

### Resoluções CONAMA

- 008/91 Ementa: Veda a entrada no Brasil de materiais residuais destinados à disposição final e incineração.
- 006/91 Ementa: Desobriga a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, ressalvados os casos previstos em lei e acordos internacionais.

- 011/86 Ementa: Altera o art. 2º da Resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986, que estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente.
- 237/97 Ementa: Dispõe sobre o sistema de licenciamento ambiental, a regulamentação de seus aspectos na forma do estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente, estabelece critério para o exercício da competência para o licenciamento a que se refere o art. 10 da Lei nº 6.938/81 e dá outras providências.
- 004/95 Ementa: Cria áreas de segurança aeroportuárias – ASA – para aeródromos, proibindo a implantação, nestas áreas, de atividades de natureza perigosa que sirvam como foco de atração de aves.
- 001/86 Ementa: Define responsabilidades e critérios para avaliação de impacto ambiental e define atividades que necessitam de Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.
- 005/88 Ementa: Estabelece critérios para exigências de licenciamento para obras de saneamento.
- 002/91 Ementa: Determina procedimentos para manuseio de cargas deterioradas, contaminadas, fora de especificação ou abandonadas que serão tratadas como fontes potenciais de risco ao meio ambiente, até manifestação do órgão do meio ambiente competente.
- 257/99 Ementa: Disciplina o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final.
- 006/88 Ementa: Dispõe sobre o processo de Licenciamento Ambiental de Atividades Industriais, sobre os resíduos gerados e/ou existentes que deverão ser objeto de controle específico.
- 258/99 Ementa: Trata da destinação final de pneumáticos inservíveis.
- 005/93 Ementa: Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
- 275/01 Ementa: Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
- 283/01 Dispõe sobre o tratamento e a disposição final de resíduos de serviços de saúde.

**NORMAS TÉCNICAS  
DA ABNT**

- NBR 10.004** Ementa: Classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.
- NBR 13.896** Ementa: Fixa condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.
- NBR 1.057; NB 1.025** Ementa: Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação.
- NBR 8.849; NB 844** Ementa: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 8.418; NB 842** Ementa: Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.
- NBR 8419; NB 843** Ementa: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

O art. 9º, inciso IV, da Lei nº 6.938/81, estabelece como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente o licenciamento e a revisão de atividades "efetiva" ou "potencialmente poluidoras", e o art. 10 prevê que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais – considerados "efetivo" e "potencialmente poluidores", bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar "degradação ambiental" –, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA.

O Decreto nº 99.274/90, a partir do art. 17, explica o processo de licenciamento, determinando que as atividades efetiva ou potencialmente poluidoras e aquelas capazes de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças cabíveis, repetindo o texto da Lei Política Nacional de Meio Ambiente.

Já o art. 19 (Decreto nº 99.274/90) dispõe que o poder público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças: prévia, de instalação e de operação.

A Constituição Federal de 1988 elevou o Município à categoria de ente político como se depreende dos arts. 1º e 18, que prevêm que a Federação Brasileira é constituída da União, estados e municípios.

Os municípios já podiam legislar, prestar serviços e instituir e cobrar os próprios tributos, além de eleger prefeito e vereadores. Além disso, os municípios têm a competência comum – do art. 23, incisos VI e VII – de proteger o meio ambiente, combater a poluição e preservar as florestas, a fauna e a flora. O art. 30, inciso I, lhes permite legislar sobre interesse local, logo elaborar leis de política municipal de meio ambiente, e pelo art. 30, inciso II, suplementar a legislação federal e estadual, no que couber, além, do art. 30, inciso VIII, que confere competência exclusiva para legislar sobre ordenamento territorial, mediante planejamento e uso do solo.

O art. 225 da Constituição Federal também ajuda a esclarecer que o Município tem o dever de proteger o meio ambiente, uma vez que impõe ao poder público (União, Estado e Município) e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Logo, o Município pode legislar sobre proteção ambiental e exercer o poder de polícia administrativa.

O Município do Rio de Janeiro, em sua Lei Orgânica Municipal (art. 463, inciso VI, parágrafo 4º) prevê o licenciamento do órgão municipal competente para a exploração de recursos hídricos e minerais. Enquanto o art. 463, inciso I, estabelece, entre os instrumentos do poder público para preservar o meio ambiente, a assinatura de convênios para aperfeiçoar o gerenciamento ambiental.

Ainda no Rio de Janeiro, o Plano Diretor da Cidade, no art. 112, estabelece a política de meio ambiente e valorização do patrimônio cultural, e no art. 113 prevê que será instituído um sistema de gestão ambiental para a execução de sua política (Conselho Municipal de Meio Ambiente, Fundo de Conservação Ambiental e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente).

O art. 117 explicita que o sistema de gestão compreenderá, entre outros instrumentos, a formulação de projetos de proteção do meio ambiente diretamente ou mediante convênio, implantação do processo de avaliação de impacto ambiental, exame de projetos, obras ou atividades efetiva ou potencialmente causadoras de degradação ambiental, e deverá exigir, quando for o caso, EIA/RIMA ou garantia de recuperação ambiental para o licenciamento da atividade em questão.

Portanto, as prefeituras deverão se respaldar em suas leis orgânicas a fim de decidir, em função de sua escala urbana (determinada pelo tamanho de sua população), sua situação socioeconômica e cultural, alternativas possíveis para institucionalização do sistema de limpeza urbana, formas de gestão, cobranças de taxas e tarifas e associações com outras entidades que possam atuar ou convergir esforços, independentemente de sua natureza institucional no país.

Especificamente, o regulamento de limpeza urbana deve ser a espinha dorsal do sistema de limpeza urbana da cidade, expressando todos os princípios fundamentais que devem orientar o comportamento do poder municipal e de sua população.



## 5. Resíduos Sólidos: Origem, Definição e Características

### 5.1. Definição de lixo e resíduos sólidos

De acordo com o Dicionário de Aurélio Buarque de Holanda, "*lixo é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas e sem valor.*"

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – define o lixo como os "*restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido<sup>1</sup> ou líquido<sup>2</sup>, desde que não seja passível de tratamento convencional.*"

Normalmente os autores de publicações sobre resíduos sólidos se utilizam indistintamente dos termos "*lixo*" e "*resíduos sólidos*". Neste Manual, resíduo sólido ou simplesmente "*lixo*" é todo material sólido ou semi-sólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, em qualquer recipiente destinado a este ato.

Há de se destacar, no entanto, a relatividade da característica inservível do lixo, pois aquilo que já não apresenta nenhuma serventia para quem o descarta, para outro pode se tornar matéria-prima para um novo produto ou processo. Nesse sentido, a idéia do reaproveitamento do lixo é um convite à reflexão do próprio conceito clássico de resíduos sólidos. É como se o lixo pudesse ser conceituado como tal somente quando da inexistência de mais alguém para reivindicar uma nova utilização dos elementos então descartados.

### 5.2. Classificação dos resíduos sólidos

São várias as maneiras de se classificar os resíduos sólidos. As mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem.

---

1 – Entende-se como substâncias ou produtos semi-sólidos todos aqueles com teor de umidade inferior a 85%.

2 – Válido somente para resíduos industriais perigosos.

### 5.2.1. Quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

#### CLASSE I OU PERIGOSOS

São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

#### CLASSE II OU NÃO-INERTES

São os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos – ou Classe III – Inertes.

#### CLASSE III OU INERTES

São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização segundo a norma NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem nº 8 (Anexo H da NBR 10.004), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

### 5.2.2. Quanto à natureza ou origem

A origem é o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos. Segundo este critério, os diferentes tipos de lixo podem ser agrupados em cinco classes, a saber:

- Lixo doméstico ou residencial
- Lixo comercial
- Lixo público
- Lixo domiciliar especial:
  - Entulho de obras
  - Pilhas e baterias
  - Lâmpadas fluorescentes
  - Pneus

- Lixo de fontes especiais
  - Lixo industrial
  - Lixo radioativo
  - Lixo de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários
  - Lixo agrícola
  - Resíduos de serviços de saúde

### LIXO DOMÉSTICO OU RESIDENCIAL

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

### LIXO COMERCIAL

São os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida.

Nas atividades de limpeza urbana, os tipos "doméstico" e "comercial" constituem o chamado "lixo domiciliar", que, junto com o lixo público, representam a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos nas cidades.

O grupo de lixo comercial, assim como os entulhos de obras, pode ser dividido em subgrupos chamados de "pequenos geradores" e "grandes geradores".

O regulamento de limpeza urbana do município poderá definir precisamente os subgrupos de pequenos e grandes geradores. Pode-se adotar como parâmetro:

Pequeno Gerador de Resíduos Comerciais é o estabelecimento que gera até 120 litros de lixo por dia.

Grande Gerador de Resíduos Comerciais é o estabelecimento que gera um volume de resíduos superior a esse limite.

Analogamente, pequeno gerador de entulho de obras é a pessoa física ou jurídica que gera até 1.000kg ou 50 sacos de 30 litros por dia, enquanto grande gerador de entulho é aquele que gera um volume diário de resíduos acima disso.

Geralmente, o limite estabelecido na definição de pequenos e grandes geradores de lixo deve corresponder à quantidade média de resíduos gerados diariamente em uma residência particular com cinco moradores.

Num sistema de limpeza urbana, é importante que sejam criados os subgrupos de "pequenos" e "grandes" geradores, uma vez que a coleta dos resíduos dos grandes geradores pode ser tarifada e, portanto, se transformar em fonte de receita adicional para sustentação econômica do sistema.

É importante identificar o grande gerador para que este tenha seu lixo coletado e transportado por empresa particular credenciada pela prefeitura. Esta prática diminui o custo da coleta para o Município em cerca de 10 a 20%.

### LIXO PÚBLICO

São os resíduos presentes nos logradouros públicos, em geral resultantes da natureza, tais como folhas, galhadas, poeira, terra e areia, e também aqueles descartados irregular e indevidamente pela população, como entulho, bens considerados inservíveis, papéis, restos de embalagens e alimentos.



O lixo público está diretamente associado ao aspecto estético da cidade. Portanto, merecerá especial atenção o planejamento das atividades de limpeza de logradouros em cidades turísticas.

### LIXO DOMICILIAR ESPECIAL

Grupo que compreende os entulhos de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus. Observe que os entulhos de obra, também conhecidos como resíduos da construção civil, só estão enquadrados nesta categoria por causa da grande quantidade de sua geração e pela importância que sua recuperação e reciclagem vem assumindo no cenário nacional.

### ENTULHO DE OBRAS

A indústria da construção civil é a que mais explora recursos naturais. Além disso, a construção civil também é a indústria que mais gera resíduos. No Brasil, a tecnologia construtiva normalmente aplicada favorece o desperdício na execução das novas edificações. Enquanto em países desenvolvidos a média de resíduos proveniente de novas edificações encontra-se abaixo de 100kg/m<sup>2</sup>, no Brasil este índice gira em torno de 300kg/m<sup>2</sup> edificado.

Em termos quantitativos, esse material corresponde a algo em torno de 50% da quantidade em peso de resíduos sólidos urbanos coletada em cidades com mais de 500 mil habitantes de diferentes países, inclusive o Brasil.

Em termos de composição, os resíduos da construção civil são uma mistura de materiais inertes, tais como concreto, argamassa, madeira, plásticos, papelão, vidros, metais, cerâmica e terra.

Tabela 2

Composição média do entulho de obra no Brasil	
COMPONENTES	VALORES (%)
Argamassa	63,0
Concreto e blocos	29,0
Outros	7,0
Orgânicos	1,0
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fonte: USP.

**PILHAS E BATERIAS**

As pilhas e baterias têm como princípio básico converter energia química em energia elétrica utilizando um metal como combustível. Apresentando-se sob várias formas (cilíndricas, retangulares, botões), podem conter um ou mais dos seguintes metais: chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), lítio (Li), zinco (Zn), manganês (Mn) e seus compostos.

As substâncias das pilhas que contêm esses metais possuem características de corrosividade, reatividade e toxicidade e são classificadas como "Resíduos Perigosos – Classe I".

As substâncias contendo cádmio, chumbo, mercúrio, prata e níquel causam impactos negativos sobre o meio ambiente e, em especial, sobre o homem. Outras substâncias presentes nas pilhas e baterias, como o zinco, o manganês e o lítio, embora não estejam limitadas pela NBR 10.004, também causam problemas ao meio ambiente, conforme se verifica na Tabela 3.

Tabela 3

Potencial poluidor dos elementos químicos utilizados em pilhas e baterias	
ELEMENTO	EFEITOS SOBRE O HOMEM
<b>Pb</b> <b>Chumbo*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dores abdominais (cólica, espasmo e rigidez)</li> <li>• disfunção renal</li> <li>• anemia, problemas pulmonares</li> <li>• neurite periférica (paralisia)</li> <li>• encefalopatia (sonolência, manias, delírio, convulsões e coma)</li> </ul>
<b>Hg</b> <b>Mercúrio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gengivite, salivação, diarreia (com sangramento)</li> <li>• dores abdominais (especialmente epigástrico, vômitos, gosto metálico)</li> <li>• congestão, inapetência, indigestão</li> <li>• dermatite e elevação da pressão arterial</li> <li>• estomatites (inflamação da mucosa da boca), ulceração da faringe e do esôfago, lesões renais e no tubo digestivo</li> <li>• insônia, dores de cabeça, colapso, delírio, convulsões</li> <li>• lesões cerebrais e neurológicas provocando desordens psicológicas afetando o cérebro</li> </ul>
<b>Cd</b> <b>Cádmio*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• manifestações digestivas (náusea, vômito, diarreia)</li> <li>• disfunção renal</li> <li>• problemas pulmonares</li> <li>• envenenamento (quando ingerido)</li> <li>• pneumonite (quando inalado)</li> <li>• câncer (o cádmio é carcinogênico)</li> </ul>
<b>Ni</b> <b>Níquel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• câncer (o níquel é carcinogênico)</li> <li>• dermatite</li> <li>• intoxicação em geral</li> </ul>

ELEMENTO	EFEITOS SOBRE O HOMEM
Ag Prata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• distúrbios digestivos e impregnação da boca pelo metal</li> <li>• argiria (intoxicação crônica) provocando coloração azulada da pele</li> <li>• morte</li> </ul>
Li Lítio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inalação – ocorrerá lesão mesmo com pronto atendimento</li> <li>• ingestão – mínima lesão residual, se nenhum tratamento for aplicado</li> </ul>
Mn Manganês	<ul style="list-style-type: none"> <li>• disfunção do sistema neurológico</li> <li>• afeta o cérebro</li> <li>• gagueira e insônia</li> </ul>
Zn Zinco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• problemas pulmonares</li> <li>• pode causar lesão residual, a menos que seja dado atendimento imediato</li> <li>• contato com os olhos – lesão grave mesmo com pronto atendimento</li> </ul>

\* Mesmo em pequenas quantidades.

Já existem no mercado pilhas e baterias fabricadas com elementos não tóxicos, que podem ser descartadas, sem problemas, juntamente com o lixo domiciliar

Os principais usos das pilhas e baterias são:

- funcionamento de aparelhos eletroeletrônicos;
- partida de veículos automotores e máquinas em geral;
- telecomunicações;
- telefones celulares;
- usinas elétricas;
- sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança (*no break*);
- movimentação de carros elétricos;
- aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar.

### LÂMPADAS FLUORESCENTES

O pó que se torna luminoso encontrado no interior das lâmpadas fluorescentes contém mercúrio. Isso não está restrito apenas às lâmpadas fluorescentes comuns de forma tubular, mas encontra-se também nas lâmpadas fluorescentes compactas.

As lâmpadas fluorescentes liberam mercúrio quando são quebradas, queimadas ou enterradas em aterros sanitários, o que as transforma em resíduos perigosos Classe I, uma vez que o mercúrio é tóxico para o sistema nervoso humano e, quando inalado ou ingerido, pode causar uma enorme variedade de problemas fisiológicos.

Uma vez lançado ao meio ambiente, o mercúrio sofre uma "bioacumulação", isto é, ele tem suas concentrações aumentadas nos tecidos dos peixes, tornando-os menos saudáveis, ou mesmo



perigosos se forem comidos freqüentemente. As mulheres grávidas que se alimentam de peixe contaminado transferem o mercúrio para os fetos, que são particularmente sensíveis aos seus efeitos tóxicos. A acumulação do mercúrio nos tecidos também pode contaminar outras espécies selvagens, como marrecos, aves aquáticas e outros animais.

#### **PNEUS**

São muitos os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos pneus. Se deixados em ambiente aberto, sujeito a chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos. Se encaminhados para aterros de lixo convencionais, provocam "ocos" na massa de resíduos, causando a instabilidade do aterro. Se destinados em unidades de incineração, a queima da borracha gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos, necessitando de um sistema de tratamento dos gases extremamente eficiente e caro.

Por todas estas razões, o descarte de pneus é hoje um problema ambiental grave ainda sem uma destinação realmente eficaz.

#### **LIXO DE FONTES ESPECIAIS**

São resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Dentro da classe de resíduos de fontes especiais, merecem destaque:

#### **LIXO INDUSTRIAL**

São os resíduos gerados pelas atividades industriais. São resíduos muito variados que apresentam características diversificadas, pois estas dependem do tipo de produto manufaturado. Devem, portanto, ser estudados caso a caso. Adota-se a NBR 10.004 da ABNT para se classificar os resíduos industriais: Classe I (Perigosos), Classe II (Não-Inertes) e Classe III (Inertes).

#### **LIXO RADIOATIVO**

Assim considerados os resíduos que emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas ambientais. No Brasil, o manuseio, acondicionamento e disposição final do lixo radioativo está a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.

#### **LIXO DE PORTOS, AEROPORTOS E TERMINAIS RODOFERROVIÁRIOS**

Resíduos gerados tanto nos terminais, como dentro dos navios, aviões e veículos de transporte. Os resíduos dos portos e aeroportos são decorrentes do consumo de passageiros em veículos e aeronaves e sua periculosidade está no risco de transmissão de doenças já erradicadas no país. A transmissão também pode se dar através de cargas eventualmente contaminadas, tais como animais, carnes e plantas.

#### **LIXO AGRÍCOLA**

Formado basicamente pelos restos de embalagens impregnados com pesticidas e fertilizantes químicos, utilizados na agricultura, que são perigosos. Portanto o manuseio destes resíduos segue as mesmas rotinas e se utiliza dos mesmos recipientes e processos

empregados para os resíduos industriais Classe I. A falta de fiscalização e de penalidades mais rigorosas para o manuseio inadequado destes resíduos faz com que sejam misturados aos resíduos comuns e dispostos nos vazadouros das municipalidades, ou – o que é pior – sejam queimados nas fazendas e sítios mais afastados, gerando gases tóxicos.

### RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Compreendendo todos os resíduos gerados nas instituições destinadas à preservação da saúde da população. Segundo a NBR 12.808 da ABNT, os resíduos de serviços de saúde seguem a classificação apresentada na Tabela 4.

Tabela 4

Classificação dos resíduos de serviços de saúde		
TIPO	NOME	CARACTERÍSTICAS
<b>CLASSE A – RESÍDUOS INFECTANTES</b>		
A.1	Biológicos	Cultura, inóculo, mistura de microorganismos e meio de cultura inoculado provenientes de laboratório clínico ou de pesquisa, vacina vencida ou inutilizada, filtro de gases aspirados de áreas contaminadas por agentes infectantes e qualquer resíduo contaminado por estes materiais.
A.2	Sangue e hemoderivados	Sangue e hemoderivados com prazo de validade vencido ou sorologia positiva, bolsa de sangue para análise, soro, plasma e outros subprodutos.
A.3	Cirúrgicos, anatomopatológicos e exsudato	Tecido, órgão, feto, peça anatômica, sangue e outros líquidos orgânicos resultantes de cirurgia, necropsia e resíduos contaminados por estes materiais.
A.4	Perfurantes e cortantes	Agulha, ampola, pipeta, lâmina de bisturi e vidro.
A.5	Animais contaminados	Carcaça ou parte de animal inoculado, exposto a microorganismos patogênicos, ou portador de doença infecto-contagiosa, bem como resíduos que tenham estado em contato com estes.
A.6	Assistência a pacientes	Secreções e demais líquidos orgânicos procedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes materiais, inclusive restos de refeições.
<b>CLASSE B – RESÍDUOS ESPECIAIS</b>		
B.1	Rejeitos radioativos	Material radioativo ou contaminado com radionuclídeos, proveniente de laboratório de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia.
B.2	Resíduos farmacêuticos	Medicamento vencido, contaminado, interditado ou não utilizado.
B.3	Resíduos químicos perigosos	Resíduo tóxico, corrosivo, inflamável, explosivo, reativo, genotóxico ou mutagênico.
<b>CLASSE C – RESÍDUOS COMUNS</b>		
C	Resíduos comuns	São aqueles que não se enquadram nos tipos A e B e que, por sua semelhança aos resíduos domésticos, não oferecem risco adicional à saúde pública.

### 5.3. Características dos resíduos sólidos

As características do lixo podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades.

A Tabela 5 expressa a variação das composições do lixo em alguns países, deduzindo-se que a participação da matéria orgânica tende a se reduzir nos países mais desenvolvidos ou industrializados, provavelmente em razão da grande incidência de alimentos semipreparados disponíveis no mercado consumidor.

Tabela 5

Composição gravimétrica do lixo de alguns países (%)				
COMPOSTO	BRASIL	ALEMANHA	HOLANDA	EUA
Mat. orgânica	65,00	61,20	50,30	35,60
Vidro	3,00	10,40	14,50	8,20
Metal	4,00	3,80	6,70	8,70
Plástico	3,00	5,80	6,00	6,50
Papel	25,00	18,80	22,50	41,00

A análise do lixo pode ser realizada segundo suas características físicas, químicas e biológicas.

#### 5.3.1. Características físicas

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- Geração *per capita*
- Composição gravimétrica
- Peso específico aparente
- Teor de umidade
- Compressibilidade

#### GERAÇÃO PER CAPITA

A "geração *per capita*" relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Muitos técnicos consideram de 0,5 a 0,8kg/hab./dia como a faixa de variação média para o Brasil. Na ausência de dados mais precisos, a geração *per capita* pode ser estimada através da Tabela 6 e do gráfico apresentado a seguir.

Um erro muito comum cometido por alguns técnicos é correlacionar a geração *per capita* somente ao lixo domiciliar (doméstico + comercial), em lugar de correlacioná-la aos resíduos urbanos (domiciliar + público + entulho, podendo até incluir os resíduos de serviços de saúde).

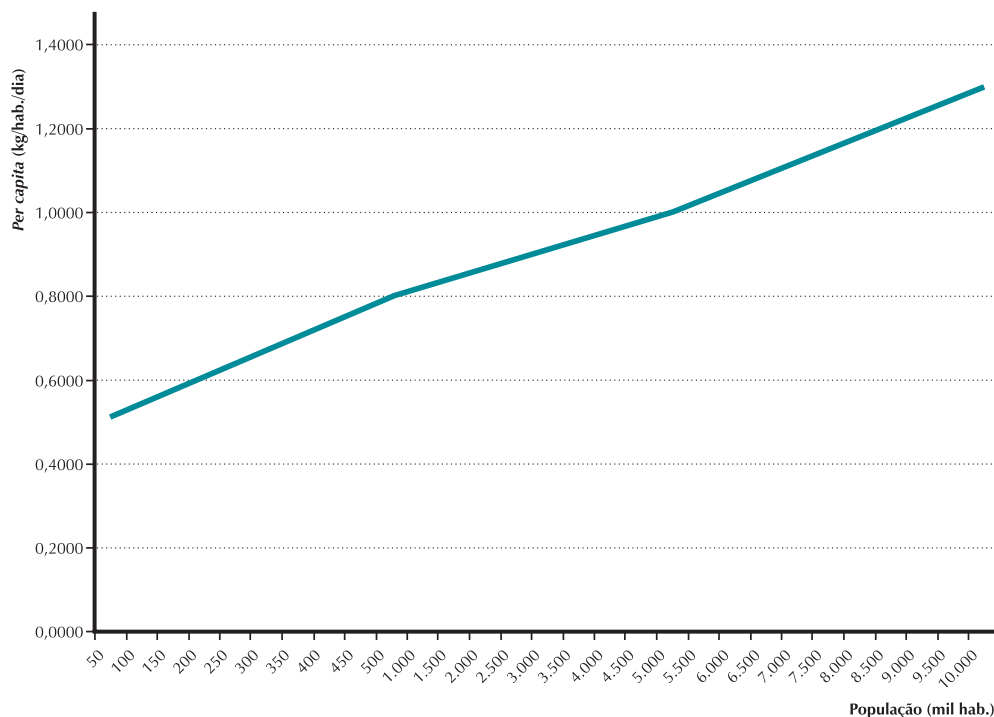


Figura 1 – Variação da geração *per capita* versus a população

Tabela 6

Faixas mais utilizadas da geração <i>per capita</i>		
TAMANHO DA CIDADE	POPULAÇÃO URBANA (habitantes)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/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

## COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada. Os componentes mais utilizados na determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos encontram-se na Tabela 7. Entretanto, muitos técnicos tendem a simplificar, considerando apenas alguns componentes, tais como papel/papelão; plásticos; vidros; metais; matéria orgânica e outros. Esse tipo de composição simplificada, embora possa ser usado no dimensionamento de uma usina de compostagem e de outras unidades de um sistema de limpeza urbana, não se presta, por exemplo, a um estudo preciso de reciclagem ou de coleta

seletiva, já que o mercado de plásticos rígidos é bem diferente do mercado de plásticos maleáveis, assim como os mercados de ferrosos e não-ferrosos.

Tabela 7

Componentes mais comuns da composição gravimétrica		
Matéria orgânica	Metal ferroso	Borracha
Papel	Metal não-ferroso	Couro
Papelão	Alumínio	Pano/trapos
Plástico rígido	Vidro claro	Ossos
Plástico maleável	Vidro escuro	Cerâmica
PET	Madeira	Agregado fino

A escolha dos componentes da composição gravimétrica é função direta do tipo de estudo que se pretende realizar e deve ser cuidadosamente feita para não acarretar distorções.

#### PESO ESPECÍFICO APARENTE

Peso específico aparente é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em  $\text{kg/m}^3$ . Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. Na ausência de dados mais precisos, podem-se utilizar os valores de  $230\text{kg/m}^3$  para o peso específico do lixo domiciliar, de  $280\text{kg/m}^3$  para o peso específico dos resíduos de serviços de saúde e de  $1.300\text{kg/m}^3$  para o peso específico de entulho de obras.

#### TEOR DE UMIDADE

Teor de umidade representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40 a 60%.

#### COMPRESSIVIDADE

Compressividade é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada. Submetido a uma pressão de  $4\text{kg/cm}^2$ , o volume do lixo pode ser reduzido de um terço ( $1/3$ ) a um quarto ( $1/4$ ) do seu volume original.

Analogamente à compressão, a massa de lixo tende a se expandir quando é extinta a pressão que a compacta, sem, no entanto, voltar ao volume anterior. Esse fenômeno chama-se **empolgação** e deve ser considerado nas operações de aterro com lixo.

### 5.3.2. Características químicas

- Poder calorífico
- Potencial hidrogeniônico (pH)
- Composição química
- Relação carbono/nitrogênio (C:N)

#### PODER CALORÍFICO

Esta característica química indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. O poder calorífico médio do lixo domiciliar se situa na faixa de 5.000kcal/kg.

#### POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O potencial hidrogeniônico indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7.

#### COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.

#### RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO (C:N)

A relação carbono/nitrogênio indica o grau de decomposição da matéria orgânica do lixo nos processos de tratamento/disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1.

### 5.3.3. Características biológicas

As características biológicas do lixo são aquelas determinadas pela população microbiana e dos agentes patogênicos presentes no lixo que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequados.

O conhecimento das características biológicas dos resíduos tem sido muito utilizado no desenvolvimento de inibidores de cheiro e de retardadores/acceleradores da decomposição da matéria orgânica, normalmente aplicados no interior de veículos de coleta para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos.

Da mesma forma, estão em desenvolvimento processos de destinação final e de recuperação de áreas degradadas com base nas características biológicas dos resíduos.



#### 5.4. Influência das características dos resíduos sólidos no planejamento do sistema de limpeza urbana

A Tabela 8 ilustra a influência das características apresentadas sobre o planejamento de um sistema de limpeza urbana ou sobre o projeto de determinadas unidades que compõem tal sistema.

Tabela 8

Influência das características do lixo na limpeza urbana	
CARACTERÍSTICAS	IMPORTÂNCIA
<b>Geração per capita</b>	Fundamental para se poder projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor. Importante no dimensionamento de veículos. Elemento básico para a determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o Sistema de Limpeza Urbana.
<b>Composição gravimétrica</b>	Indica a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico. Quando realizada por regiões da cidade, ajuda a se efetuar um cálculo mais justo da tarifa de coleta e destinação final.
<b>Peso específico aparente</b>	Fundamental para o correto dimensionamento da frota de coleta, assim como de contêineres e caçambas estacionárias.
<b>Teor de umidade</b>	Tem influência direta sobre a velocidade de decomposição da matéria orgânica no processo de compostagem. Influencia diretamente o poder calorífico e o peso específico aparente do lixo, concorrendo de forma indireta para o correto dimensionamento de incineradores e usinas de compostagem. Influencia diretamente o cálculo da produção de chorume e o correto dimensionamento do sistema de coleta de percolados.
<b>Compressividade</b>	Muito importante para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias.
<b>Poder calorífico</b>	Influencia o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico (incineração, pirólise e outros).

CARACTERÍSTICAS	IMPORTÂNCIA
pH	Indica o grau de corrosividade dos resíduos coletados, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e caçambas metálicas.
Composição química	Ajuda a indicar a forma mais adequada de tratamento para os resíduos coletados.
Relação C:N	Fundamental para se estabelecer a qualidade do composto produzido.
Características biológicas	Fundamentais na fabricação de inibidores de cheiro e de aceleradores e retardadores da decomposição da matéria orgânica presente no lixo.

### 5.5. Fatores que influenciam as características dos resíduos sólidos

É fácil imaginar que em época de chuvas fortes o teor de umidade no lixo cresce e que há um aumento do percentual de alumínio (latas de cerveja e de refrigerantes) no carnaval e no verão. Assim, é preciso tomar cuidado com os valores que traduzem as características dos resíduos, principalmente no que concerne às características físicas, pois os mesmos são muito influenciados por fatores sazonais, que podem conduzir o projetista a conclusões equivocadas.



Feriados e período de férias escolares influenciarão a quantidade de lixo gerada em cidades turísticas.

Os principais fatores que exercem forte influência sobre as características dos resíduos estão listados na Tabela 9.

Tabela 9

Fatores que influenciam as características dos resíduos	
FATORES	INFLUÊNCIA
<b>1. Climáticos</b>	
Chuvas	• aumento do teor de umidade
Outono	• aumento do teor de folhas
Verão	• aumento do teor de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos)

FATORES	INFLUÊNCIA
<b>2. Épocas especiais</b>	
Carnaval	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento do teor de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos)</li> </ul>
Natal/Ano Novo/Páscoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de embalagens (papel/papelão, plásticos maleáveis e metais)</li> <li>• aumento de matéria orgânica</li> </ul>
Dia dos Pais/Mães	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de embalagens (papel/papelão e plásticos maleáveis e metais)</li> </ul>
Férias escolares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esvaziamento de áreas da cidade em locais não turísticos</li> <li>• aumento populacional em locais turísticos</li> </ul>
<b>3. Demográficos</b>	
População urbana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quanto maior a população urbana, maior a geração <i>per capita</i></li> </ul>
<b>4. Socioeconômicos</b>	
Nível cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quanto maior o nível cultural, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica</li> </ul>
Nível educacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quanto maior o nível educacional, menor a incidência de matéria orgânica</li> </ul>
Poder aquisitivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quanto maior o poder aquisitivo, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica</li> </ul>
Poder aquisitivo (no mês)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maior consumo de supérfluos perto do recebimento do salário (fim e início do mês)</li> </ul>
Poder aquisitivo (na semana)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maior consumo de supérfluos no fim de semana</li> </ul>
Desenvolvimento tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• introdução de materiais cada vez mais leves, reduzindo o valor do peso específico aparente dos resíduos</li> </ul>
lançamento de novos produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de embalagens</li> </ul>
Promoções de lojas comerciais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de embalagens</li> </ul>
Campanhas ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• redução de materiais não-biodegradáveis (plásticos) e aumento de materiais recicláveis e/ou biodegradáveis (papéis, metais e vidros)</li> </ul>

## 5.6. Processos de determinação das principais características físicas

Dos grupos de características apresentados, o mais importante é o das características físicas, uma vez que, sem o seu conhecimento, é praticamente impossível se efetuar a gestão adequada dos serviços de limpeza urbana.

Além disso, não são todas as prefeituras que podem dispor de laboratórios (ou de verbas para contratar laboratórios particulares) para a determinação das características químicas ou biológicas dos resíduos, enquanto as características físicas podem ser facilmente determinadas através de processos expeditos de campo, com o auxílio apenas de latões de 200 litros, de uma balança com capacidade de pesar até 150kg, de uma estufa e do ferramental básico utilizado na limpeza urbana.

Os procedimentos práticos apresentados a seguir servem para a determinação do peso específico, composição gravimétrica, teor de umidade e geração *per capita* do lixo urbano.

- Preparo da amostra
- Determinação do peso específico aparente
- Determinação da composição gravimétrica
- Determinação do teor de umidade
- Cálculo da geração *per capita*

### PREPARO DA AMOSTRA

- coletar as amostras iniciais, com cerca de 3m<sup>3</sup> de volume, a partir de lixo não compactado (lixo solto). Preferencialmente, as amostras devem ser coletadas de segunda a quinta-feira e selecionadas de diferentes setores de coleta, a fim de se conseguir resultados que se aproximem o máximo possível da realidade;
- colocar as amostras iniciais sobre uma lona, em área plana, e misturá-las com o auxílio de pás e enxadas, até se obter um único lote homogêneo, rasgando-se os sacos plásticos, caixas de papelão, caixotes e outros materiais utilizados no acondicionamento dos resíduos;
- dividir a fração de resíduos homogeneizada em quatro partes, selecionando dois dos quartos resultantes (sempre quartos opostos) que serão novamente misturados e homogeneizados;
- repetir o procedimento anterior até que o volume de cada um dos quartos seja de pouco mais de 1 m<sup>3</sup>;

- separar um dos quartos e encher até a borda, aleatoriamente, cinco latões de 200 litros, previamente pesados;
- retalhar com facões, após o enchimento dos latões, a porção do quarto selecionado que sobrar, ao abrigo do tempo (evitar sol, chuva, vento e temperaturas elevadas). Encher um recipiente de dois litros com o material picado e fechar o mais hermeticamente possível;
- levar para o aterro todo o lixo que sobrar desta operação.

#### DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO APARENTE

- pesar cada um dos latões cheios e determinar o peso do lixo, descontando o peso do latão;
- somar os pesos obtidos;
- determinar o peso específico aparente através do valor da soma obtida, expresso em  $\text{kg/m}^3$ .

#### DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

- escolher, de acordo com o objetivo que se pretende alcançar, a lista dos componentes que se quer determinar;
- espalhar o material dos latões sobre uma lona, sobre uma área plana;
- separar o lixo por cada um dos componentes desejados;
- classificar como "outros" qualquer material encontrado que não se enquadre na listagem de componentes pré-selecionada;
- pesar cada componente separadamente;
- dividir o peso de cada componente pelo peso total da amostra e calcular a composição gravimétrica em termos percentuais.

#### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

- pesar a amostra de dois litros;
- colocar seu conteúdo em um forno (preferencialmente uma estufa) a  $105^\circ\text{C}$  por um dia ou a  $75^\circ\text{C}$  por dois dias consecutivos;
- pesar o material seco até que os resíduos apresentem peso constante;
- subtrair o peso da amostra úmida do peso do material seco e determinar o teor de umidade em termos percentuais.

#### CÁLCULO DA GERAÇÃO PER CAPITA

- medir o volume de lixo encaminhado ao aterro, ao longo de um dia inteiro de trabalho;
- calcular o peso total do lixo aterrado, aplicando o valor do peso específico determinado anteriormente;
- avaliar o percentual da população atendida pelo serviço de coleta;

- calcular a população atendida, aplicando o percentual avaliado sobre o valor da população urbana do Município (incluir núcleos urbanos da zona rural, se for o caso);
- calcular a taxa de geração *per capita* dividindo-se o peso do lixo pela população atendida.

A coleta de amostras, assim como a medição do lixo encaminhado ao aterro, jamais deve ser realizada num domingo ou numa segunda-feira.

Em cidades turísticas, jamais efetuar a coleta de amostras em períodos de férias escolares ou de feriados, a não ser que se queira determinar a influência da sazonalidade sobre a geração de lixo da cidade.

Jamais efetuar determinações de teor de umidade em dias de chuva.

Preferencialmente as determinações devem ser feitas de terça a quinta-feira, entre os dias 10 e 20 do mês, para evitar distorções de sazonalidade.



## 6. Projeção das Quantidades de Resíduos Sólidos Urbanos

Para se avaliar corretamente a projeção da geração de lixo *per capita* é necessário conhecer o tamanho da população residente, bem como o da flutuante, principalmente nas cidades turísticas, quando esta última gera cerca de 70% a mais de lixo do que a população local.



População flutuante é um dado significativo a ser considerado na projeção da quantidade de lixo gerado em cidades turísticas.

Na inexistência de dados demográficos detalhados podem-se utilizar as projeções populacionais disponíveis para determinação da produção do lixo com o auxílio da Tabela 10, na qual é estimada uma geração *per capita* em função do tamanho da população.

O exemplo a seguir esclarece os procedimentos a serem adotados.

Suponha-se que se quer projetar um sistema de limpeza urbana para uma cidade sem vocação turística, com uma população urbana atual de 50 mil habitantes, que cresce a uma taxa de 3% ao ano, na qual foi medida uma geração *per capita* de 530g/hab./dia.

Adotando-se um horizonte de 20 anos para a projeção, os valores de população serão os fornecidos pela Tabela 10.

Tabela 10

Projeção populacional			
ANO	POPULAÇÃO URBANA (hab.)	ANO	POPULAÇÃO URBANA (hab.)
2001	50.000	2012	69.211
2002	51.500	2013	71.287
2003	53.045	2014	73.426
2004	54.636	2015	75.629
2005	56.275	2016	77.898
2006	57.963	2017	80.235
2007	59.702	2018	82.642
2008	61.493	2019	85.121
2009	63.338	2020	87.675
2010	65.238	2021	90.305
2011	67.195		

De acordo com a Figura 1, quando a cidade atingir os 90 mil habitantes, a geração *per capita* deverá ser da ordem de 550g/hab./dia. Assim, pode-se estimar a evolução da produção *per capita* conforme os valores da Tabela 11.

Tabela 11

Evolução <i>per capita</i>	
PERÍODO	PER CAPITA (g/hab./dia)
2001 a 2007	530
2008 a 2014	540
2015 a 2021	550

Dessa forma, calcula-se a projeção da quantidade de resíduos sólidos produzida ano a ano, conforme a Tabela 12.

Tabela 12

Projeção da quantidade de lixo gerada			
ANO	PROJEÇÃO POPULACIONAL (hab.)	PER CAPITA (kg/hab./dia)	QUANTIDADE DE LIXO (t)
2001	50.000	0,53	26,5
2002	51.500	0,53	27,3
2003	53.045	0,53	28,1
2004	54.636	0,53	29,0
2005	56.275	0,53	29,8
2006	57.963	0,53	30,7
2007	59.702	0,53	31,6
2008	61.493	0,54	33,2
2009	63.338	0,54	34,2
2010	65.238	0,54	35,2
2011	67.195	0,54	36,3
2012	69.211	0,54	37,4
2013	71.287	0,54	38,5
2014	73.426	0,54	39,7
2015	75.629	0,55	41,6
2016	77.898	0,55	42,8
2017	80.235	0,55	44,1
2018	82.642	0,55	45,5
2019	85.121	0,55	46,8
2020	87.675	0,55	48,2
2021	90.305	0,55	49,7

## 7. Acondicionamento

### 7.1. Conceituação

Acondicionar os resíduos sólidos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, como ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos.

### 7.2. A importância do acondicionamento adequado

A qualidade da operação de coleta e transporte de lixo 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 nesta operação.

A importância do acondicionamento adequado está em:

- evitar acidentes;
- evitar a proliferação de vetores;
- minimizar o impacto visual e olfativo;
- reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva);
- facilitar a realização da etapa da coleta.

Infelizmente, o que se verifica em muitas cidades é o surgimento espontâneo de pontos de acumulação de lixo domiciliar a céu aberto, expostos indevidamente ou espalhados nos logradouros, prejudicando o ambiente e arriscando a saúde pública.



Acúmulo de lixo a céu aberto

Ainda relacionado à importância do adequado acondicionamento do lixo para a coleta, um dado importante a se ressaltar é a questão da atratividade que os resíduos exercem para os animais.

Nas áreas carentes e naquelas com menor densidade demográfica das cidades há, em geral, maior quantidade de animais soltos nas ruas, tais como cães, cavalos e porcos.

Os cães costumam rasgar os sacos plásticos para ter acesso aos restos de alimentos; os cavalos sacodem violentamente os sacos plásticos, espalhando lixo em grande área; os porcos aprendem até a derrubar contêineres. Existem ainda os ratos que se alimentam e proliferam no lixo.

Para reduzir a ação danosa desses animais, recomenda-se que:

- a prefeitura promova regularmente ações de apreensão dos animais domésticos, estudando, inclusive, a possibilidade de esterilização dos mesmos;
- a coleta das áreas carentes seja efetuada com maior frequência, de preferência diariamente, e com regularidade no restante da cidade;
- a população desses locais seja instruída a colocar as embalagens em cima dos muros ou de plataformas (que não resolve para os animais de porte alto como os eqüinos);
- sejam providenciados contêineres plásticos para acondicionamento do lixo, com dispositivos especiais de ancoragem para maior estabilidade;
- o órgão de limpeza urbana se encarregue do combate aos ratos.

Nas cidades brasileiras a população utiliza os mais diversos tipos de recipientes para acondicionamento do lixo domiciliar:

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

No Norte e Nordeste são utilizados recipientes feitos habilmente com pneus usados. É um meio de aproveitamento de pneus descartados, mas a embalagem resultante é pesada e pouco prática.

A escolha do tipo de recipiente mais adequado deve ser orientada em função:

- das características do lixo;
- da geração do lixo;
- da frequência da coleta;
- do tipo de edificação;
- do preço do recipiente.

### 7.3. Características dos recipientes para acondicionamento

Os recipientes adequados para acondicionar o lixo domiciliar devem ter as seguintes características:

- peso máximo de 30kg, incluindo a carga, se a coleta for manual;

Recipientes que permitem maior carga devem ser padronizados para que possam ser manuseadas por dispositivos mecânicos disponíveis nos próprios veículos coletores, reduzindo assim o esforço humano.

- dispositivos que facilitem seu deslocamento no imóvel até o local de coleta;
- serem herméticos, para evitar derramamento ou exposição dos resíduos;

As embalagens flexíveis (sacos plásticos) devem permitir fechamento adequado das "bocas". As rígidas e semi-rígidas (vasilhames, latões, contêineres) devem possuir tampas e estabilidade para não tombar com facilidade.

- serem seguros, para evitar que lixo cortante ou perfurante possa acidentiar os usuários ou os trabalhadores da coleta;
- serem econômicos, de maneira que possam ser adquiridos pela população;
- não produzir ruídos excessivos ao serem manuseados;
- possam ser esvaziados facilmente sem deixar resíduos no fundo.

Há ainda outra característica a ser levada em conta: se os recipientes são **com** ou **sem** retorno. Neste último caso, a coleta será mais produtiva e não haverá exposição de recipientes no logradouro após o recolhimento do lixo, tampouco a necessidade de seu asseio por parte da população.

Analisando-se o anteriormente exposto, pode-se concluir que os sacos plásticos são as embalagens mais adequadas para acondicionar o lixo quando a coleta for manual, porque:

- são facilmente amarrados nas "bocas", garantindo o fechamento;
- são leves, sem retorno (resultando em coleta mais produtiva) e permitem recolhimento silencioso, útil para a coleta noturna;

- possuem preço acessível, permitindo a padronização. Pode-se tolerar o uso de sacos plásticos de supermercados (utilizados para embalar os produtos adquiridos), sem custo para a população.

O saco plástico de polietileno, sendo composto por carbono, hidrogênio e oxigênio, não polui a atmosfera quando corretamente incinerado. Não é biodegradável, mas como os aterros sanitários são métodos de destino praticamente definitivos, não há maiores objeções ao uso de sacos plásticos de polietileno como acondicionamento para lixo domiciliar.

Como a maioria da população utiliza os sacos plásticos de supermercados para acondicionar o lixo produzido, para reduzir o risco de ferimento para os garis que efetuam a coleta, basta que estes utilizem luvas. Já os sacos plásticos com mais de 100 litros não são seguros, pois os coletores tendem a abraçá-los para carregá-los até o caminhão. Os vidros e outros objetos cortantes ou perfurocortantes contidos no lixo podem feri-los.

Nas cidades brasileiras os contêineres são produzidos adotando-se as normas americanas ANSI.



Contêineres plásticos padronizados

Para habitações multifamiliares (edifícios de apartamentos ou escritórios), são mais convenientes os contêineres plásticos padronizados, com rodas e tampa, pois permitem a coleta semi-automatizada, mais produtiva e segura. São ainda de fácil manuseio, devido às rodas e ao peso reduzido, sendo ainda relativamente silenciosos. Em função da durabilidade (especialmente se pouco expostos ao sol) são econômicos, além de possuírem bom aspecto. Existem disponíveis no mercado brasileiro contêineres de 120, 240 e 360 litros.

#### 7.4. Acondicionamento de resíduo domiciliar

Entre os recipientes mencionados e considerando a adequação para acondicionamento do lixo domiciliar, merecem destaque:

- Sacos plásticos
- Contêineres de plástico
- Contêineres metálicos



Tipos de recipientes inadequados

## SACOS PLÁSTICOS

O lixo domiciliar pode ser embalado em sacos plásticos sem retorno, para ser descarregado nos veículos de coleta.

Os sacos plásticos a serem utilizados no acondicionamento do lixo domiciliar devem possuir as seguintes características:

- ter resistência para não se romper por ocasião do manuseio;
- ter volume de 20, 30, 50 ou 100 litros;
- possuir fita para fechamento da "boca";
- ser de qualquer cor, com exceção da branca (normalmente os sacos de cor preta são os mais baratos).

Estas características acham-se regulamentadas pela norma técnica NBR 9.190 da ABNT.

## CONTÊINERES DE PLÁSTICO

São recipientes fabricados em polietileno de alta densidade (PEAD), nas capacidades de 120, 240 e 360 litros (contêineres de duas rodas) e 760 e 1.100 litros (contêineres de quatro rodas), constituídos de tampa, recipiente e rodas, contendo na matéria-prima um pouco de material reciclado e aditivos contra a ação de raios ultravioleta.

Destinam-se ao recebimento, acondicionamento e transporte de lixo domiciliar urbano e público. Podem ser utilizados também como carrinho para coleta de resíduos públicos e conduzidos pelos garis nos logradouros.

O lixo dos grandes geradores, cuja coleta e transporte devem ser operados por empresas particulares credenciadas pela prefeitura, pode ser acondicionado em contêineres semelhantes ao da ilustração ao lado, distinguidos apenas por cor diferente.



Contêiner de plástico



## CONTÊINERES METÁLICOS

São recipientes providos normalmente de quatro rodízios, com capacidade variando de 750 a 1.500 litros, que podem ser basculados por caminhões compactadores .

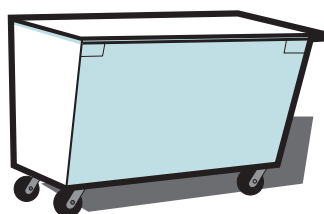


Figura 2 – Contêiner metálico



Basculamento de contêineres metálicos

### 7.5. Acondicionamento de resíduo público

- Papeleiras de rua
- Cesta coletora plástica para pilhas e baterias
- Sacos plásticos e contêineres

#### PAPELEIRAS DE RUA

Cesta coletora plástica, do tipo papeleira, com capacidade volumétrica útil de 50 litros, constituída de corpo para recebimento dos resíduos, tampa e soleira metálica para se apagar ponta de cigarro antes que seja jogado no seu interior e contendo na matéria-prima um pouco de material reciclado e aditivos contra a ação de raios ultravioleta.

Esses recipientes são próprios para pequenos resíduos e refugos descartados por pedestres em trânsito nos logradouros.

Devem ser instalados nos parques, praças, jardins, ruas, avenidas e demais locais públicos de trânsito de pessoas, com o objetivo de reduzir a quantidade de lixo disposta no solo.

### CESTA COLETORA PLÁSTICA PARA PILHAS E BATERIAS

Cesta coletora plástica de pilhas e baterias, do tipo papeleira, com capacidade volumétrica útil de 50 litros, devendo ser na cor verde, fabricada em polietileno de alta densidade, protegido contra a ação de raios ultravioleta, constituída de recipiente inferior e tampa.

Destina-se ao recebimento de pilhas e baterias, através de furo circular ou oblongo na parte frontal da tampa. As cestas devem ser instaladas nos parques, praças, jardins, ruas, avenidas e demais locais públicos de trânsito de pessoas para facilitar o

### SACOS PLÁSTICOS E CONTÊINERES

Os **sacos plásticos** utilizados no acondicionamento do lixo público são similares aos usados para embalar o lixo domiciliar. A única diferença está no volume, pois, para lixo público, é aceitável o uso de sacos de 150 litros.

Da mesma forma, os **contêineres plásticos** são exatamente os mesmos utilizados no acondicionamento do lixo domiciliar, havendo variação apenas nos contêineres metálicos.

Os **contêineres metálicos** utilizados no acondicionamento do lixo público são recipientes estacionários, com capacidade de 5 ou 7m<sup>3</sup>, que podem ser basculados por caminhões compactadores.



Contêineres metálicos

Essas caixas metálicas são intercambiáveis. O veículo que as recolhe quando estão cheias traz consigo uma outra, vazia, para continuar servindo o local. Por isso esse sistema se chama "Canguru". Já os veículos que operam essas caixas são os poliguindastes, pelo fato de serem dotados de um guindaste servindo a vários propósitos. O sistema também é conhecido como "Brooks" e as caixas como "caixas Dempsters".



Poliguindaste simples com caixa "Dempster"

### 7.6. Acondicionamento de resíduos em imóveis de baixa renda

Nas favelas e conjuntos habitacionais de baixa renda é usual existir reduzido espaço para armazenamento do lixo. Em consequência, os resíduos, logo que produzidos, são quase sempre atirados nos logradouros, causando problemas sanitários e ambientais já conhecidos.

Nesses casos é recomendável abordagem especial, providenciando-se a colocação de contêineres plásticos padronizados (com rodas e tampas) em locais externos previamente determinados e a coleta diária.

Não é conveniente a colocação de caixas estacionárias do tipo "Brooks", por não possuírem tampas (e se as tiver, não costumam ser acionadas pela população).



Caixa "Brooks" na entrada de favela. Procedimento desaconselhável

É recomendável a implantação de sistema de trabalhadores comunitários, como auxílio para manter a higiene e a limpeza das comunidades carentes mais problemáticas.

No Rio de Janeiro, a COMLURB contratou as associações de moradores de favelas para que estas operassem a coleta de lixo porta a porta e a limpeza das vias internas. O contrato condiciona o emprego de trabalhadores residentes nos locais, gerando oferta de trabalho e elevando o comportamento dessas comunidades, que passam a ter ingerência direta no asseio dos próprios assentamentos. A empresa paga pelos serviços, dá suporte técnico e fiscaliza a qualidade da operação. As associações contratam os próprios empregados e gerenciam os trabalhos. Os resultados positivos motivaram expansão rápida desse programa para quase todas as favelas existentes no Rio de Janeiro.

### 7.7. Acondicionamento de resíduos de grandes geradores

Uma vez disposto em legislação específica que os imóveis comerciais e industriais com geração diária de resíduos sólidos superior a 120 litros são considerados "grandes geradores", é necessário estabelecer padronização dos recipientes para acondicionamento desses resíduos.

Esse limite está baseado na capacidade do menor contêiner de plástico com tampa e rodízios disponível no mercado.

É conveniente determinar que os grandes geradores devam possuir contêineres diferenciados (em cor, de preferência) daqueles da coleta normal, para facilitar a fiscalização.

Na cidade do Rio de Janeiro os contêineres para grandes geradores são de cor azul, enquanto os da coleta normal são de cor laranja. Tal fato facilita a fiscalização.



Contêiner para grandes geradores

Para a coleta do lixo domiciliar de grandes geradores ou de estabelecimentos públicos, estão disponíveis no Brasil duas classes de contêineres de grande porte (com capacidade superior a 360 litros):

- Contêineres providos de rodas, que são levados até os veículos de coleta e basculados mecanicamente, fabricados em metal ou plástico (polietileno de alta densidade). As capacidades usuais são de 760, 1.150, 1.500 litros e outras.
- Contêineres estacionários (sem rodas), basculáveis nos caminhões ou intercambiáveis, em geral metálicos. O basculamento nos caminhões coletores de carregamento traseiro é feito por meio de cabos de aço acionados por dispositivos hidráulicos, podendo ter capacidade para até 5m<sup>3</sup>.

Os contêineres intercambiáveis podem ser manejados por sistema de poliguindastes ou do tipo *roll-on, roll-off*. São metálicos, com capacidades de 3 a 30m<sup>3</sup>. Os grandes contêineres (de 20 a 30m<sup>3</sup> de capacidade) são manejados por equipamento *roll-on, roll-off*, acionados por guinchos (cabos de aço) ou por cilindros hidráulicos, e podem ser dotados de dispositivos elétricos de compactação, quando se transformam em mini-estações de transbordo e são apelidados de "compactêineres".



Figura 3 – Poliguindaste duplo com contêineres intercambiáveis

## 7.8. Acondicionamento de resíduos domiciliares especiais

- Resíduos da construção civil
- Pilhas e baterias
- Lâmpadas fluorescentes
- Pneus

## RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por causa de seu elevado peso específico aparente, o entulho de obras é acondicionado, normalmente, em contêineres metálicos estacionários de 4 ou 5m<sup>3</sup>, similares aos utilizados no acondicionamento do lixo público.

O grande problema do entulho está relacionado ao seu acondicionamento, pois os contêineres metálicos utilizados atrapalham a passagem de pedestres e/ou o trânsito, bem como o estacionamento de veículos. Além disso, o entulho de obra também consome muito espaço nos aterros, espaço este que poderia estar sendo utilizado para a destinação de outros tipos de resíduos não passíveis de reciclagem.

Dentro da concepção de desenvolvimento sustentável estabelecida pela Agenda 21, reduzir e utilizar os resíduos e subprodutos aparecem como tarefas fundamentais à sociedade atual. No caso do entulho de obra, os maiores desafios seriam:

- reduzir o volume de entulho gerado, evitando a utilização dos escassos locais para sua disposição;
- beneficiar a quantidade de entulho gerado, reutilizando-o no ciclo produtivo, diminuindo o consumo de energia e de recursos naturais.

## PILHAS E BATERIAS

As baterias que não estiverem totalmente descarregadas devem ser estocadas de forma que seus eletrodos não entrem em contato com os eletrodos das outras baterias ou com um objeto de metal, por exemplo, a parte de dentro de um tambor de metal. As baterias de níquel-cádmio que não estiverem totalmente descarregadas deverão ser colocadas, individualmente, em sacos plásticos antes de serem colocadas junto com outras baterias de Ni-Cd.

Os contêineres com as baterias estocadas devem ser selados ou vedados para se evitar liberação do gás hidrogênio, que é explosivo em contato com o ar, devendo ficar sobre estrados ou *pallets* para que as baterias se mantenham secas.

O armazenamento dos contêineres deve ser feito em local arejado e protegido de sol e chuva.

A diversidade de usos, associada às pequenas dimensões das pilhas e à ignorância das pessoas sobre sua periculosidade, tornou comum o seu descarte nos aterros municipais junto com o lixo domiciliar, onde contaminam o meio ambiente.

Por causa de suas características tóxicas e da dificuldade em se impedir seu descarte junto com o lixo domiciliar, em 1999 foi publicada a Resolução CONAMA nº 257, que atribui a responsabilidade do acondicionamento, coleta, transporte e disposição final de pilhas e baterias aos comerciantes, fabricantes, importadores e à rede autorizada de assistência técnica, como explicitado em seus arts. 11 e 12, a seguir reproduzidos:

"Art. 11 – Os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de doze meses contados a partir da vigência desta resolução, implantar os mecanismos operacionais para a coleta, transporte, e armazenamento;

Art. 12 – Os fabricantes e os importadores de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de vinte e quatro meses, contados a partir da vigência desta Resolução, implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, obedecida a legislação em vigor."

### LÂMPADAS FLUORESCENTES

Os procedimentos para o manuseio de lâmpadas que contêm mercúrio incluem as seguintes exigências:

- estocar as lâmpadas que não estejam quebradas em uma área reservada, em caixas, de preferência em uma bombona plástica para evitar que se quebrem;
- rotular todos as caixas ou bombonas;
- não quebrar ou tentar mudar a forma física das lâmpadas;
- quando houver quantidade suficiente de lâmpadas, enviá-las para reciclagem, acompanhadas das seguintes informações:
  - nome do fornecedor (nome e endereço da empresa ou instituição), da transportadora e do reciclador;
  - número de lâmpadas enviadas;
  - a data do carregamento;
  - manter os registros dessas notas por três anos, no mínimo;
- no caso de quebra de alguma lâmpada, os cacos de vidro devem ser removidos e a área deve ser lavada;
- armazenar as lâmpadas quebradas em contêineres selados e rotulados da seguinte forma: "Lâmpadas Fluorescentes Quebradas – Contém Mercúrio".

### PNEUS

Por causa dos problemas relacionados à destinação inadequada dos pneus, e a exemplo do que foi feito para as pilhas e baterias, o CONAMA publicou em 1999 a Resolução nº 258, onde "as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional".

Um dos maiores problemas encontrados no armazenamento de pneus para a coleta ou reciclagem está no fato de propiciar o acúmulo de água quando estocado em áreas sujeitas a intempéries. Este cenário facilitará a criação de vetores causadores de doenças.



Nesse sentido, recomenda-se que o acondicionamento de pneus para a coleta siga as seguintes recomendações:

- nunca acumule pneus, dispondo-os para a coleta assim que se tornem sucata;
- se precisar guardá-los, faça-o em ambientes cobertos e protegidos das intempéries;
- jamais os queime.

Sucata de pneu tem sido utilizada como combustível nos fornos de produção de cimento.

## 7.9. Acondicionamento de resíduos de fontes especiais

- Resíduos sólidos industriais
- Resíduos radioativos
- Resíduos de portos e aeroportos
- Resíduos de serviços de saúde

### RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

As formas mais usuais de se acondicionar os resíduos sólidos industriais são:

- tambores metálicos de 200 litros para resíduos sólidos sem características corrosivas;
- bombonas plásticas de 200 ou 300 litros para resíduos sólidos com características corrosivas ou semi-sólidos em geral;
- *big-bags* plásticos, que são sacos, normalmente de polipropileno trançado, de grande capacidade de armazenamento, quase sempre superior a 1m<sup>3</sup>;
- contêineres plásticos, padronizados nos volumes de 120, 240, 360, 750, 1.100 e 1.600 litros, para resíduos que permitem o retorno da embalagem;
- caixas de papelão, de porte médio, até 50 litros, para resíduos a serem incinerados.

### RESÍDUOS RADIOATIVOS

O manuseio e o acondicionamento dos resíduos radioativos deve atender às seguintes características:

- o manuseio deve ser feito somente com o uso de equipamentos de proteção individual – EPI – mínimos exigidos,

tais como aventais de chumbo, sapatos, luvas, máscara e óculos adequados;

- os recipientes devem ser confeccionados com material à prova de radiação (chumbo, concreto e outros).

### RESÍDUOS DE PORTOS E AEROPORTOS

O manuseio e o acondicionamento desses resíduos segue as mesmas rotinas e se utiliza dos mesmos recipientes empregados no acondicionamento do lixo domiciliar, a não ser em caso de alerta de quarentena, quando cuidados especiais são tomados com os resíduos das pessoas ou com as cargas provenientes de países em situação epidêmica.

### RESÍDUOS<sup>3</sup> DE SERVIÇOS DE SAÚDE

O manuseio de resíduos de serviços de saúde está regulamentado pela norma NBR 12.809 da ABNT e compreende os cuidados que se deve ter para segregar os resíduos na fonte e para lidar com os resíduos perigosos.

O procedimento mais importante no manuseio de resíduos de serviços de saúde é separar, na origem, o lixo infectante dos resíduos comuns, uma vez que o primeiro representa apenas de 10 a 15% do total de resíduos e o lixo comum não necessita de maiores cuidados.

A falta de cuidados com o manuseio do lixo infectante é a principal causa da infecção hospitalar. Nos hospitais municipais do Rio de Janeiro onde se processa a segregação criteriosa dos resíduos infectantes (hospitais Souza Aguiar, Miguel Couto e Lourenço Jorge), o índice de internações por infecção hospitalar caiu em cerca de 80%.

No manuseio dos resíduos infectantes devem ser utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual – EPI –:

- avental plástico;
- luvas plásticas;
- bota de PVC (por ocasião de lavagens) ou sapato fechado;
- óculos;
- máscara.

Os resíduos de serviços de saúde devem ser acondicionados diretamente nos sacos plásticos regulamentados pelas normas NBR 9.190 e 9.191 da ABNT, sustentados por suportes metálicos, conforme se pode observar na ilustração que se segue. Para que não haja contato direto dos funcionários com os resíduos, os suportes são operados por pedais.

3 – Uma vez que os resíduos da Classe B, Tipos B.1 – Rejeito Radioativo e B.3 – Resíduo Químico Perigoso, devem ser tratados de acordo com as normas específicas da CNEN e dos órgãos ambientais municipais e estaduais (como Resíduos Sólidos Industriais Perigosos), respectivamente, e os resíduos Classe C podem ser descartados juntamente com o lixo domiciliar normal, o texto a seguir se prende exclusivamente aos resíduos Classes A e B.2.

Os sacos plásticos devem obedecer à seguinte especificação de cores:

Transparentes	Lixo comum, reciclável
Coloridos opacos	Lixo comum, não reciclável
Branco leitoso	Lixo infectante ou especial (exceto o radioativo)



Sacos plásticos para lixo hospitalar

Posteriormente, os sacos plásticos devem ser colocados em contêineres que permitam o fácil deslocamento dos resíduos para abrigos temporários. Esses contêineres devem ser brancos para o transporte do lixo infectante e de qualquer outra cor para o transporte do lixo comum.



Contêineres para lixo infectante

Já os abrigos temporários devem ser ladrilhados e com cantos arredondados para facilitar a lavagem de piso e paredes.



Área para abrigo temporário de lixo infectante

## 8. Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

### 8.1. Coleta e transporte de resíduos sólidos domiciliares

#### 8.1.1. Conceituação

Coletar o lixo significa recolher o lixo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final. Coleta-se o lixo para evitar problemas de saúde que ele possa propiciar.

A coleta e o transporte do lixo domiciliar produzido em imóveis residenciais, em estabelecimentos públicos e no pequeno comércio são, em geral, efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza urbana. Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da prefeitura, de empresas sob contrato de terceirização ou sistemas mistos, como o aluguel de viaturas e a utilização de mão-de-obra da prefeitura.

O lixo dos "grandes geradores" (estabelecimentos que produzem mais que 120 litros de lixo por dia) deve ser coletado por empresas particulares, cadastradas e autorizadas pela prefeitura.



Em cidades turísticas, tem-se como exemplo de grandes geradores de resíduos sólidos os hotéis, os restaurantes e os quiosques.

Pode-se então conceituar como coleta domiciliar comum ou ordinária o recolhimento dos resíduos produzidos nas edificações residenciais, públicas e comerciais, desde que não sejam, estas últimas, grandes geradoras.

#### 8.1.2. Regularidade da coleta domiciliar

A coleta do lixo domiciliar deve ser efetuada em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horários, regularmente. Somente assim os cidadãos habituar-se-ão e serão condicionados a colocar os recipientes ou embalagens do lixo nas calçadas, em frente aos imóveis, sempre nos dias e horários em que o veículo coletor irá passar.

Em consequência, o lixo domiciliar não ficará exposto, a não ser pelo tempo necessário à execução da coleta. A população não jogará lixo em qualquer local, evitando prejuízos ao aspecto estético dos logradouros e o espalhamento por animais ou pessoas.



O tempo de permanência do lixo no logradouro público é um assunto que merece especial atenção em cidades turísticas, em função dos aspectos estéticos, emissão de odores e atração de vetores e animais.

Regularidade da coleta é, portanto, um dos mais importantes atributos do serviço.

Em qualquer cidade que disponha de controle do peso de lixo coletado, é possível verificar matematicamente se a coleta é, de fato, regular, comparando-se os pesos de lixo em duas ou mais semanas consecutivas. Nos mesmos dias da semana (uma segunda-feira comparada com outra segunda-feira, e assim por diante) os pesos de lixo não devem variar mais que 10%. Da mesma forma, as quilometragens percorridas pelas viaturas de coleta devem ser semelhantes, pois os itinerários a serem seguidos serão os mesmos (para um mesmo número de viagens ao destino).

Além disso, a ocorrência de pontos de acumulação de lixo domiciliar nos logradouros e um número elevado de reclamações apontam claramente qualquer irregularidade da coleta.

O ideal, portanto, em um sistema de coleta de lixo domiciliar, é estabelecer um recolhimento com dias e horários determinados, de pleno conhecimento da população, através de comunicações individuais a cada responsável pelo imóvel e de placas indicativas nas ruas. A população deve adquirir confiança de que a coleta não vai falhar e assim irá prestar sua colaboração, não atirando lixo em locais impróprios, acondicionando e posicionando embalagens adequadas, nos dias e horários marcados, com grandes benefícios para a higiene ambiental, a saúde pública, a limpeza e o bom aspecto dos logradouros públicos.

### 8.1.3. Freqüência de coleta

Por razões climáticas, no Brasil, o tempo decorrido entre a geração do lixo domiciliar e seu destino final não deve exceder uma semana para evitar proliferação de moscas, aumento do mau cheiro e a atratividade que o lixo exerce sobre roedores, insetos e outros animais.

Em cidades que dispõem de estações de transferência (ver capítulo 9), o lixo ainda permanece armazenado por mais um ou dois dias até que possa ser transportado ao aterro, onde finalmente é coberto com terra no final de cada dia. Se a frequência da coleta de lixo for de três vezes por semana, o lixo produzido, por exemplo, no sábado, só vai ser coletado na terça-feira seguinte (três dias depois). Demorando mais dois dias para ser transferido e mais um dia para ser confinado no aterro, o total de dias decorridos entre a geração e o destino final pode chegar a seis dias. A frequência mínima de coleta admissível em um país de clima quente como o Brasil é, portanto, de três vezes por semana.

Há que se considerar ainda a capacidade de armazenamento dos resíduos nos domicílios. Nas favelas e em comunidades carentes, as edificações não têm capacidade para armazená-lo por mais de um dia, o mesmo ocorrendo nos centros das cidades, onde os estabelecimentos comerciais e de serviços, além da falta de local apropriado para o armazenamento, produzem lixo em quantidade considerável. Em ambas as situações é conveniente estabelecer a coleta domiciliar com frequência diária.

#### 8.1.4. Horários de coleta

Para redução significativa dos custos e otimização da frota a coleta deve ser realizada em dois turnos.

Dessa forma tem-se, normalmente:

DIAS DE COLETA	PRIMEIRO TURNO	SEGUNDO TURNO
Segundas, quartas e sextas	1/4 dos itinerários	1/4 dos itinerários
Terças, quintas e sábados	1/4 dos itinerários	1/4 dos itinerários

Se, por exemplo, forem projetados 24 itinerários de coleta, efetuados com frequência de três vezes por semana, deve ser utilizada uma frota de  $24/4 = 6$  veículos de coleta (além de reserva de pelo menos 10% da frota).

É conveniente estabelecer turnos de 12 horas (dividindo-se o dia ao meio, mas trabalhando efetivamente cerca de oito horas por turno). Tem-se então, por exemplo, o primeiro turno iniciando às sete horas e o segundo turno às 19 horas, "sobrando" algum tempo para manutenção e reparos.

Em vias que possuem varrição pouco freqüente, é muito importante a LIMPEZA DA COLETA, ou seja, o recolhimento sem deixar resíduos.





Nos centros comerciais, a coleta deve ser noturna, quando as ruas estão com pouco movimento. Já em cidades turísticas deve-se estar atento para o período de uso mais intensivo das áreas por turistas, período no qual a coleta deverá ser evitada.

Sempre que possível, a varrição deve ser efetuada após a coleta, para recolher os eventuais resíduos derramados na operação.

Nos bairros estritamente residenciais, a coleta deve preferencialmente ser realizada durante o dia. Deve-se, entretanto, evitar fazer coleta em horários de grande movimento de veículos nas vias principais.

A coleta noturna deve ser cercada de cuidados em relação ao controle dos ruídos. As guarnições devem ser instruídas para não altear as vozes. O comando de anda/pára do veículo, por parte do líder da guarnição, deve ser efetuado através de interruptor luminoso, acionado na traseira do veículo, e o silenciador deve estar em perfeito estado. O motor não deve ser levado a alta rotação para apressar o ciclo de compactação, devendo existir um dispositivo automático de aceleração, sempre operante. Veículos mais modernos e silenciosos, talvez até elétricos, serão necessários no futuro, para atender às crescentes reclamações da população, especialmente nos grandes centros urbanos.

#### 8.1.5. Redimensionamento de itinerários de coleta domiciliar

O aumento ou diminuição da população, as mudanças de características de bairros e a existência do recolhimento irregular dos resíduos são alguns fatores que indicam a necessidade de redimensionamento dos roteiros de coleta. Vários elementos devem ser considerados:

- Guarnições de coleta
- Equilíbrio dos roteiros
- Local de início da coleta
- Verificação da geração do lixo domiciliar
- Cidades que não dispõem de balança para pesagem do lixo
- Traçado dos roteiros de coleta

## GUARNIÇÕES DE COLETA



Guarnição é o conjunto de trabalhadores lotados num veículo coletor, envolvidos na atividade de coleta do lixo.

Em cidades brasileiras observam-se guarnições de coleta que variam de dois a cinco trabalhadores por veículo. A tendência das municipalidades é adotar guarnições de três a quatro trabalhadores, sendo que as empresas prestadoras de serviços empregam em geral três trabalhadores por veículo.

## EQUILÍBRIO DOS ROTEIROS

Cada guarnição de coleta deve receber como tarefa uma mesma quantidade de trabalho, que resulte em um esforço físico equivalente. Em áreas com lixo concentrado, os garis carregam muito peso e percorrem pequena extensão de ruas. Inversamente, em áreas com pequena concentração de lixo, os garis carregam pouco peso e percorrem grande extensão. Em ambos os casos, o número de calorias despendidas será aproximadamente o mesmo. O conceito físico, como se pode concluir, é o do "trabalho", sendo:

$$\text{TRABALHO} = \text{FORÇA} \times \text{DESLOCAMENTO}$$

O método de redimensionamento aqui descrito é um dos mais simples e prevê a divisão da área a ser redimensionada em "subáreas" com densidades demográficas semelhantes, nas quais as concentrações de lixo (medidas em kg/m) variam pouco. Nessas "subáreas" é lícito fixar um mesmo tempo de trabalho. Evidentemente tem-se que levar também em conta as diferenças de vigor físico entre as pessoas. As guarnições devem, portanto, ser equilibradas inclusive nesse aspecto particular.

## LOCAL DE INÍCIO DA COLETA

Os roteiros devem ser planejados de tal forma que as guarnições comecem seu trabalho no ponto mais distante do local de destino do lixo e, com a progressão do trabalho, se movam na direção daquele local, reduzindo as distâncias (e o tempo) de percurso.

## VERIFICAÇÃO DA GERAÇÃO DO LIXO DOMICILIAR

É importante verificar a geração de resíduos sólidos nos domicílios, estabelecimentos públicos e no pequeno comércio, pois esses dados serão utilizados no dimensionamento dos roteiros necessários à coleta regular de lixo.

A pesquisa deve ser efetuada em bairros de classe econômica alta, média e baixa. Com base na projeção baseada em dados do último censo disponível, pode-se calcular a quantidade média do lixo gerado por uma pessoa por dia.

Este índice deve ser determinado com certo rigor técnico, pois pode variar entre 0,35 a 1,00kg por pessoa por dia. Nas cidades brasileiras, a geração é da ordem de 0,60 a 0,70kg/hab./dia.

Caso a produção de lixo por pessoa/dia seja, por exemplo, de 0,70kg e a população de 200 mil habitantes, o peso do lixo a ser recolhido por dia será de:

$$200 \text{ mil hab.} \times 0,70\text{kg/hab./dia} = 140.000\text{kg/dia}$$

Este dado fundamental deve ser levado em conta no dimensionamento do número de veículos a serem utilizados na coleta do lixo domiciliar.

A determinação da geração *per capita* pode ser efetuada quando dos estudos para determinação das características dos resíduos sólidos.

Eventualmente, na prática, o redimensionamento de roteiros de coleta poderá ser mais complexo, apresentando maior número de variáveis, que devem ser levadas em conta pelo projetista.

Realizado o redimensionamento, os novos itinerários podem ser implementados e, após cerca de duas semanas, ajustados em relação a detalhes que se revelem inadequados.

**CIDADES QUE  
NÃO DISPÕEM DE  
BALANÇA PARA  
PESAGEM DO LIXO**



Entende-se por "quadra" cada um dos lados de um quarteirão.

Se os locais de destino não possuírem balança, a carga de lixo dos veículos coletores deverá ser pesada buscando-se alternativas em balanças de empresas ou de órgãos públicos.

Se ainda assim isto não for possível, pode-se utilizar, para o redimensionamento de roteiros de coleta, um método aproximado e simplificado, baseado nos volumes de resíduos coletados, denominado "cubagem".

No método da "cubagem", deve-se utilizar um recipiente padrão, chamado "caçamba", com capacidade conhecida, por exemplo, 100 litros, para o qual deve ser transferido todo o lixo recolhido em cada ponto.

A caçamba, então, será esvaziada no vestíbulo de carga do caminhão coletor, contando-se as vezes que forem necessárias para transferir todo o lixo de uma quadra.

O método de cubagem consiste em:

- realizar cubagens por quadra nos dias de pico de produção durante a semana, em geral nas segundas e terças-feiras;

- anotar em mapa as cubagens em cada quadra, como exemplificado na Figura 4;
- somar progressivamente o número de caçambas por quadra, na ordem do roteiro planejado, até que a quantidade de caçambas atinja a capacidade de carga do veículo em cada uma das viagens em cada turno. A capacidade do veículo coletor pode ser medida em caçambas. Assim pode-se também determinar o número de caçambas por viagem e o número de viagens por turno, por veículo. Devem-se evitar, na escolha dos itinerários, percursos improdutivo do caminhão ao longo dos quais não haja coleta de lixo. Quando houver declividade acentuada, o recolhimento deve ser realizado de cima para baixo para poupar energia e economia de combustível;
- testar os novos roteiros na prática, medindo os tempos, a fim de proceder os ajustes necessários.

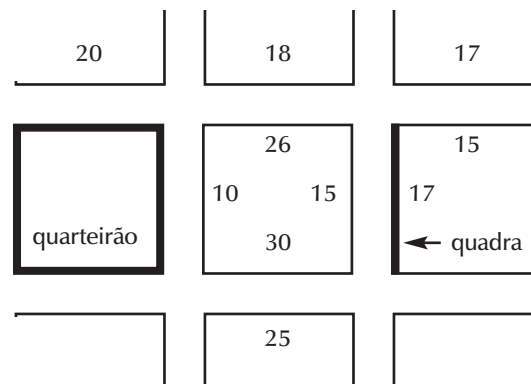


Figura 4

### TRAÇADO DOS ROTEIROS DE COLETA

Os itinerários de coleta devem ser projetados de maneira a minimizar os percursos improdutivo, isto é, ao longo dos quais não há coleta.

Um roteiro pode ser traçado buscando-se, através de tentativas, a melhor solução que atenda simultaneamente condicionantes tais como o sentido do tráfego das ruas, evitando manobras à esquerda em vias de mão dupla, assim como percursos duplicados e improdutivo. Costuma-se traçar os itinerários de coleta pelo método dito "heurístico", levando-se em conta o sentido do tráfego, as declividades acentuadas e a possibilidade de acesso e manobra dos veículos.

A Figura 5 exemplifica um percurso racional de um roteiro de coleta (método heurístico).

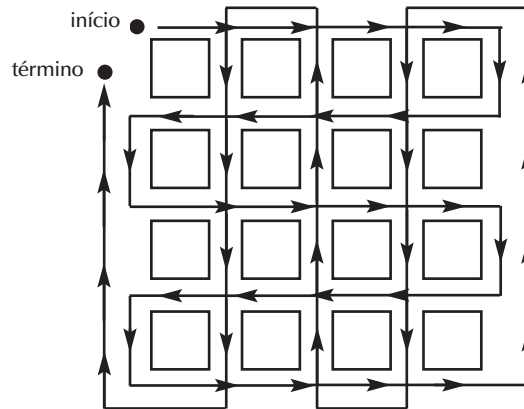


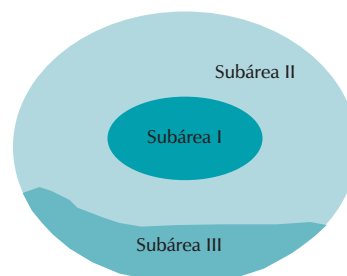
Figura 5 – Método heurístico de traçado de itinerários de coleta

### Método de Redimensionamento de Roteiros de Coleta

Basicamente, o método consiste em:

- dividir a cidade em subáreas;
- levantar e sistematizar as características de cada roteiro;
- analisar as informações levantadas;
- redimensionar os roteiros, tendo como premissas:
  - a exclusão (ou minimização) de horas extras de trabalho;
  - o estabelecimento de novos pesos de coleta por jornada;
  - as concentrações de lixo em cada área.

Divide-se a área da cidade a ter seus roteiros de coleta redimensionados em subáreas, com densidades demográficas semelhantes, por exemplo, as subáreas I, II e III. Suponha que a subárea II contenha atualmente oito itinerários de coleta, efetuados em dois turnos, três vezes por semana, por  $8/4 =$  dois veículos compactadores. O levantamento de dados do plano em vigor (atual) resulta na Tabela 13.



- Exemplo:
- I - Centro comercial
  - II - Subárea predominantemente residencial
  - III - Subárea de morros

Figura 6 – Divisão da cidade em áreas para roteiros de coleta

Tabela 13

Itinerários atuais – segundas e terças-feiras							
ROTEIROS	COMPRIMENTO DO ROTEIRO m (1)	PESO DE LIXO kg (2)	TEMPO MÉDIO DE TRABALHO h* (3)	Nº GARIS DA GUARNIÇÃO (4)	ÍNDICES		
					Kg/h (2)/(3)	Kg/m** (2)/(1)	Kg/gari (2)/(4)
01	14.250	16.400	8,20	4	2.000	1,15	4.100
02	13.180	14.200	7,72	4	1.839	1,08	3.550
03	14.600	17.300	8,75	4	1.977	1,18	4.325
04	16.410	19.500	8,99	4	2.169	1,19	4.875
05	15.120	18.100	9,78	4	1.851	1,20	4.525
06	18.040	17.400	8,65	4	2.012	0,96	4.350
07	13.870	15.600	9,36	4	1.667	1,12	3.900
08	15.660	18.300	10,01	4	1.828	1,17	4.575
Médias	15.141	17.100	8,93	4	1.915	1,13	4.275
Totais	–	153.900	–	–	–	–	–

\* horas calculadas em decimais.

\*\* kg/m = concentração de lixo.

Verifica-se que os tempos de trabalho estão elevados, resultando em horas extras. A coleta, nesse caso, é efetuada (por suposição) regularmente.

Supondo que se deseja concluir a coleta em oito horas de trabalho, para evitar horas extras, pode-se efetuar o cálculo dos novos pesos a serem coletados por jornada de trabalho, estabelecendo que será mantida a mesma produtividade dos garis.

$$P = \text{kg/h} \times T_c$$

Sendo  $T_c$  o tempo escolhido para a jornada de trabalho (=7,33 horas, no caso). Portanto:

$$\begin{aligned} P01 &= 2.000 \times 8 = 16.000\text{kg} \\ P02 &= 1.839 \times 8 = 14.712\text{kg} \\ P03 &= 1.977 \times 8 = 15.816\text{kg} \\ P04 &= 2.169 \times 8 = 17.352\text{kg} \\ P05 &= 1.851 \times 8 = 14.808\text{kg} \\ P06 &= 2.012 \times 8 = 16.096\text{kg} \\ P07 &= 1.667 \times 8 = 13.336\text{kg} \\ P08 &= 1.828 \times 8 = 14.624\text{kg} \\ \hline \text{Peso total} &= 112.744\text{kg} \\ \text{Peso médio} &= 15.343\text{kg} \end{aligned}$$

Como o peso do lixo a ser coletado é de 15.343kg, restarão para ser coletados:

$$153.900 - 112.744 = 31.156\text{kg}$$

Considerando que o peso médio dos novos roteiros será de aproximadamente 15.343kg/roteiro, serão necessários:

$$31.156\text{kg}/15.343\text{kg} = 2,03$$

2,03 novos roteiros, ou, aproximadamente, dois roteiros a mais, sendo um nas segundas, quartas e sextas e o outro nas terças, quintas e sábados.

Como nos itinerários futuros serão 10 roteiros, a média de peso por roteiro passará a ser:

$$153.900\text{kg}/10 \text{ roteiros} = 15.390\text{kg/roteiro futuro}$$

Os roteiros futuros serão desenhados no mapa considerando as concentrações do lixo em cada área (expressa em kg/m).

Para isso, multiplicam-se, para cada itinerário futuro, as extensões de vias pelas concentrações de lixo, até se obter pesos aproximados de 15.390kg/roteiro, aplicando-se a fórmula:

$$L \times C \cong P$$

Sendo:

L = extensão de vias do roteiro (m)

C = concentração de lixo (kg/m)

P = peso médio dos roteiros futuros (kg)

No caso exemplificado, o peso médio (aproximado) dos roteiros futuros será de 15.390 kg.

O número de viaturas será de:  $n^\circ \text{ roteiros}/4 = 2,5$  viaturas por turno (as mesmas do primeiro turno, ficando uma de reserva). Pode-se empregar então três viaturas no primeiro turno e duas viaturas no segundo turno. O tipo e a capacidade das três viaturas a serem utilizadas dependerão do número de viagens possíveis ao local de disposição final. Se, por exemplo, forem possíveis duas viagens às segundas e terças, a carga média por viagem será de  $15.390/2 = 7.695\text{kg}$ .

Em dias de chuva o peso do lixo aumenta cerca de 20%. Deve-se ainda considerar a atividade turística, que pode aumentar ou diminuir o lixo produzido.

Supondo que, para a hipotética região considerada, há aumento médio de 20% de lixo no verão, pode-se avaliar um acréscimo na geração de cerca de 40%. Cada roteiro teria, portanto, no verão,  $15.390 \times 1,4/2 = 10.773\text{kg}$ . Se forem utilizados veículos compactadores com capacidade para 12 toneladas/viagem, a coleta poderá ser realizada com folga e regularidade.



### 8.1.6. Veículos para coleta de lixo domiciliar

As viaturas de coleta e transporte de lixo domiciliar podem ser de dois tipos:

- **compactadoras:** no Brasil são utilizados equipamentos compactadores de carregamento traseiro ou lateral;
- **sem compactação:** conhecidas como Baú ou Prefeitura, com fechamento na carroceria por meio de portas corrediças.

Um bom veículo de coleta de lixo domiciliar deve possuir as seguintes características:

- não permitir derramamento do lixo ou do chorume na via pública;
- apresentar taxa de compactação de pelo menos 3:1, ou seja, cada 3m<sup>3</sup> de resíduos ficarão reduzidos, por compactação, a 1m<sup>3</sup>;
- apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos garis, ou seja, no máximo a 1,20m de altura em relação ao solo;
- possibilitar esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez;
- possuir carregamento traseiro, de preferência;

A coleta do lixo é uma operação perigosa para os garis. Quando o veículo pára, a guarnição fica sujeita a eventuais batidas de outras viaturas contra a traseira do compactador.

Pior ainda são as viaturas de carregamento lateral – os trabalhadores ficam sujeitos a atropelamentos.

Muito cuidado deve ser adotado com os mecanismos de compactação e com o transporte dos garis no caminhão.



Basculamento de contêineres

- dispor de local adequado para transporte dos trabalhadores;
- apresentar descarga rápida do lixo no destino (no máximo em três minutos);
- possuir compartimento de carregamento (vestíbulo) com capacidade para no mínimo 1,5m<sup>3</sup>;
- possuir capacidade adequada de manobra e de vencer aclives;
- possibilitar basculamento de contêineres de diversos tipos;
- distribuir adequadamente a carga no chassi do caminhão;
- apresentar capacidade adequada para o menor número de viagens ao destino, nas condições de cada área.

Deve-se escolher um tipo de veículo/equipamento de coleta que apresente o melhor custo/benefício. Em geral esta relação ótima é atingida utilizando-se a viatura que preencha o maior número de características de um bom veículo de coleta, listadas no início deste item.

Alguns exemplos:

- Baú
- Coletores compactadores
- Poliguindastes duplos para caixas estacionárias de 5m<sup>2</sup>

## BAÚ



Peso bruto total (PBT) =  
peso próprio do chassi +  
peso próprio da caçamba +  
peso da carga

O Baú é um veículo coletor de lixo, sem compactação, também denominado "Prefeitura". É utilizado em comunidades pequenas, com baixa densidade demográfica. Também é empregado em locais íngremes. O volume de sua caçamba pode variar de 4m<sup>3</sup> a 12m<sup>3</sup>. Ela é montada sobre chassi de veículo capaz de transportar respectivamente de 7 a 12t de peso bruto total (PBT).

A carga é vazada por meio do basculamento hidráulico da caçamba. Trata-se de um equipamento de baixo custo de aquisição e manutenção, mas sua produtividade é reduzida e exige muito esforço dos trabalhadores da coleta, que devem erguer o lixo até a borda da caçamba, com mais de dois metros de altura, relativamente alta se comparada com a altura da borda da boca de um coletor compactador, que é de cerca de um metro.

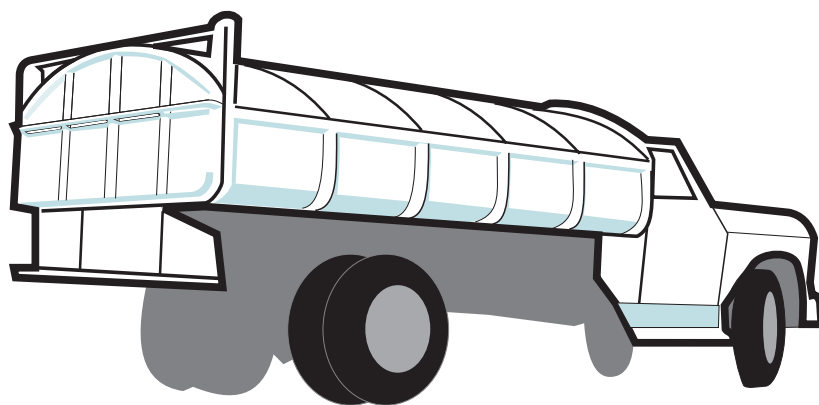


Figura 7 – Caminhão baú

## COLETORES COMPACTADORES

Coletor compactador de lixo, de carregamento traseiro, fabricado em aço, com capacidade volumétrica útil de 6, 10, 12, 15 e 19m<sup>3</sup>, montado em chassi com PBT compatível (9, 12, 14, 16 e 23t), podendo possuir dispositivo hidráulico para basculamento automático e independente de contêineres plásticos padronizados.

Esses tipos de equipamentos destinam-se à coleta de lixo domiciliar, público e comercial, e a descarga deve ocorrer nas estações de transferência, usinas de reciclagem ou nos aterros sanitários. Esses veículos transitam pelas áreas urbanas, suburbanas e rurais da cidade e nos seus municípios limítrofes. Rodam por vias e terrenos de piso irregular, acidentado e não pavimentado, como em geral ocorre nos aterros sanitários.



Coletor compactador – 6m<sup>3</sup>



Coletor compactador – 10 a 15m<sup>3</sup>



Coletor compactador – 19m<sup>3</sup>

**POLIGUINDASTES  
DUPLOS PARA CAIXAS  
ESTACIONÁRIAS DE 5M<sup>2</sup>**

Esse tipo de poliguindaste tem capacidade para transportar duas caixas estacionárias cheias, são mais econômicos do que os simples, que transportam apenas uma caixa.

Para grandes volumes de lixo domiciliar, podem ser utilizadas várias caixas compactadoras, com capacidade de 10m<sup>3</sup> a 30m<sup>3</sup> de lixo solto.

### 8.1.7. Ferramentas e utensílios utilizados na coleta do lixo domiciliar

É importante que a guarnição de trabalhadores realize a coleta sem deixar resíduos após a operação. Por isso é necessário o uso de uma vassoura de tamanho médio e de uma pá quadrada.

Uma vassoura média possui 22 orifícios, onde se prende cada um dos conjuntos de cerda da piaçava, chamados de tafulhos.

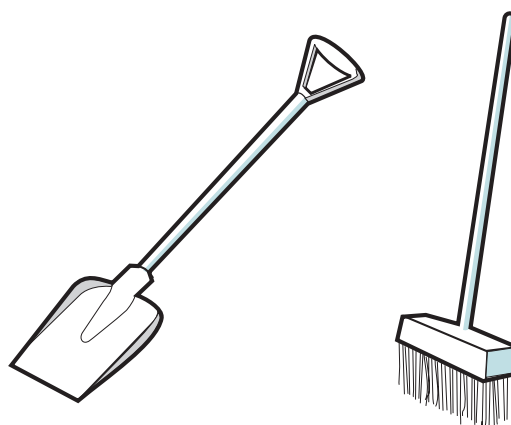


Figura 8 – Pá quadrada e vassoura média

### 8.2. Coleta e transporte de resíduos sólidos públicos

Os resíduos de varrição podem ser transportados em carrinhos revestidos internamente com sacos plásticos ou em contêineres intercambiáveis. Em logradouros íngremes podem ser empregados carrinhos de mão.

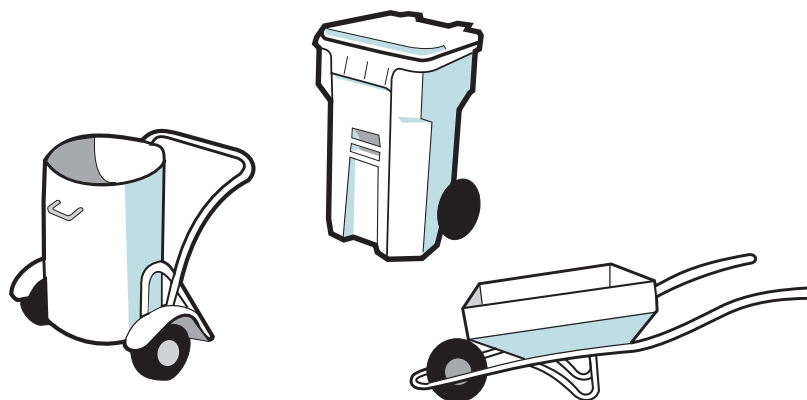


Figura 9 – Lutocar com recipiente intercambiável, carrinho de mão para vias íngremes e contêineres revestidos com sacos plásticos

Os resíduos públicos acondicionados em sacos plásticos podem ser removidos por caminhões coletores compactadores, com carregamento traseiro ou lateral.

Já os contêineres podem permanecer estacionados em terrenos ou nos estabelecimentos comerciais, aguardando sua descarga nos caminhões coletores compactadores, providos ou não de dispositivos de basculamento mecânico, para reduzir o esforço humano para içá-los até a boca de alimentação de lixo do carro.

### 8.2.1. Veículos e equipamentos utilizados na coleta do lixo público

- "Lutocar"
- Poliguindaste (para operação com caçambas de 7t e 5m<sup>3</sup>)
- Caminhão basculante "toco"
- Caminhão basculante trucado
- *Roll-on/roll-off*
- Carreta
- Pá carregadeira

#### "LUTOCAR"

Carrinho transportador manual de lixo, construído em tubos de aço, com recipiente aberto na parte superior para conter saco plástico.

Destina-se ao recebimento de resíduos sólidos coletados nos serviços de varredura das ruas, logradouros públicos, limpeza de ralos etc.

#### POLIGUINDASTE (PARA OPERAÇÃO COM CAÇAMBAS DE 7t E 5m<sup>3</sup>)

Guindaste de acionamento hidráulico, com capacidade mínima de 7t, montado em chassi de peso bruto total mínimo de 13,5t para içamento e transporte de caixas tipo "Brooks" que acumulam resíduos sólidos. O equipamento assim constituído poderá ser do tipo simples, para transporte de uma caixa de cada vez, ou duplo, para transporte de duas caixas de cada vez.

O conjunto assim constituído, apelidado de "canguru", destina-se à coleta, transporte, basculamento e deposição de caçambas ou contêineres de até 5m<sup>3</sup> de capacidade volumétrica, para acondicionamento de lixo público, lixo de favelas, entulhos etc.

Para ser produtivo, esse equipamento deve operar pequenas distâncias, entre o local onde as caixas ficam estacionadas e o local de descarga.



Caminhão coletor tipo poliguindaste

### CAMINHÃO BASCULANTE "TOCO"

Veículo curto, com apenas dois eixos (daí seu apelido de toco), para remoção de lixo público, entulho e terra, com caçamba de 5 a 8m<sup>3</sup> de capacidade. O equipamento deve ser montado em chassi que possua capacidade para transportar de 12 a 16t de PBT.

### CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO

Veículo longo, com três eixos, para remoção de lixo público, entulho e terra. Sua caçamba deve ter 12m<sup>3</sup> de capacidade e ser montada sobre chassi com capacidade para transportar 23t de PBT.



Em geral, o carregamento desse equipamento é realizado com uma pá carregadeira, para reduzir o esforço humano e aumentar a produtividade.

Caminhão basculante trucado

### ROLL-ON/ROLL-OFF

Caminhão coletor de lixo público, domiciliar ou industrial, operando com contêineres estacionários de 10 a 30m<sup>3</sup>, sem compactação (dependendo do peso específico) ou de 15m<sup>3</sup>, com compactação. Esse equipamento é dotado de dois elevadores para basculamento de contêineres plásticos de 120, 240 e 360 litros. Cada veículo pode operar com seis contêineres estacionários para obter boa produtividade.

O equipamento deve ser montado em chassi trucado (três eixos) com capacidade para transportar 23t de PBT.

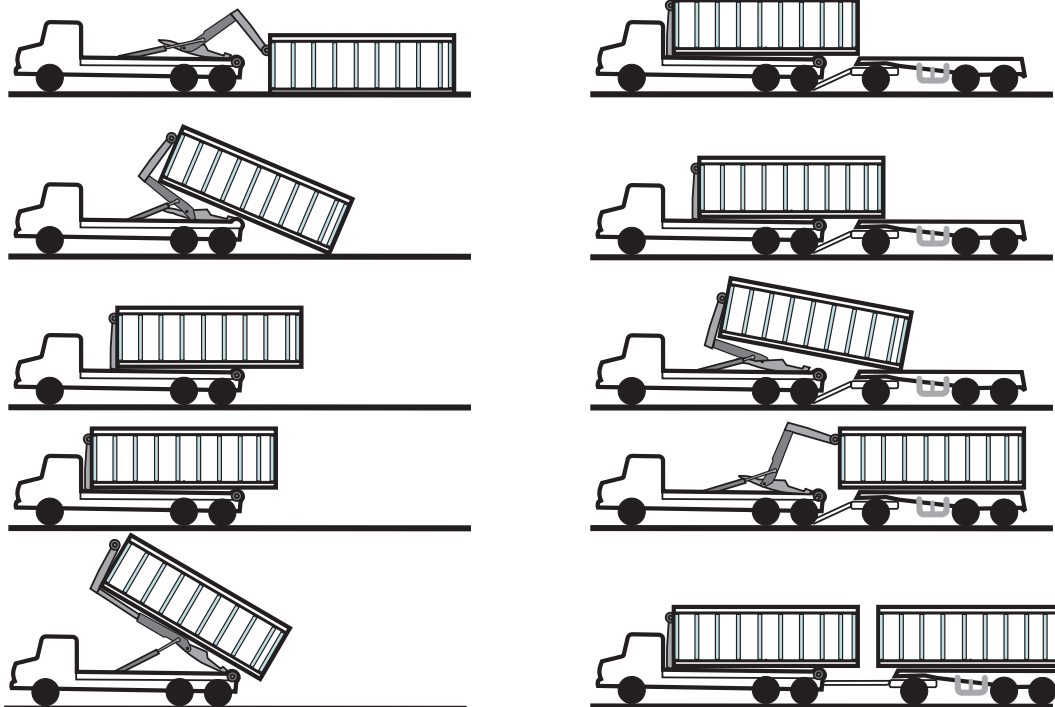


Figura 10 – Caminhão coletor tipo *Roll-On/Roll-Off*

## CARRETA

Semi-reboque basculante com capacidade de 25m<sup>3</sup>, tracionada por cavalo mecânico (4x2) com força de tração de 45t. É utilizada para transporte de entulho. Seu carregamento é feito por pá carregadeira e a descarga, no destino, pelo basculamento da caçamba.

A denominação "semi-reboque" identifica um equipamento cuja frente precisa ser apoiada em um outro veículo rebocador, chamado cavalo mecânico, constituindo ambos um sistema. O reboque comum não precisa ser apoiado na frente para ser rebocado.

Uma tela ou lona plástica é disposta na parte superior da caçamba para evitar que detritos sejam dispersos nas vias públicas pela ação do vento durante a locomoção do veículo.

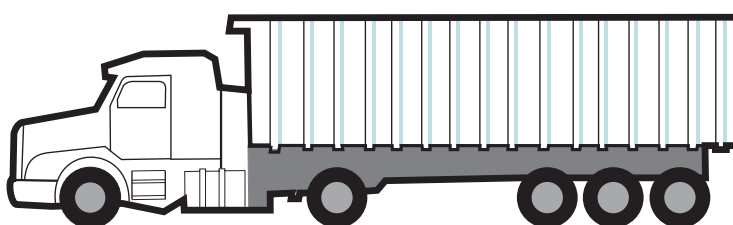


Figura 11 – Carreta

## PÁ CARREGADEIRA

Trator escavo-carregador com rodas usadas para amontoar terra, entulho, lama, lixo e encher os caminhões e carretas em operação nas vias públicas e nos aterros sanitários.

Para a operação em vias públicas, são usadas máquinas com caçamba de 1,5m<sup>3</sup>. Já para o carregamento de carretas, são necessárias máquinas com caçambas de 3m<sup>3</sup> para dar maior produtividade e por terem maior altura de carregamento.



Pá carregadeira



### 8.3. Coleta de lixo em cidades turísticas

A quantidade de lixo a ser coletada varia com a sazonalidade, seja ela turística ou de hábitos.

Uma vez que a variação devida à sazonalidade de hábitos (semanal ou mensal) praticamente não interfere com o dimensionamento da frota, este tópico restringir-se-á a procedimentos que devem ser adotados em cidades turísticas com o objetivo de manter a qualidade da coleta domiciliar nas épocas em que ocorre o afluxo das pessoas.

Basicamente as medidas a serem adotadas são:

- efetuar a coleta em horas extras, atentando para os limites da legislação trabalhista;
- aumentar o número de turnos de coleta, criando o segundo turno de trabalho ou até mesmo o terceiro turno;
- colocar a frota reserva em operação;
- contratar veículos extras.

Observe-se que essas medidas devem ser implementadas seqüencialmente, de modo a não onerar desnecessariamente a coleta.

Outros pontos importantes a serem levados em consideração são:

- o trânsito nessas cidades, em épocas de férias, tende a ficar congestionado, dificultando o descolamento dos veículos e aumentando o tempo de coleta. Por essa razão, a coleta de lixo nas cidades turísticas durante as férias e feriados prolongados deve ser realizada, preferencialmente, no período noturno, quando o tráfego é menos intenso;
- sempre que possível, a contratação de veículos extras deve ser realizada de forma programada, com antecedência, evitando-se assim a especulação de preços;
- em cidades praianas, onde os turistas se concentram numa região específica da cidade, como Praia do Forte (Bahia), Búzios (Rio de Janeiro) e Torres (Rio Grande do Sul), os roteiros de coleta das ruas da orla devem ser revisados e redimensionados, de modo a otimizar a utilização da frota.

Convém ressaltar que a redução da freqüência de coleta, ainda que seja uma medida econômica, jamais deve ser considerada, pois, quanto maior o tempo entre coletas sucessivas, maior a probabilidade de se criar pontos de lançamento inadequado de lixo nas ruas, prejudicando o aspecto sanitário e ambiental da cidade e afugentando os turistas.

### 8.4. Coleta de resíduos sólidos em favelas

As favelas existem em muitas cidades brasileiras e, em relação à coleta do lixo domiciliar, se caracterizam por:

- dificuldade de acesso para caminhão;
- acondicionamento do lixo precário ou inexistente;
- tendência dos moradores a livrar-se dos resíduos logo que gerados.



Acumulação de lixo em favela

Esses fatores devem ser levados em conta para que não ocorra acumulação de lixo a céu aberto, com graves consequências para a saúde pública, para o meio ambiente e para o aspecto estético da comunidade.

Para contornar as dificuldades de acesso nas 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 rebocando carretas ou pequenos veículos coletores, com ou sem compactação.

Microtrator com tração 4x2 para operação com carreta basculante de 2,5m<sup>3</sup>, constituída de aço ou madeira de lei, para a coleta de lixo domiciliar gerado em favelas. Essa composição destina-se ao apoio à coleta de lixo no interior de favelas e comunidades carentes, em locais íngremes, estreitos e não pavimentados, onde os veículos coletores compactadores não conseguem chegar.



Microtrator



Microtrator e carreta basculável

(4x2) – veículo com dois eixos com tração somente nas rodas traseiras.

(4x4) – veículo com dois eixos e tração nas quatro rodas.

Devem também ser providenciados recipientes para acondicionar o lixo, como contêineres plásticos, dotados de rodas e tampas.

A frequência da coleta também deve ser alterada – é conveniente o recolhimento diário dos resíduos.

Em várias cidades brasileiras (e de outros países) verificou-se que a contratação de garis comunitários, especialmente nas favelas com maiores problemas de coleta, tem apresentado bons resultados. Neste sistema, a prefeitura contrata a associação de moradores, que seleciona os trabalhadores que irão compor a equipe de coleta, capina, limpeza de canais. A coleta é realizada de modo manual nos locais onde, devido às características do sítio, os veículos têm acesso.

Existe, ainda, na contratação de garis comunitários, um aspecto importante a se destacar que diz respeito ao envolvimento do trabalhador na manutenção de seu local de moradia. Da mesma forma, os demais moradores da área sentem-se inibidos em sujar a área pública, uma vez que têm um vizinho a zelar pela sua limpeza.

Não se deve colocar caixas Brooks em favelas: elas não possuem tampas e deixam o lixo exposto. Atraem animais e insetos nocivos e a população, em legítima defesa, atea fogo no lixo.

## **8.5. Coleta de resíduos de serviços de saúde**

### **8.5.1. Conhecimento do problema**

A higiene ambiental dos estabelecimentos assistenciais à saúde – EAS –, ou simplesmente serviços de saúde (hospitais, clínicas, postos de saúde, clínicas veterinárias etc.), é fundamental para a redução de infecções, pois remove a poeira, os fluidos corporais e qualquer resíduo dos diversos equipamentos, dos pisos, paredes, tetos e mobiliário, por ação mecânica e com soluções germicidas. O transporte interno dos resíduos, o correto armazenamento e a posterior coleta e transporte completam as providências para a redução das infecções.

As taxas de geração de resíduos de serviços de saúde são vinculadas ao número de leitos. A Tabela 14 mostra as taxas de alguns países e na cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 14

Taxa de geração de lixo em serviços de saúde	
LOCAL	GERAÇÃO MÉDIA kg/leito/dia
Chile	0,97 – 1,21
Venezuela	3,10
Argentina	1,85 – 3,65
Peru	2,93
Paraguai	3,80
Brasil	2,63
Rio de Janeiro	3,98

Os resíduos de serviços de saúde classificam-se em infectantes, especiais e comuns.

As áreas hospitalares são classificadas em três categorias:

- **áreas críticas:** que apresentam maior risco de infecção, como salas de operação e parto, isolamento de doenças transmissíveis, laboratórios etc.;
- **áreas semicríticas:** que apresentam menor risco de contaminação, como áreas ocupadas por pacientes de doenças não-infecciosas ou não-transmissíveis, enfermarias, lavanderias, copa, cozinha etc.;
- **áreas não-críticas:** que teoricamente não apresentam riscos de transmissão de infecções, como salas de administração, depósitos etc.

### 8.5.2. Segregação de resíduos de serviços de saúde

Existem regras a seguir em relação à segregação (separação) de resíduos infectantes do lixo comum, nas unidades de serviços de saúde, quais sejam:

- todo resíduo infectante, no momento de sua geração, tem que ser disposto em recipiente próximo ao local de sua geração;
- os resíduos infectantes devem ser acondicionados em sacos plásticos brancos leitosos, em conformidade com as normas técnicas da ABNT, devidamente fechados;
- os resíduos perfurocortantes (agulhas, vidros etc.) devem ser acondicionados em recipientes especiais para este fim;
- os resíduos procedentes de análises clínicas, hemoterapia e pesquisa microbiológica têm que ser submetidos à esterilização no próprio local de geração;

- os resíduos infectantes compostos por membros, órgãos e tecidos de origem humana têm que ser dispostos, em separado, em sacos plásticos brancos leitosos, devidamente fechados.

### 8.5.3. Coleta separada de resíduos comuns, infectantes e especiais

Os resíduos infectantes e especiais devem ser coletados separadamente dos resíduos comuns. Os resíduos radioativos devem ser gerenciados em concordância com resoluções da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.

Os resíduos infectantes e parte dos resíduos especiais devem ser acondicionados em sacos plásticos brancos leitosos e colocados em contêineres basculáveis mecanicamente em caminhões especiais para coleta de resíduos de serviços de saúde. Tais resíduos representam no máximo 30% do total gerado.

Caso não exista segregação do lixo infectante e especial, os resíduos produzidos devem ser acondicionados, armazenados, coletados e dispostos como infectantes e especiais.

### 8.5.4. Viaturas para coleta e transporte dos resíduos de serviços de saúde

Para que os sacos plásticos contendo resíduos infectantes (ou não segregados) não venham a se romper, liberando líquidos ou ar contaminados, é necessário utilizar equipamentos de coleta que não possuam compactação e que, por medida de precaução adicional, sejam herméticos ou possuam dispositivos de captação de líquidos. Devem ser providos de dispositivos mecânicos de basculamento de contêineres.

O lixo comum deve ser coletado pela coleta normal ou ordinária.



Figura 12 - Viaturas para coleta de resíduos de serviços de saúde

- Coletor compactador
- Furgoneta ou furgão

### COLETOR COMPACTADOR



Caminhão compactador para coleta de lixo hospitalar

Trata-se de equipamento destinado à coleta de resíduos infectantes de serviços de saúde (hospitais, clínicas, postos de saúde). É equipado com carroceria basculante, de formato retangular ou cilíndrico, dotado de dispositivo de basculamento de contêineres na boca de carga, com a característica de ser totalmente estanque, possuir reservatório de chorume e ser menos ruidoso.

O equipamento deve operar com baixa taxa de compactação, para evitar o rompimento dos sacos plásticos que estão acondicionando os resíduos infectantes.

O descarregamento só deverá ser feito nas unidades de tratamento e disposição final desse tipo de resíduo.

### FURGONETA OU FURGÃO

Veículo leve, tipo furgão, com a cabine para passageiros independente do compartimento de carga, com capacidade para 500 quilos. O compartimento de carga é revestido com fibra de vidro para evitar o acúmulo de resíduos infectantes nos cantos e nas frestas, facilitando a lavagem e higienização.

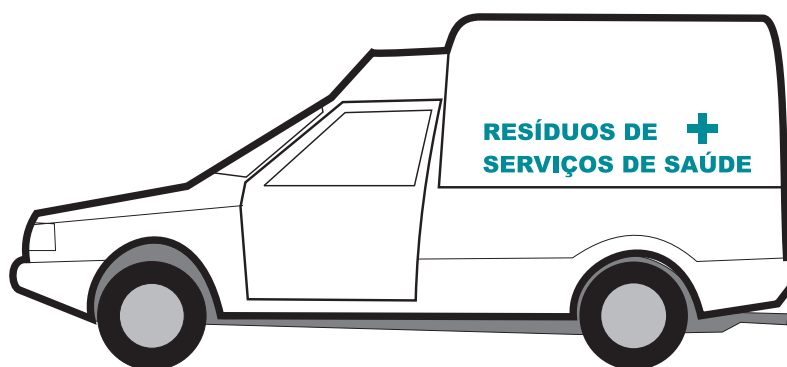


Figura 13 – Furgoneta para coleta de resíduos de serviços de saúde

#### 8.5.5. Freqüência da coleta

De acordo com as normas vigentes, a coleta de resíduos de serviços de saúde deve ser diária, inclusive aos domingos.

### **8.5.6. Coleta de materiais perfurocortantes**

Para o recolhimento de objetos cortantes ou perfurantes de farmácias, drogarias, laboratórios de análises, consultórios dentários e similares, é conveniente a utilização de furgões leves, com carroceria hermética e capacidade para cerca de 2m<sup>3</sup> de resíduos. Poderão descarregar no vestíbulo de carga dos equipamentos maiores de coleta de resíduos de serviços de saúde.



## 9. Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos

### 9.1. Conceituação

Nas cidades de médio e grande portes que sofrem forte expansão urbana, aumentam também as exigências ambientais e a resistência da população em aceitar a implantação, próximo as suas residências, de qualquer empreendimento ligado à disposição final de resíduos sólidos. Além do mais, os terrenos urbanos ficam muito caros para localização de aterro, que demanda áreas de grandes extensões, e assim os aterros sanitários estão sendo implantados cada vez mais distante dos centros da massa de geração de resíduos.

O aumento na distância entre o ponto de coleta dos resíduos e o aterro sanitário causa os seguintes problemas:

- atraso nos roteiros de coleta, alongando a exposição do lixo nas ruas;
- aumento do tempo improdutivo da guarnição de trabalhadores parados à espera do retorno do veículo que foi vazar sua carga no aterro;
- aumento do custo de transporte;
- redução da produtividade dos caminhões de coleta, que são veículos especiais e caros.

Para solução desses problemas, algumas municipalidades vêm optando pela implantação de estações de transferência ou de transbordo.

O transporte para o aterro sanitário dos resíduos descarregados nas estações de transferência é feito por veículos ou equipamento de maior porte e de menor custo unitário de transporte.



**As estações de transferência são unidades instaladas próximas ao centro de massa de geração de resíduos para que os caminhões de coleta, após cheios, façam a descarga e retornem rapidamente para complementar o roteiro de coleta.**

Os veículos ou equipamentos de transferência devem transportar pelo menos três vezes a carga de um caminhão de coleta.

Normalmente as estações de transferência são implantadas quando a distância entre o centro de massa de coleta e o aterro sanitário é superior a 25km. Em grandes cidades, onde as condições de tráfego rodoviário tornam extremamente lento os deslocamentos, é possível encontrar estações implantadas em locais cuja distância do aterro sanitário é inferior a 20Km.

A implantação de uma estação de transferência deve ser precedida de estudo de viabilidade que avalie seus ganhos econômicos e de qualidade para o sistema de coleta.

Com relação à modalidade de transporte, os sistemas de transferência podem ser:

- **Ferroviário:** indicado para longas distâncias ou para cidades que não apresentem boas condições de tráfego rodoviário. Necessita de sistema rodoviário complementar para transportar o lixo da área de desembarque de carga até as frentes de trabalho do aterro sanitário.
- **Marítimo:** mais empregado em longas distâncias, é ótima opção para cidades que contêm rios ou baías navegáveis. Os resíduos devem ser transportados preferencialmente em contêineres fechados, evitando-se o transporte do lixo a granel. Necessita de sistema rodoviário complementar para transportar o lixo da área de desembarque de carga até as frentes de trabalho do aterro sanitário.
- **Rodoviário:** sistema mais empregado, é recomendável para distâncias médias de transporte e para locais que não tenham o sistema de tráfego saturado.

## 9.2. Tipos de estações de transferência

- Estações com transbordo direto
- Estações com armazenamento:
  - Estações com compactação
  - Estações sem compactação

### ESTAÇÕES COM TRANSBORDO DIRETO

Muito empregadas no passado, contam com um desnível entre os pavimentos, para que os caminhões de coleta, posicionados em uma cota mais elevada, façam a descarga do lixo do caminhão de coleta diretamente no veículo de transferência.

Por não contarem com local para armazenamento de lixo, estas estações necessitam de uma maior frota de veículos de transferência para assegurar que os caminhões de coleta não fiquem retidos nas estações aguardando para efetuar a descarga dos resíduos.

### ESTAÇÕES COM ARMAZENAMENTO

Na maioria das cidades os roteiros de coleta de lixo domiciliar são sempre iniciados em um mesmo horário, sendo provável que os veículos terminem seus roteiros e cheguem na estação de transferência em uma mesma faixa de horário. A chegada simultânea de veículos torna imprescindível que a estação de transferência conte com um local para o armazenamento dos resíduos para absorver os chamados "picos" de vazamento.

O local de armazenamento, além de absorver os "picos" de vazamento, torna possível a operação do sistema com um menor número de veículos/equipamentos.

Entre os modelos de estações de transferência com armazenamento mais empregados destacam-se:

### ESTAÇÕES COM COMPACTAÇÃO

Essas estações têm como principal objetivo obter o aumento da massa específica dos resíduos visando à redução das despesas com transporte. O modelo mais tradicional conta com silo de armazenamento e desnível entre os pavimentos de carga e descarga. Um sistema hidráulico instalado no silo compacta os resíduos no interior dos veículos de transferência.

Quando adotado para sistemas de transporte rodoviário, é de fundamental importância a correta especificação dos veículos de transporte para que não sejam desobedecidos os limites de carga das rodovias.

### ESTAÇÕES SEM COMPACTAÇÃO

Alguns projetos utilizam silos de armazenamento para recebimento dos resíduos transportados pelos veículos de coleta. Um equipamento do tipo escavadeira hidráulica retira os resíduos dos silos e faz o carregamento dos veículos de transferência. Este modelo é o mais apropriado para estações que movimentem até 1.000t/dia. Sua adoção para unidades de maior porte poderá onerar demasiadamente as obras civis.

Outro modelo bastante empregado são as estações com armazenamento dos resíduos em pátio. Essas estações devem contar com pátio pavimentado, cobertura e fechamento lateral, a fim de evitar a exposição dos resíduos e conferir melhor padrão estético às instalações.

O carregamento dos resíduos nos veículos de transferência pode ser feito através de escavadeiras hidráulicas ou pás carregadeiras. Este modelo propicia bastante velocidade na descarga dos veículos de coleta e no carregamento dos veículos de transferência, podendo ser empregado para estações de pequeno e grande portes.

### 9.3. Viaturas e equipamentos para estações de transferência

Podem ser utilizadas caixas do tipo *roll-on/roll-off*, intercambiáveis por meio de veículos dotados de guindastes ou carretas (com ou sem compactação).

- Carreta de 45m<sup>3</sup>
- Carreta com fundo móvel

#### CARRETA DE 45M<sup>3</sup>

Semi-reboque basculante, tracionado por cavalo mecânico (4x2) de 45 toneladas de força de tração, é utilizado para transporte do lixo das estações de transferência até o destino final. O enchimento é feito por rampa de transbordo, pá carregadeira ou escavadeira hidráulica, e a descarga por meio do basculamento da caçamba.

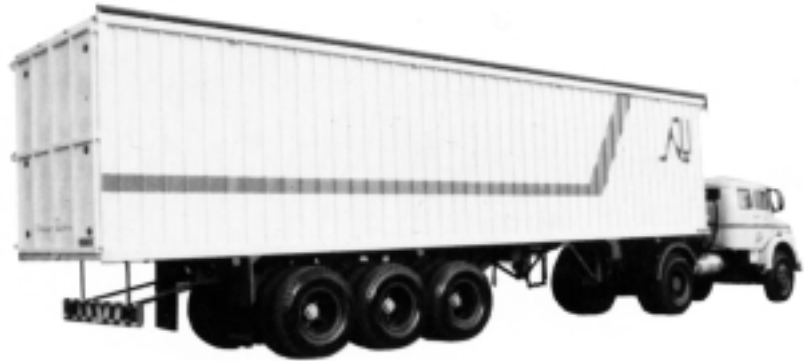


Semi-reboque basculante de 45m<sup>3</sup>

#### CARRETA COM FUNDO MÓVEL

Semi-reboque com capacidade para 70m<sup>3</sup>, tracionado por cavalo mecânico (4x2) de 45 toneladas de força de tração. É utilizada no transporte de lixo das estações de transferência até o destino final. O enchimento é feito por rampa de transbordo, pá carregadeira ou escavadeira hidráulica, e a descarga, pelo movimento alternado das régua do fundo móvel.

Em todas as carretas deve-se usar uma tela ou lona plástica na parte superior da caixa de carga para evitar que caiam detritos nas vias públicas pela ação do vento.



Semi-reboque de 70m<sup>3</sup>, com fundo móvel

## 10. Limpeza de Logradouros Públicos

### 10.1. A Importância da limpeza dos logradouros públicos

#### 10.1.1. Aspectos históricos

Até meados do século XIX, uma típica rua residencial de uma cidade era o depósito não só de pequenos detritos, mas também de restos de comida e de significativas quantidades de excrementos animais e humanos. Na Europa, a imundice da Idade Média é bem conhecida, assim como as pestes e epidemias que dela resultaram.

Não obstante, em diversas cidades do mundo existem, há muitos séculos, leis e disposições municipais proibindo jogar lixo e objetos na rua.

Durante o século XIX, com o desenvolvimento da medicina e engenharia sanitárias, reconheceu-se desde logo que os dejetos humanos, se não tivessem coleta, tratamento e destino adequados, eram uma potente fonte de doenças, que poderiam levar a epidemias explosivas.

A substituição da tração animal pelos transportes a motor também resultou na eliminação de outra parcela de resíduos dos logradouros: os dejetos animais, em sua quase totalidade (excetuando-se a parcela referente aos cães).

Ainda no século XIX foi descoberta a relação entre os ratos, moscas e baratas, o lançamento de lixo nas ruas e a forma de transmissão de doenças através desses vetores. Começaram então a ser tomadas providências efetivas para que o lixo fosse coletado nos domicílios, em vez de permitir que o mesmo fosse simplesmente atirado às ruas ou em terrenos.

A pavimentação das vias públicas e o ensino de princípios de higiene e saúde pública nas escolas também contribuíram para a redução dos resíduos nos logradouros.

#### 10.1.2. Aspectos sanitários

Os principais motivos sanitários para que as ruas sejam mantidas limpas são:

- prevenir doenças resultantes da proliferação de vetores em depósitos de lixo nas ruas ou em terrenos baldios;
- evitar danos à saúde resultantes de poeira em contato com os olhos, ouvidos, nariz e garganta.

As moscas e ratos que proliferam no lixo podem transmitir muitas enfermidades. São os chamados "vetores" de doenças.

### 10.1.3. Aspectos estéticos

A limpeza das ruas é de interesse comunitário e deve ser tratada priorizando o aspecto coletivo em relação ao individual, respeitando os anseios da maioria dos cidadãos.

Uma cidade limpa instila orgulho a seus habitantes, melhora a aparência da comunidade, ajuda a atrair novos residentes e turistas, valoriza os imóveis e movimentam os negócios.



Os aspectos estéticos associados à limpeza de logradouros públicos são fortes colaboradores nas políticas e ações de incremento da imagem das cidades turísticas. Não obstante a importância dos aspectos históricos, paisagísticos e culturais no contexto do turismo de uma cidade, dificilmente um visitante fará propaganda positiva de um lugar onde tenha encontrado a estética urbana comprometida pela falta de limpeza. Da mesma forma que o turista cobra a limpeza da cidade, é conveniente lembrar que, muitas vezes, ele próprio se coloca como um agente que contribui para o cenário oposto.

Em geral, o turista não tem vínculo afetivo com o local visitado: ele é um mero visitante, um consumidor do espaço. Daí as relações de apreço serem menos intensas, uma vez comparadas às dos moradores. De um modo geral, as pessoas cuidam melhor de suas casas do que dos espaços que não lhes pertencem.

Com base nessa constatação, ressalta-se a importância de as administrações públicas de cidades turísticas estarem atentas para a necessidade de implantação de campanhas de limpeza urbana endereçadas especificamente aos seus visitantes, com vistas à manutenção dos aspectos estéticos urbanos e, conseqüentemente, à contribuição das condições sanitárias do meio.

### 10.1.4. Aspectos de segurança

É importante manter as ruas limpas também por razões de segurança:

- prevenindo danos a veículos, causados por impedimentos ao tráfego, como galhadas e objetos cortantes;



- promovendo a segurança do tráfego, pois a poeira e a terra podem causar derrapagens de veículos, assim como folhas e capim secos podem causar incêndios;
- evitando o entupimento do sistema de drenagem de águas pluviais.

## 10.2. Resíduos encontrados nos logradouros

Os resíduos comumente encontrados nos logradouros urbanizados são:

- partículas resultantes da abrasão da pavimentação;
- borracha de pneus e resíduos de pastilhas e lonas de freios;
- areia e terra trazidas por veículos ou provenientes de terrenos ou encostas;
- folhas e galhos de árvores, mato e ervas daninhas;
- papéis, plásticos, jornais, embalagens;
- lixo domiciliar (geralmente em pequenas quantidades, principalmente em alguns terrenos baldios e em áreas próximas a favelas);
- dejetos de cães e de outros animais (também em pequena quantidade);
- partículas resultantes da poluição atmosférica.



Logradouro considerado "sujo", com papéis e plásticos nas sarjetas



Logradouro considerado "limpo", sem resíduos aparentes

Na realidade, os detritos que mais ferem o senso de higiene e limpeza dos cidadãos são os papéis, plásticos, embalagens e restos de comida atirados às ruas. Uma sarjeta com um pouco de terra e resíduos resultantes da abrasão da pavimentação não é considerada "suja" para a população, e sim os papéis e plásticos que se associam ao "lixo" (que produz mau cheiro, tem mau aspecto e atrai animais indesejáveis).

Os serviços de limpeza dos logradouros costumam cobrir atividades como:

- varrição;
- capina e raspagem;
- roçagem;
- limpeza de ralos;
- limpeza de feiras;
- serviços de remoção;
- limpeza de praias.

Contemplam, ainda, atividades como desobstrução de ramais e galerias, desinfestação e desinfecções, poda de árvores, pintura de meio-fio e lavagem de logradouros públicos.

### 10.3. Serviços de varrição

#### 10.3.1. Aspectos construtivos das vias urbanas

Nos logradouros, a maior parte dos detritos é encontrada nas sarjetas (até cerca de 60cm do meio-fio), devido ao deslocamento de ar causado pelos veículos, que "empurra" o lixo para o meio-fio.

Não há sujeira nas pistas de rolamento, exceto se praticamente não houver tráfego de veículos.

Além disso, as chuvas se encarregam de levar os detritos para junto do meio-fio, na direção dos ralos, devido à forma abaulada da seção transversal do leito das ruas. A sarjeta é, na realidade, uma "calha", projetada para conduzir as águas pluviais.

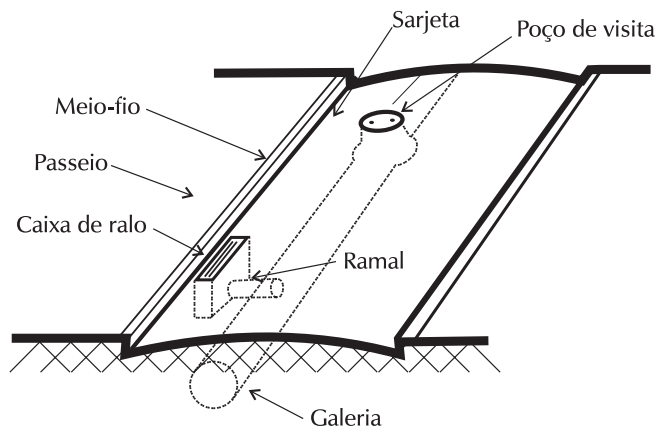


Figura 14 – Seção transversal de uma via pública

### 10.3.2. Redimensionando roteiros de varrição manual

- Levantamento do plano atual de varrição
- Qualidade da varrição
- Testes de produtividade
- Definição dos pontos formadores de opinião
- Definição das freqüências de varrição
- Traçado do novo plano de varrição

#### LEVANTAMENTO DO PLANO ATUAL DE VARRIÇÃO

O plano de varrição, contendo os roteiros realmente executados, deve ser verificado e conferido. Nesse plano devem constar os trechos de ruas varridos para cada roteiro, as respectivas extensões (expressas em metros lineares de sarjeta e passeio) e as guarnições.

#### QUALIDADE DA VARRIÇÃO

Como não existe processo para determinar com certeza qual o grau, qualidade ou padrão de limpeza que deve ser aplicado a cada logradouro, os responsáveis pela limpeza urbana são forçados a aplicar seu próprio julgamento. Determinarão os métodos e a freqüência de limpeza e julgarão a aprovação ou desaprovação da população pelo número e caráter das reclamações e sugestões.

No entanto, é possível conseguir indicações prévias do julgamento da opinião pública em relação à limpeza. Recomenda-se efetuar pesquisa de opinião, verificar reclamações anteriormente recebidas e consultar matérias veiculadas pela mídia.

#### TESTES DE PRODUTIVIDADE

Como cada cidade tem suas características, seus costumes e sua cultura, é conveniente realizar um teste prático para avaliar qual é a produtividade de varrição dos trabalhadores, ou seja, quantos metros de sarjeta e passeios podem ser varridos por trabalhador por turno.

Costuma-se estabelecer este índice, fundamental para o redimensionamento de roteiros, em ruas tipicamente residenciais, comerciais, principais (vias de penetração) e turísticas.

Para isto, escolhem-se trabalhadores de rendimento médio e determinam-se, por um período de aproximadamente 15 dias, as distâncias que cada um consegue varrer, em cada tipo de logradouro. Calculam-se então as médias, eliminando as medições que se revelarem inconsistentes.

### DEFINIÇÃO DOS PONTOS FORMADORES DE OPINIÃO

São os logradouros que possuem propriedades para permanecer limpos, aqueles que formam a opinião da população (e dos turistas) em relação à limpeza da cidade. Estes locais devem ser fotografados, para que futuras observações do estado de limpeza tenham um elemento de comparação.



São pontos formadores de opinião os locais turísticos, os centros comerciais, as vias principais e as entradas e saídas da cidade.

### DEFINIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE VARRIÇÃO

Devem-se escolher as frequências mínimas de varrição para que os logradouros apresentem a qualidade de limpeza estabelecida.

Se uma via for varrida diariamente, por exemplo, haverá necessidade de duas vezes mais trabalhadores do que se a mesma for varrida em dias alternados.

### TRAÇADO DO NOVO PLANO DE VARRIÇÃO

De posse do plano atual, dos índices de produtividade determinados (metros de sarjeta e passeios a serem varridos por trabalhador, em cada tipo de logradouro), dos pontos formadores de opinião e das frequências mínimas de varrição, pode-se traçar o novo plano, em mapa, na escala de 1:10.000 a 1:15.000.

Após a entrada em vigor do novo plano, deve ser verificado o estado de limpeza alcançado por meio de fotos e avaliada a reação da população, através de pesquisas e controle de reclamações. Após essas verificações, devem-se fazer os ajustes necessários.

Pode-se usar de um a três trabalhadores por roteiro, sendo recomendado apenas um por itinerário, para definir responsabilidades e facilitar a fiscalização.

### 10.3.3. Utensílios, ferramentas e vestuário

As ferramentas e utensílios manuais de varrição são os seguintes:

- vassoura grande – tipo "madeira" (usada no Rio de Janeiro) e tipo "vassourão", usada em várias cidades. Suas cerdas podem ser de piaçava ou de plástico;
- vassoura pequena e pá quadrada, usadas para recolher resíduos e varrer o local;
- chaves de abertura de ralos;
- enxada para limpeza de ralos.

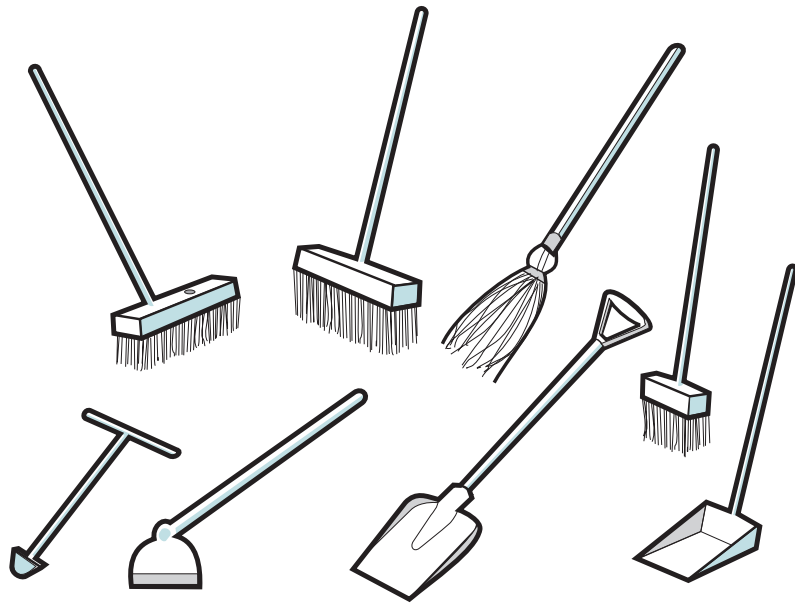


Figura 15 – Vassoura moderna, vassourão, vassoura de bruxa, vassoura pequena, chave para ralo, enxada para limpeza de ralo, pá quadrada e pá especial para varrição

O vestuário a ser utilizado pode ser o mesmo da maioria dos serviços de limpeza urbana: calça, blusão, borzeguim e boné.



Varrição manual

Por razões de segurança, é conveniente a utilização de faixas reflexivas no uniforme, utilíssimas especialmente para o trabalho noturno.



Por razões de segurança, o transporte de trabalhadores deve ser feito por ônibus ou caminhões especialmente adaptados.

### 10.3.4. Tarefas do varredor

A cada varredor compete:

- recolher lixo domiciliar espalhado na rua (não acondicionado);
- efetuar a varrição do passeio e da sarjeta no roteiro determinado;
- esvaziar as caixas coletoras de papéis (papeleiras);
- arrancar o mato da sarjeta e ao redor das árvores e postes (uma vez cada 15 dias);
- limpar os ralos do roteiro.

### 10.3.5. Varrição mecanizada

Uma varredeira mecânica de grande porte pode varrer, em média, cerca de 30km de sarjeta por turno. Considerando-se que um trabalhador varre em média 2km de sarjeta por turno, a varredeira substituiria cerca de 15 varredores manuais.

O custo do aluguel de uma varredeira mecânica de grande porte é de cerca de R\$13.000,00/mês, enquanto o custo com um varredor (salários mais encargos sociais) é de aproximadamente R\$730,00/mês (dados relativos ao Rio de Janeiro no mês de setembro de 2001).

Verifica-se, portanto, que o custo de uma varredeira equivale a:

$$\frac{\text{R\$13.000,00/mês (varredeira)}}{\text{R\$730,00/mês (varredor)}} = 17,8 \text{ varredores}$$

Considerando-se que é importante gerar emprego no país para o imenso contingente de cidadãos com pouca ou nenhuma especialização, é mais conveniente utilizar-se a varrição normal. Mas, há exceções: vias com grande movimento de trânsito rápido, túneis e viadutos apresentam grande perigo para varrição manual. Nestes casos, é aconselhável a varrição mecanizada.



Em locais turísticos e centrais podem ser utilizadas varredeiras de pequeno porte, que causam impacto positivo ao público, chamando a atenção pelo esforço e recursos despendidos pela prefeitura com a limpeza urbana.



Varredeira mecânica de pequeno porte

É preciso lembrar que as varredeiras de grande porte só varrem sarjetas, devendo ser utilizadas em vias de grande fluxo de veículos, mas de pequeno movimento de pedestres.

- Minivarredeira
- Varredeira mecânica
- Varredeira mecânica sobre chassi
- Varredeira mecânica de grande porte
- Minivácuo

### MINIVARREDEIRA



Equipamento autopropelido, com aspiração, dotado de duas vassouras frontais e bicos aspersores de água para minimizar a ação da poeira.

Trata-se de equipamento utilizado na varrição mecanizada de logradouros. Em geral, esses equipamentos despertam a curiosidade pública, chamando atenção da população para os cuidados e a modernização do sistema de limpeza urbana da cidade implantado pela prefeitura.

Minivarredeira

### VARREDEIRA MECÂNICA

Equipamento de porte médio, autopropelido, sem aspiração, com recipiente de 2,3m<sup>3</sup>, dotado de duas vassouras frontais e uma central, com bicos aspersores para minimizar a suspensão de poeira durante a operação.

Como todas as demais varredeiras autopropelidas, este equipamento também não tem fabricantes no Brasil. É utilizado na varrição de logradouros por onde trafegam veículos em alta velocidade, tornando-se um bom substituto para a varrição manual nos locais que apresentam risco de atropelamento para os varredores.



Figura 16 – Varredeira mecânica



**VARREDEIRA  
MECÂNICA SOBRE  
CHASSI**

Equipamento com capacidade para 6m<sup>3</sup>, dotado de aspiração por meio de ventoinha e motor auxiliar, montado sobre chassi com capacidade para transportar 14t de PBT. Essa máquina possui uma vassoura lateral e outra central, acionadas por motores hidráulicos, incluindo bicos aspersores para evitar a suspensão de poeira.

**VARREDEIRA  
MECÂNICA DE  
GRANDE PORTE**

Equipamento autopropelido, com aspiração. Possui recipiente com 2,5m<sup>3</sup> de capacidade e é dotado de duas vassouras laterais e uma central, com bicos aspersores para minimizar a suspensão de poeira.

Esse equipamento também é utilizado na varrição mecanizada de túneis, viadutos, vias públicas extensas, com alto tráfego. O recipiente de detritos, quando cheio, pode ser despejado diretamente na carroceria de um caminhão basculante operando em comboio, evitando assim o deslocamento da própria varredeira para despejar sua carga no local de transbordo.



Varredeira mecânica de grande porte

**MINIVÁCUO**



Minivácuo aspirador que, por meio de mangote flexível manejado pelo operador, succiona pequenos detritos. Pela semelhança com a tromba de um elefante, esse equipamento é apelidado de "elefantinho".

É um equipamento importado, utilizado na limpeza de ciclovias, calçadas e parques.

Minivácuo

## 10.4. Serviços de capina e raspagem



Logradouro necessitando raspagem de terra na sarjeta

Quando não é efetuada varrição regular, ou quando chuvas carregam detritos para logradouros, as sarjetas acumulam terra, onde em geral crescem mato e ervas daninhas.

Torna-se necessário, então, serviços de capina do mato e de raspagem da terra das sarjetas, para restabelecer as condições de drenagem e evitar o mau aspecto das vias públicas.

Esses serviços são executados em geral com enxadas de 3½ libras, bem afiadas, sendo os resíduos removidos com pás quadradas ou forcados de quatro dentes. Quando a terra se encontra muito compactada é comum o uso da enxada ou chibanca para raspá-la. Para a lama, utiliza-se a raspadeira.

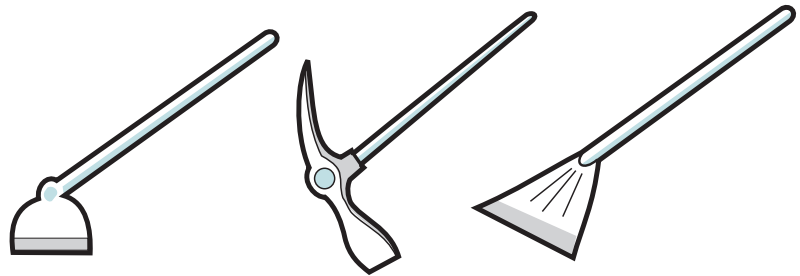


Figura 17 – Enxada, chibanca e raspadeira

Podem ser utilizados ancinhos para o acabamento da capina. O acabamento da limpeza é feito com vassouras. Juntamente com a capina e a raspagem, é importante efetuar a limpeza dos ralos, que em geral se encontram obstruídos quando as sarjetas estão cobertas com terra e mato.

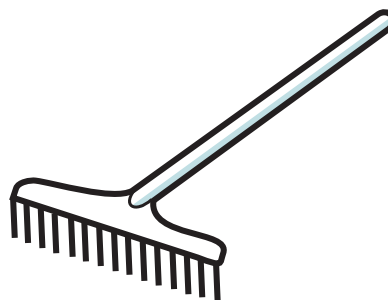


Figura 18 – Ancinho

Quando a quantidade de terra é muito grande, em geral devido a chuvas fortes em vias próximas a encostas, utilizam-se pás mecânicas de pequeno ou grande portes para raspagem, conforme a quantidade de resíduos e as condições de acesso e manobra.

### 10.5. Serviços de roçagem

Quando o capim e o mato estão altos, utilizam-se as foices do tipo roçadeira ou gavião, que também são úteis para cortar galhos.

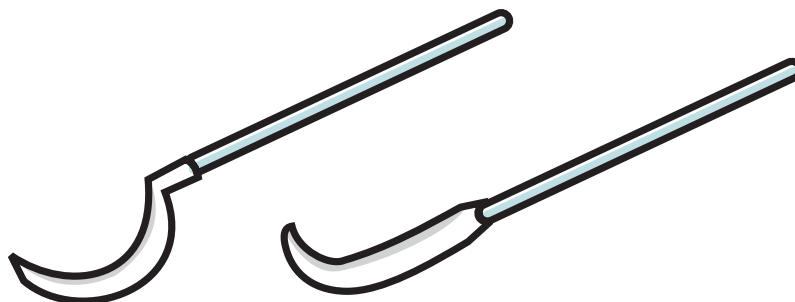


Figura 19 – Foice roçadeira e foice gavião

Para a roçagem da grama, utilizam-se alfanjes.

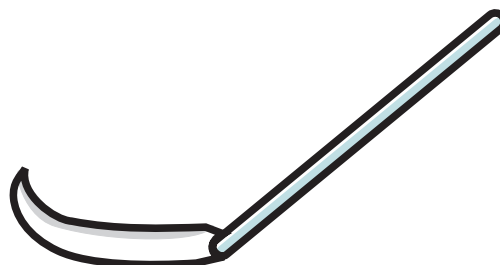


Figura 20 – Alfanje

O corte do mato e ervas daninhas pode ser feito manualmente com foices ou alfanjes, porém com resultados medíocres em relação à qualidade e produtividade (apenas cerca de 100m<sup>2</sup>/trabalhador/dia).

Existem atualmente ceifadeiras mecânicas portáteis (carregadas nas costas dos operadores) e ceifadeiras montadas em tratores de pequeno, médio e grande portes, que possuem elevada qualidade e produtividade no corte da vegetação.

As ceifadeiras portáteis são mais indicadas para terrenos acidentados e para locais de difícil acesso para ceifadeiras maiores. Possuem rendimento aproximado de 800m<sup>2</sup>/máquina/dia.

As ceifadeiras acopladas a tratores são indicadas para terrenos relativamente planos, possuindo rendimento de 2.000 a 3.000m<sup>2</sup>/máquina/dia. Para acostamentos de estradas podem ser utilizadas ceifadeiras com braços articulados, montadas lateralmente em tratores agrícolas.



Ceifadeira portátil (costal)



Ceifadeira acoplada a trator

É sempre conveniente ajuntar, no mesmo dia, o mato cortado e o lixo (que invariavelmente fica exposto), utilizando-se vassouras de aço ou ancinhos. O lixo deve ser ensacado e o mato cortado pode ser amontoado, à espera de remoção, que não deve demorar mais que um a dois dias, para evitar queima ou espalhamento dos resíduos. Para ajuntamento e remoção dos resíduos devem-se utilizar os forcados de quatro dentes e vassouras de mato.

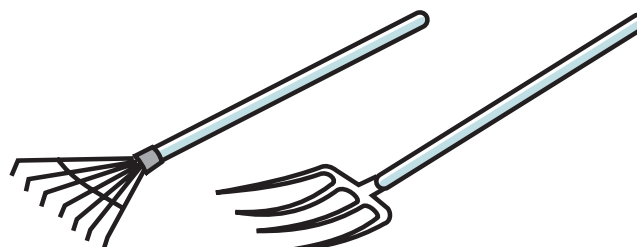


Figura 21 – Forcado de quatro dentes e vassoura de mato

### 10.5.1. Equipamentos mecânicos para roçagem de mato

- Roçadeira
- Motosserra
- Braço roçador
- Microtrator aparador de grama
- Roçadeira rebocada
- Triturador de galhos estacionário ou rebocado

**ROÇADEIRA**

Acionada por motor a gasolina, a rotação é transmitida ao cabeçote de corte por um cabo flexível. O corte pode ser feito com o emprego de lâmina, disco ou fio de *nylon*, conforme o tipo de vegetação a ser roçada. O fio de *nylon* é mais indicado para vegetação leve, grama e áreas de arremate, enquanto o disco serrilhado e a lâmina são apropriados para pequenos arbustos em crescimento, como o capim colônia. Sua vida útil é reduzida e estimada em apenas 2 mil horas, ao fim da qual o custo de manutenção é muito alto.

Seu peso é de aproximadamente 11kg e devem ser tomadas precauções quanto ao isolamento da área próxima ao local de trabalho, pois as lâminas em alta rotação podem lançar objetos tais como pequenas pedras existentes sob a vegetação, com risco de ferir pessoas ou animais.



Roçadeira costal

**MOTOSSERRA**

Equipamento acionado por motor a gasolina de dois tempos. É utilizado para poda e corte de árvores ou grandes galhadas na iminência de tombar, causando acidente, principalmente após temporais e ventanias.



Motosserra

**BRAÇO ROÇADOR**

É um braço hidráulico com rodas acoplado à traseira de um trator agrícola de porte médio. Na extremidade do braço tem uma roçadeira dotada com eixo giratório com facas, acionado por motor hidráulico. É utilizado para roçar áreas extensas lineares como acostamento de estradas e taludes.



Braço roçador

### **MICROTRATOR APARADOR DE GRAMA**

É um equipamento de dimensões reduzidas, sobre rodas, com uma lâmina central. É indicado para grandes áreas gramadas planas sem irregularidades. O equipamento não faz arremate, porém oferece a segurança de não lançar objetos (pedras) nas proximidades da área de trabalho.



Microtrator aparador de grama

### **ROÇADEIRA REBOCADA**

Equipamento rebocado por trator agrícola. Tem largura de corte de até 1,20m e é indicado para locais relativamente planos. Outra característica sua é o fato de não lançar o material roçado nas proximidades da área de trabalho.



Roçadeira rebocável



**TRITURADOR DE GALHOS ESTACIONÁRIO OU REBOCADO**

Trata-se de equipamento acionado por motor diesel. Os galhos e folhas, após serem picados, são conduzidos por um tubo para uma carroceria de caminhão basculante ou contêiner. Sua utilização é indicada para locais de grande concentração de áreas verdes em que a população com grande frequência faz poda na vegetação.



Triturador de galhos

### 10.6. Serviços de limpeza de ralos

A limpeza dos ralos é normalmente atribuída ao órgão de limpeza urbana, porque alguns varredores costumam conduzir os detritos para os ralos, entupindo-os progressivamente. Se os próprios varredores forem os encarregados da limpeza dos ralos, esta prática diminuirá bastante.

Para retirar ou abrir a grelha, usam-se chaves de ralo. Se a grelha estiver presa, usam-se alavancas. Recapeamentos no asfalto podem cobrir parcialmente as grelhas, devendo ser cortadas com talhadeiras e marretas. Essas operações devem ser realizadas com cuidado, de modo a não quebrar as grelhas. Os mesmos cuidados devem ser adotados no caso de bocas-de-lobo ou outros tipos de dispositivos de captação de águas pluviais.

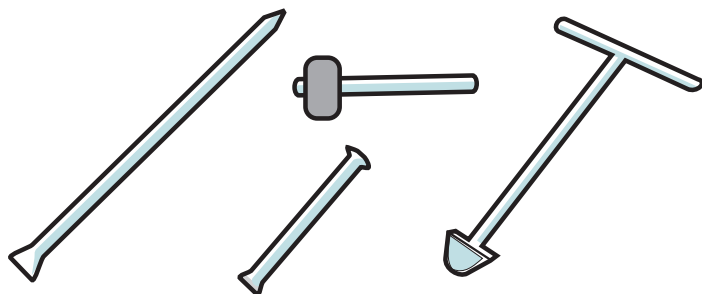


Figura 22 – Alavanca, marreta, talhadeira e chave de ralo





Ralo obstruído

A retirada dos resíduos das caixas dos ralos pode ser feita com enxadas já gastas pelo uso (mais estreitas), com enxadões ou com conchas especiais.

Resíduos de pequeno peso específico (folhas e galhos) podem ser ensacados e removidos em conjunto com o lixo da varrição. A terra retirada dos ralos deve ser removida com caminhões basculantes.

Os ralos também podem ser limpos por meio de mangueiras de sucção de equipamentos especiais (tipo *Vac-All*) e varredeiras "a vácuo".



A limpeza da rede de águas pluviais pode ser efetuada com equipamentos especiais, atuando nos poços de visita do sistema de drenagem pluvial.

O coletor a vácuo é utilizado para a limpeza urbana e industrial. A sucção é feita por um mangote de quatro polegadas de diâmetro acionado por ventoinhas. É utilizado para a limpeza de caixas de ralo, poços de visita, fossas sanitárias, caixas separadoras e nas redes de esgoto. Os modelos mais comercializados têm capacidade volumétrica de 6, 7 e 8m<sup>3</sup> e devem ser montados em chassi que possam transportar 12, 14 e 16t de PBT, respectivamente.



Coletor a vácuo

As varredeiras mecânicas a vácuo possuem em geral mangotes apropriados para limpeza de ralos.

Considera-se prioridade a limpeza dos ralos de locais que costumam alagar em dias de chuvas fortes.

Em termos de frequência, os ralos devem ser limpos quinzenalmente e sempre após cada chuva.

### 10.7. Serviços de limpeza de feiras

É conveniente manter as feiras limpas do início da comercialização até a desmontagem das barracas. Em feiras com até 300 barracas, pode-se manter dois trabalhadores recolhendo, com lutocares revestidos internamente com sacos plásticos, o lixo produzido pelos comerciantes. Os sacos plásticos com lixo podem ser depositados em um ponto de concentração, adjacente à feira. Junto às barracas de venda de pescado, aves e suínos devem ser colocados contêineres plásticos com rodas e tampas, com capacidade para 240 litros, para acondicionar os resíduos produzidos desde o início da feira.



Contêineres plásticos em feiras

Ao terminar a feira, uma equipe maior (cerca de quatro a oito trabalhadores) irá fazer a varrição e remoção dos resíduos, com auxílio de caminhão coletor compactador ou caixa metálica de poliguindaste. Devem ser utilizadas vassouras grandes, pás quadradas e vassouras pequenas para apanhar o lixo. Algumas cidades empregam rodos grandes de madeira como ferramenta auxiliar. Os sacos plásticos e os contêineres com lixo serão também removidos e esvaziados.

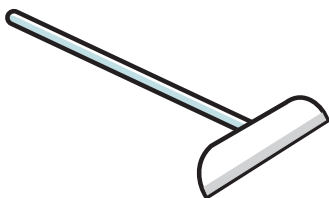


Figura 23 – Rodo de madeira para limpeza de feiras

Após concluída a limpeza, o logradouro deve ser lavado com pipa d'água (utilizando a mangueira), com maior capricho no local de venda de peixe, no qual deve ser também aplicada solução desinfetante/desodorizante, inclusive nos ralos.

### 10.8. Serviços de remoção manual e mecânica



Pá mecânica em remoção

A remoção a granel de resíduos dos logradouros pode ser feita manualmente, com pás e caminhões basculantes, caixas metálicas estacionárias ou contêineres.

O lixo público comum, terra e entulho, pode ser removido manualmente com pás quadradas, já para remoção de mato, emprega-se o forcado de quatro dentes. O gadanho, com três ou quatro dentes, serve para repartir o monte de lixo acumulado, facilitando seu manuseio e transporte.

Utilizando-se carregadores frontais com rodas (pás mecânicas), pode-se manejar grandes volumes, especialmente quando há entulhos ou terra a remover.

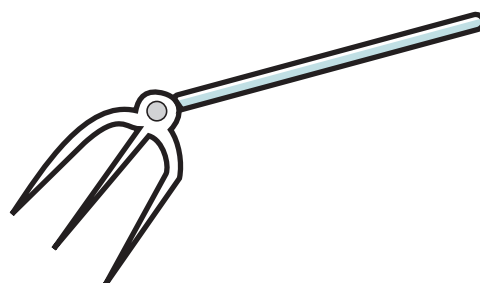


Figura 24 – Gadanho de três dentes

### 10.9. Serviços de limpeza de praias

As areias das praias devem ser mantidas limpas através de várias providências complementares entre si:

- evitar sujar: colocar recipientes nas areias e nas calçadas junto às praias, para que os freqüentadores depositem os resíduos produzidos. Campanhas de motivação devem ser repetidas a cada verão;
- limpeza manual superficial, no final de cada dia de sol, com ancinhos (em geral com 20 a 25 dentes, espaçados em 1cm para ajuntar os detritos), forcados de 10 dentes e cestos de tela, sacos plásticos ou contêineres para levar os resíduos até um veículo compactador ou basculante, que acompanha a turma de limpeza;

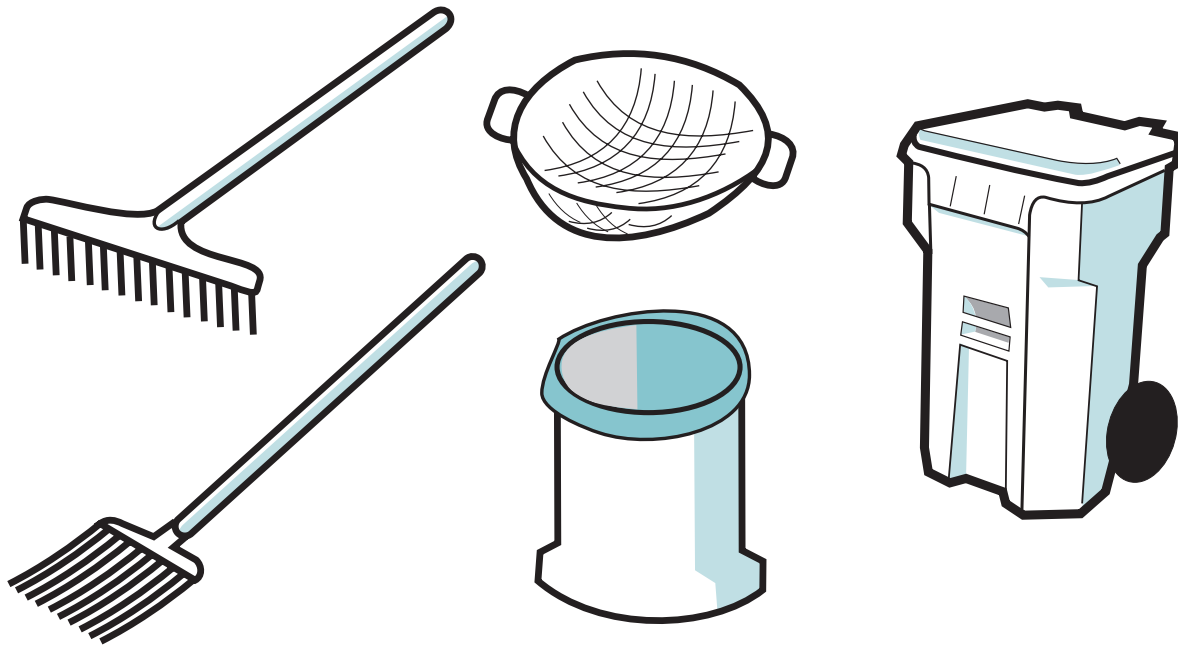


Figura 25 – Ancinho, cesto de tela, forcado de 10 dentes, manilhas com sacos plásticos e contêineres

- podem também ser empregados contêineres para acondicionamento do lixo da praia ou recipientes especiais como latões e manilhas;
- em praias muito largas (mais de 30 metros) podem ser empregados tratores agrícolas, com tração nas quatro rodas, tracionando carretas, para acompanhar a turma de limpeza na praia e transportar os resíduos até o caminhão que trafega na pista junto à areia. Esse tipo de limpeza recolhe os detritos maiores, mas deixa palitos, canudinhos, pontas de cigarro e restos de comida;
- no período de menor freqüência, as praias devem ser limpas com máquinas que revolvem a areia e a fazem passar por peneira vibratória, a fim de recolher os detritos menores e promover uma ação bactericida pela exposição das camadas inferiores de areia à luz do sol. Para tanto utiliza-se máquina para limpeza de praias rebocada por microtrator, com tração nas quatro rodas e potência máxima de 60HP. O acionamento da máquina é totalmente mecânico. A areia é revolvida até a profundidade máxima de 20cm, sendo peneirada, arejada e devolvida à praia. O recipiente de operação é de 1,6m. A abertura da malha da peneira pode ser variada conforme as características da praia;
- em praias muito freqüentadas pode-se considerar a troca da areia da faixa não atingida pelas marés pela areia próxima ao mar (mais limpa). Essa movimentação deve ser feita com tratores e pás mecânicas, precedida de estudo ambiental por especialistas.

## 10. Limpeza de Logradouros Públicos



Contêineres para resíduos



Recolhimento manual do lixo de praia



Transferência do lixo de praia da carreta puxada por trator para o caminhão



Limpeza de praia

### 10.10. Como reduzir o lixo público

A quantidade de resíduos sólidos nos logradouros públicos pode ser reduzida, providenciando-se:

- pavimentação lisa e com declividade adequada nos leitos das ruas, nas sarjetas e nos passeios;



Passeios e sarjetas lisos facilitam a limpeza



Sarjetas acidentadas dificultam a limpeza e a drenagem



Papeleira

- dimensionamento e manutenção corretos do sistema de drenagem de águas pluviais;
- arborização com espécies que não percam folhas em grandes quantidades, várias vezes por ano;
- colocação de papeleiras nas vias com maior movimento de pedestres, nas esquinas, pontos de ônibus e em frente a bares, lanchonetes e supermercados;
- varredura regular e remoção dos pontos de acúmulo de resíduos ("lixo atrai lixo", enquanto "limpeza promove limpeza");



O aspecto de sujeira e abandono da praça é realçado pelo chamado "lixo branco", composto por papéis, plásticos e embalagens.

- campanhas de motivação da cidadania, em relação à manutenção da limpeza;
- sanções para os cidadãos que desobedecem as posturas relativas à limpeza urbana.



Não se pode permitir a varrição de detritos de estabelecimentos comerciais para o logradouro público. Aqueles que insistirem nesta prática devem ser multados.

### 10.11. Limpeza de logradouros em cidades turísticas



De modo semelhante ao que ocorre na coleta, o afluxo de turistas a uma determinada cidade provoca sérios problemas para a limpeza de logradouros, principalmente no que se refere à varrição e à limpeza de praias.

Conforme já mencionado, o turista, de um modo geral, por se achar em férias e por não morar na cidade, descuida dos problemas de limpeza das ruas e praias, lançando papéis ao chão numa quantidade maior que a normal. Porém, este mesmo turista

será o primeiro a não retornar à cidade se ele a achar suja e mal-cuidada.

No que concerne à varrição, as medidas a serem implementadas para se manter a qualidade de limpeza das ruas são:

- efetuar a varrição em horas extras, atentando para os limites da legislação trabalhista;
- aumentar o número de turnos de varrição, criando o segundo turno de trabalho ou até mesmo o terceiro turno;
- contratar funcionários extras em regime temporário.

Uma outra medida que pode ser utilizada é se reduzir a frequência de varrição da zona não turística, permitindo uma melhor limpeza da região turística.

Porém, o principal problema da limpeza pública das cidades turísticas e praianas reside na limpeza das praias, pois é um serviço que, com raras exceções, não conta com equipe própria; é de execução complicada, de difícil automação, demandando grande quantidade de mão de obra.

Para se melhorar a execução desse tipo de serviço na época da temporada turística, a melhor providência é contratar uma equipe específica para a limpeza da areia e de toda a orla, dotando-a de ferramental adequado para o serviço.

Convém ressaltar a importância de se desenvolver, durante toda a temporada de férias, uma campanha de sensibilização, com a participação das empresas que se beneficiam do turismo, como hotéis, restaurantes e casas de espetáculos, conclamando a população a cuidar melhor da cidade. Tal campanha pode e deve ser geral, para toda a cidade, porém concentrando-se mais nos bairros eminentemente turísticos e em especial ao longo da orla, quando houver.



## 11. Recuperação de Recicláveis

A criação de políticas ambientais nos países desenvolvidos despertou o interesse da população pela questão dos resíduos sólidos. O aumento da geração *per capita* de lixo, fruto do modelo de alto consumo da sociedade capitalista, começou a preocupar ambientalistas e a população, tanto pelo seu potencial poluidor, quanto pela necessidade permanente de identificação de novos sítios para aterro dos resíduos.

Entre as alternativas para tratamento ou redução dos resíduos sólidos urbanos, a reciclagem é aquela que desperta o maior interesse na população, principalmente por seu forte apelo ambiental.

Os principais benefícios ambientais da reciclagem dos materiais existentes no lixo (plásticos, papéis, metais e vidros) são:

- a economia de matérias-primas não-renováveis;
- a economia de energia nos processos produtivos;
- o aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Outro aspecto relevante que deve ser considerado é que a implantação de programas de reciclagem estimula o desenvolvimento de uma maior consciência ambiental e dos princípios de cidadania por parte da população.

O grande desafio para implantação de programas de reciclagem é buscar um modelo que permita a sua auto-sustentabilidade econômica. Os modelos mais tradicionais, implantados em países desenvolvidos, quase sempre são subsidiados pelo poder público e são de difícil aplicação em países em desenvolvimento.

Embora a escassez de recursos dificulte a implantação de programas de reciclagem, algumas municipalidades vêm procurando modelos alternativos adequados às suas condições econômicas.

Entre os processos que envolvem a reciclagem com segregação na fonte geradora, podem ser destacados:

### 11.1. Coleta seletiva porta a porta

É o modelo mais empregado nos programas de reciclagem e consiste na separação, pela população, dos materiais recicláveis existentes nos resíduos domésticos para que posteriormente os mesmos sejam coletados por um veículo específico.

A separação dos materiais recicláveis nas residências pode ser feita individualizando-se os materiais recicláveis e acondicionando-os em contêineres diferenciados ou agrupando-os em um único recipiente.

O sistema com separação individualizada dos materiais recicláveis requer considerável espaço para guarda dos contêineres, inviabilizando sua adoção em apartamentos ou em casas de pequenas dimensões. Nesse modelo, o veículo de coleta deve ter sua carroceria compartimentada de forma a transportar os materiais separadamente.

Outro modelo, bem mais utilizado, é aquele que a população separa os resíduos domésticos em dois grupos:

- **Materiais orgânicos (úmidos)**, compostos por restos de alimentos e materiais não recicláveis (lixo). Devem ser acondicionados em um único contêiner e coletados pelo sistema de coleta de lixo domiciliar regular.
- **Materiais recicláveis (secos)**, compostos por papéis, metais, vidros e plásticos. Devem ser acondicionados em um único contêiner e coletados nos roteiros de coleta seletiva.

Na maioria das cidades onde existe o sistema, os roteiros de coleta seletiva são realizados semanalmente, utilizando-se caminhões do tipo carroceria aberta.

Após a coleta, os materiais recicláveis devem ser transportados para uma unidade de triagem, equipada com mesas de catação, para que seja feita uma separação mais criteriosa dos materiais visando à comercialização dos mesmos.

As unidades de triagem devem ser dotadas de prensas para que os materiais recicláveis de menor peso específico (papéis e plásticos) possam ser enfardados para facilitar a estocagem e o transporte dos mesmos.

É importante que a população seja devidamente orientada para que somente sejam separados, como lixo seco, os materiais que possam ser comercializados, evitando-se despesas adicionais com o transporte e manuseio de rejeitos, que certamente serão produzidos durante o processo de seleção por tipo de material e no enfardamento.

O principais aspectos negativos da coleta seletiva porta a porta são:

- aumento das despesas com transporte em função da necessidade do aumento do número de caminhões;
- alto valor unitário, quando comparada com a coleta convencional.

Após a implantação da coleta seletiva, o poder público deve manter a população permanentemente mobilizada através de campanhas de sensibilização e de educação ambiental.

A coleta seletiva, quando utiliza veículos da própria prefeitura, de uma maneira geral, não é econômica. Ideal seria que o poder público se reservasse a normatizar, regular e incentivar o processo, sem participar diretamente de sua operação. Deveria até mesmo investir em galpões e equipamentos, como prensas de enfardar, trituradores, lavadores etc., para agregar valor aos recicláveis. Vale lembrar que um sistema de recuperação de recicláveis sem interferência direta da prefeitura traz benefícios econômicos importantes para o serviço de limpeza urbana, pois os recicláveis previamente separados não terão que ser coletados, transferidos e dispostos no aterro, reduzindo, assim, o trabalho da prefeitura.

## 11.2. Pontos de entrega voluntária – PEV

Consiste na instalação de contêineres ou recipientes em locais públicos para que a população, voluntariamente, possa fazer o descarte dos materiais separados em suas residências.

A Resolução CONAMA nº 275, de 25/4/2001 estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva, como indicado na Tabela 15:

Tabela 15

Código de cores dos resíduos sólidos recicláveis	
COR DO CONTÊINER	MATERIAL RECICLÁVEL
Azul	Papéis/papelão
Vermelha	Plástico
Verde	Vidros
Amarela	Metais
Preta	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branca	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não-reciclável ou misturado, ou contaminado, não passível de separação

A instalação de PEV pode ser feita através de parcerias com empresas privadas que podem, por exemplo, financiar a instalação dos contêineres e explorar o espaço publicitário no local.

Algumas municipalidades vêm desenvolvendo parcerias com indústrias recicladoras que custeiam integralmente a implantação dos contêineres e a coleta dos materiais depositados nos PEV.



Em se tratando da implantação de PEV em pontos turísticos, deve-se atentar para os elementos de comunicação presentes no equipamento. Para transpor o obstáculo do idioma, imagens que orientem o local correto de armazenamento de cada material reciclável serão sempre mais recomendadas do que textos indicativos, pois sabe-se que visitantes estrangeiros nem sempre dominam a língua portuguesa.



PEV

### 11.3. Cooperativa de catadores

A grave crise social existente no país, que tem uma das piores distribuições de renda do mundo, tem levado um número cada vez maior de pessoas a buscar a sua sobrevivência através da catação de materiais recicláveis existentes no lixo domiciliar. Os catadores trabalham nas ruas, vazadouros e aterros de lixo.

Alguns municípios têm procurado dar também um cunho social aos seus programas de reciclagem, formando cooperativas de catadores que atuam na separação de materiais recicláveis existentes no lixo.

As principais vantagens da utilização de cooperativas de catadores são:

- geração de emprego e renda;

- resgate da cidadania dos catadores, em sua maioria moradores de rua;
- redução das despesas com os programas de reciclagem;
- organização do trabalho dos catadores nas ruas evitando problemas na coleta de lixo e o armazenamento de materiais em logradouros públicos;
- redução de despesas com a coleta, transferência e disposição final dos resíduos separados pelos catadores que, portanto, não serão coletados, transportados e dispostos em aterro pelo sistema de limpeza urbana da cidade. Essa economia pode e deve ser revertida às cooperativas de catadores, não em recursos financeiros, mas em forma de investimentos em infraestrutura (galpões de reciclagem, carrinhos padronizados, prensas, elevadores de fardos, uniformes), de modo a permitir a valorização dos produtos catados no mercado de recicláveis.

É importante que os municípios que optem por esse modelo ofereçam apoio institucional para formação das cooperativas, principalmente no que tange à cessão de espaço físico, assistência jurídica e administrativa para legalização e, como já dito acima, fornecimento de alguns equipamentos básicos, tais como prensas enfardadeiras, carrinhos etc.

Um dos principais fatores que garantem o fortalecimento e o sucesso de uma cooperativa de catadores é a boa comercialização dos materiais recicláveis. Os preços de comercialização serão tão melhores quanto menos intermediários existirem no processo até o consumidor final, que é a indústria de transformação (fábrica de garrafas de água sanitária, por exemplo). Para tanto, é fundamental que sejam atendidas as seguintes condições:

- boa qualidade dos materiais (seleção por tipo de produto, baixa contaminação por impurezas e formas adequadas de embalagem/enfardamento);
- escala de produção e de estocagem, ou seja, quanto maior a produção ou o estoque à disposição do comprador, melhor será a condição de comercialização;
- regularidade na produção e/ou entrega ao consumidor final.

Essas condições dificilmente serão obtidas por pequenas cooperativas, sendo uma boa alternativa a criação de centrais para tentar a negociação direta com as indústrias transformadoras, com melhores condições de comercialização.

Após a implantação de uma cooperativa de catadores é importante que o poder público continue oferecendo apoio institucional de forma a suprir carências básicas que prejudicam o bom desempenho de uma cooperativa, notadamente no início de sua operação. Entre as principais ações que devem ser

empreendidas no auxílio a uma cooperativa de catadores, destacam-se:

- apoio administrativo e contábil com contratação de profissional que ficará responsável pela gestão da cooperativa;
- criação de serviço social com a atuação de assistentes sociais junto aos catadores;
- fornecimento de uniformes e equipamentos de proteção industrial;
- implantação de cursos de alfabetização para os catadores;
- implantação de programas de recuperação de dependentes químicos;
- implementação de programas de educação ambiental para os catadores.

Em uma fase inicial, considerando a pouca experiência das diretorias das cooperativas, o poder público poderá também auxiliar na comercialização dos materiais recicláveis. Caso haja dificuldades, fruto das variações do mercado comprador, é recomendável que a cooperativa conte com um pequeno capital de giro de forma a assegurar um rendimento mínimo aos catadores até o restabelecimento de melhores condições de comercialização.

## 12. Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos

### 12.1. Conceituação

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável.

### 12.2. Tratamento de resíduos sólidos domiciliares

O tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e se desfazendo do lixo que produz de maneira correta.

Além desses procedimentos, existem processos físicos e biológicos que objetivam estimular a atividade dos microrganismos que atacam o lixo, decompondo a matéria orgânica e causando poluição.

As usinas de incineração ou de reciclagem e compostagem interferem sobre essa atividade biológica até que ela cesse, tornando o resíduo inerte e não mais poluidor.

A **incineração do lixo** é também um tratamento eficaz para reduzir o seu volume, tornando o resíduo absolutamente inerte em pouco tempo, se realizada de forma adequada. Mas sua instalação e funcionamento são geralmente dispendiosos, principalmente em razão da necessidade de filtros e implementos tecnológicos sofisticados para diminuir ou eliminar a poluição do ar provocada por gases produzidos durante a queima do lixo.

As **usinas de reciclagem e compostagem** geram emprego e renda e podem reduzir a quantidade de resíduos que deverão ser dispostos no solo, em aterros sanitários.

A economia da energia que seria gasta na transformação da matéria-prima, já contida no reciclado, e a transformação do material orgânico do lixo em composto orgânico adequado para nutrir o solo destinado à agricultura representam vantagens ambientais e econômicas importantes proporcionadas pelas usinas de reciclagem e compostagem.



Essas vantagens devem ser ponderadas na escolha da alternativa de tratamento do lixo.

É preciso lembrar que a operação de uma usina de reciclagem só é viável na condição de o sistema de limpeza urbana da cidade contar com coletas seletivas de resíduos perigosos, tais como os provenientes dos serviços de saúde. É importante evitar que esse material chegue na usina, levando riscos aos operadores que o manipulam. Também o lixo proveniente da limpeza de logradouros ou da remoção de entulhos deve ser evitado na usina porque é composto por materiais, tais como entulhos, galhadas e terra, que podem danificar as máquinas.

Uma instalação de reciclagem só deve ser construída se não for possível implantar na cidade um sistema amplo de coleta seletiva, com os recicláveis separados já nas residências e coletados por catadores.

Uma instalação de compostagem só deve ser implantada se estudos técnicos e econômicos assim o indicarem, levando em conta a disponibilidade de área para aterros, mercado para o composto, custo da instalação etc.

### 12.2.1. Reciclagem



Denomina-se reciclagem a separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados.

Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no mercado de consumo.

A reciclagem propicia as seguintes vantagens:

- preservação de recursos naturais;
- economia de energia;
- economia de transporte (pela redução de material que demanda o aterro);
- geração de emprego e renda;
- conscientização da população para as questões ambientais.

A reciclagem ideal é aquela proporcionada pela população que separa os resíduos recicláveis em casa, jogando no lixo apenas o material orgânico.

O material reciclável misturado no lixo fica sujo e contaminado, tornando seu beneficiamento mais complicado.

O material reciclável que se encontra misturado no lixo domiciliar pode ser separado em uma usina de reciclagem através de processos manuais e eletromecânicos, conseguindo-se em geral uma eficiência de apenas 3 a 6% em peso, dependendo do tamanho e do grau de sofisticação tecnológica da usina.

De qualquer forma, o material separado em geral é sujo, com terra, gordura e vários outros tipos de contaminantes. Por isso o beneficiamento correto desse material pelas indústrias é muito oneroso.

O alto custo do beneficiamento de recicláveis tem provocado negligência por parte das indústrias que lidam com sucata, manipulando os materiais sem empregar tecnologia limpa de processamento (que é cara). Assim, sem os devidos cuidados, o processo de beneficiamento do material reciclável pode ser altamente pernicioso para o ambiente. Isso resulta muito pior do que se o resíduo fosse simplesmente disposto em aterros sanitários, juntamente com o lixo domiciliar comum, onde estaria submetido a controles ambientais mais severos.

Após a separação do lixo dos recicláveis aproveitáveis para a indústria, o restante dos resíduos, que são essencialmente orgânicos, pode ser processado para se tornar um composto orgânico, com todos os macro e micronutrientes, para uso agrícola.

O balanço gravimétrico (em peso) das diversas frações do lixo domiciliar após o processamento em uma usina de reciclagem, com uma unidade de compostagem acoplada, em geral mostra o aproveitamento expresso no fluxograma da Figura 26, de uma unidade hipotética de 1.500kg/dia, onde se pode observar que, de 100% do lixo processado, apenas 12,6% serão transportados aos locais de destino final, desde que haja produção de composto orgânico. Assim mesmo, esse material é inerte, não poluente, pois a matéria orgânica residual, nele contida, já se encontra estabilizada, porque a maior parte foi transformada em composto orgânico.

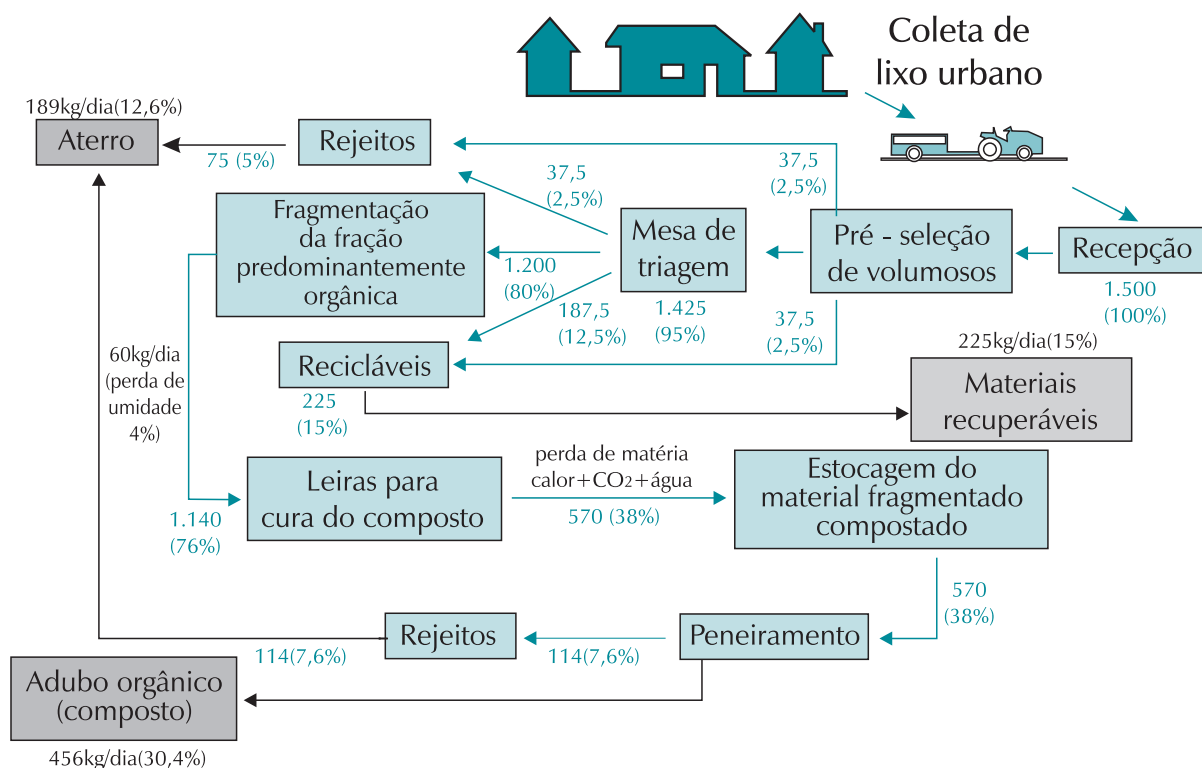


Figura 26 – Fluxograma de processo e balanço de massa

Uma usina de reciclagem apresenta três fases de operação, quais sejam:

- Recepção
- Alimentação
- Triagem

### RECEPÇÃO

- aferição do peso ou volume por meio de balança ou cálculo estimativo;
- armazenamento em silos ou depósitos adequados com capacidade para o processamento de, pelo menos, um dia.

### ALIMENTAÇÃO

- carregamento na linha de processamento, por meio de máquinas, tais como pás carregadeiras, pontes rolantes, pólipos e braço hidráulico.

É possível adotar dispositivos que permitem a descarga do lixo dos caminhões diretamente nas linhas de processamento, tornando independente os equipamentos de alimentação daqueles que processam o lixo; assim, em caso de quebra dos primeiros, o processamento não será afetado.

### TRIAGEM

- dosagem do fluxo de lixo nas linhas de triagem e processos de separação de recicláveis por tipo.

Os equipamentos de dosagem de fluxo mais utilizados são as esteiras transportadoras metálicas, conhecidas também como chão movediço, e os tambores revolventes. Os tambores são mais apropriados para usinas de pequeno porte com capacidade, por linha, de até 10t/h.

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

Os catadores devem ser posicionados ao longo da esteira de catação, ao lado de dutos ou contêineres, separando no início da esteira os materiais mais volumosos como papel, papelão e plástico filme para que os materiais de menor dimensão (latas de alumínio, vidro etc.) possam ser visualizados e separados pelos catadores no final da linha. Geralmente a primeira posição é ocupada por um "rasga-sacos", a quem também cabe a tarefa de espalhar os resíduos na esteira de modo a facilitar o trabalho dos outros catadores.

Quando houver mais de uma esteira de triagem, elas deverão ser projetadas com elevação suficiente para permitir em sua parte de baixo a instalação de prensas enfardadeiras e espaço suficiente para movimentação dos materiais triados.

Com relação aos processos de seleção, estes podem ser instalados de forma isolada ou associados entre si. As usinas simplificadas geralmente contam apenas com as esteiras de catação, enquanto usinas mais sofisticadas possuem outros equipamentos que separam diretamente os materiais recicláveis ou facilitam a catação manual. Entre estes podem-se citar as peneiras, os separadores balísticos, os separadores magnéticos e os separadores pneumáticos.

Há ainda a possibilidade, em unidades de até 5t/h, de se substituir a esteira de catação por uma mesa de concreto, com pequena declividade e abas laterais que impedem o vazamento dos resíduos; estes são empurrados manualmente pelos catadores até o final da mesa, com auxílio de pequenas tábuas, ao mesmo tempo em que separam os recicláveis. Nessas unidades, o lixo que chega da coleta é armazenado em uma pequena depressão no solo, junto à cabeceira da mesa de catação, e é nela colocado, também manualmente, por um trabalhador munido de gadanho.



Peixinhos

A escolha do material reciclável a ser separado nas unidades de reciclagem depende sobretudo da demanda da indústria. Todavia, na grande maioria das unidades são separados os seguintes materiais:

- papel e papelão;
- plástico duro (PVC, polietileno de alta densidade, PET);
- plástico filme (polietileno de baixa densidade);
- garrafas inteiras;
- vidro claro, escuro e misto;
- metal ferroso (latas, chaparia etc.);
- metal não-ferroso (alumínio, cobre, chumbo, antimônio etc.)

### 12.2.2. Compostagem

Define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que ele ocorra não é necessário a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo.

A compostagem pode ser aeróbia ou anaeróbia, em função da presença ou não de oxigênio no processo.

Na compostagem anaeróbia a decomposição é realizada por microrganismos que podem viver em ambientes sem a presença de oxigênio; ocorre em baixa temperatura, com exalação de fortes odores, e leva mais tempo até que a matéria orgânica se estabilize.

Na compostagem aeróbia, processo mais adequado ao tratamento do lixo domiciliar, a decomposição é realizada por microrganismos que só vivem na presença de oxigênio. A temperatura pode chegar a até 70°C, os odores emanados não são agressivos e a decomposição é mais veloz.

O processo de compostagem aeróbio de resíduos orgânicos tem como produto final o composto orgânico, um material rico em húmus e nutrientes minerais que pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solos, com algum potencial fertilizante.



Húmus é a matéria orgânica homogênea, totalmente bioestabilizada, de cor escura e rica em partículas coloidais que, quando aplicada ao solo, melhora suas características físicas para uso agrícola.

- Fases da compostagem
- Fatores que influenciam a compostagem
- Usinas simplificadas de compostagem
- Características do composto orgânico:
  - Qualidade do composto

#### FASES DA COMPOSTAGEM

O processo de compostagem aeróbia pode ser dividido em duas fases.

A primeira, chamada de "bioestabilização", caracteriza-se pela redução da temperatura da massa orgânica que, após ter atingido temperaturas de até 65°C, estabiliza-se na temperatura ambiente. Esta fase dura cerca de 45 dias em sistemas de compostagem acelerada e 60 dias nos sistemas de compostagem natural.

A segunda fase, chamada de "maturação", dura mais 30 dias. Nesta fase ocorre a humificação e a mineralização da matéria orgânica.

O composto pode ser aplicado ao solo logo após encerrada a primeira fase, sem prejuízo da maturação nem do plantio.

### FATORES QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM

O lixo domiciliar conta naturalmente com os microrganismos necessários para decomposição da matéria orgânica em quantidade suficiente. E havendo controle adequado da umidade e da aeração, esses microrganismos se proliferam rápida e homoganeamente em toda massa.

Existem também presentes no lixo microrganismos patogênicos, como salmonelas e estreptococos. Esses microrganismos são eliminados pelo calor gerado no próprio processo biológico, porque não sobrevivem a temperaturas acima de 55°C por mais de 24 horas.

A estrutura dos microrganismos que atuam na compostagem é formada por aproximadamente 90% de água, por isso o teor de umidade deve ser controlado durante o processo.

No processo de compostagem aeróbia os microrganismos necessitam de oxigênio para seu metabolismo. Fatores como umidade, temperatura e granulometria influenciam na disponibilidade de oxigênio, e a sua falta resulta na emissão de odores desagradáveis.

O processo de aeração do composto pode ser feito revolvendo-se o material com pás carregadeiras ou máquinas especiais. Em pequenas unidades, este reviramento pode ser feito à mão.



Peixinhos

Na fase aeróbia, quanto maior for a exposição ao oxigênio da matéria orgânica, maior será a sua velocidade de decomposição. Dessa forma, quanto menor for o tamanho da partícula maior será a superfície de exposição ao oxigênio e conseqüentemente menor o tempo de compostagem.

Partículas muito pequenas podem tornar a massa muito compacta, dificultando a aeração adequada.

### USINAS SIMPLIFICADAS DE COMPOSTAGEM

As usinas simplificadas realizam a compostagem natural onde todo processo ocorre ao ar livre. Nessas unidades, após ser fragmentado em moinho de martelos, o lixo é colocado em montes, denominados leiras, onde permanece até a bioestabilização da massa orgânica, obtida através do seu reviramento, com frequência predeterminada (por exemplo, no terceiro dia de formação da leira e daí em diante, a cada 10 dias, até completar 60 dias). Uma vez biologicamente estável, o material é peneirado e fica pronto para ser aplicado no solo agrícola.

O pátio de leiras de uma usina deve ser plano e bem compactado, se possível, pavimentado, de preferência com asfalto, e possuir declividade suficiente (2%) para escoamento das águas pluviais e do chorume produzido durante a compostagem. Esses efluentes, que em leiras bem manejadas são produzidos em pequena quantidade, devem receber tratamento sanitário, como, por exemplo, em lagoa de estabilização.

No dimensionamento do pátio, deve-se prever espaço entre as leiras para circulação de caminhões, pás carregadeiras ou máquinas de revolvimento. E também áreas para estocagem do composto orgânico pronto.

As leiras para compostagem devem ter forma piramidal ou cônica, com base de cerca de 3m de largura ou diâmetro de 2m e altura variando entre 1,50 a 2m.

Alturas maiores que 2m dificultam a aeração da massa e a operação de revolvimento. A forma cônica facilita o escoamento da água pluvial evitando o encharcamento das leiras.

### CARACTERÍSTICAS DO COMPOSTO ORGÂNICO

O composto orgânico produzido pela compostagem do lixo domiciliar tem como principais características a presença de húmus e nutrientes minerais e sua qualidade é função da maior ou menor quantidade destes elementos.

O húmus torna o solo poroso, permitindo a aeração das raízes, retenção de água e dos nutrientes. Os nutrientes minerais podem chegar a 6% em peso do composto e incluem o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro, que são absorvidos pelas raízes das plantas.

O composto orgânico pode ser utilizado em qualquer tipo de cultura associado ou não a fertilizantes químicos. Pode ser utilizado para corrigir a acidez do solo e recuperar áreas erodidas.

### QUALIDADE DO COMPOSTO

No Brasil o composto orgânico produzido em usinas de compostagem de lixo domiciliar deve atender a valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura para que possa ser comercializado, de acordo com os índices da Tabela 16.



Tabela 16

Índices estabelecidos para comercialização do composto orgânico		
ITEM	VALOR	TOLERÂNCIA
Matéria orgânica total	Mínimo de 40%	Menos 10%
Nitrogênio total	Mínimo de 1,0%	Menos 10%
Umidade	Máximo de 40%	Mais 10%
Relação C/N	Máximo de 18/1	21/1
Índice de pH	Mínimo de 6,0	Menos 10%

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.

Uma das principais preocupações dos usuários do composto orgânico é a presença de metais pesados em concentrações que possam prejudicar as culturas agrícolas e o consumidor.

Os metais pesados estão presentes em materiais existentes no lixo, tais como papéis coloridos, tecidos, borrachas, cerâmicas, pilhas e baterias. As usinas devem operar preocupadas em eliminar, no lixo recebido, boa parcela desses elementos.

Análises realizadas comprovam que a presença de metais pesados na maioria dos compostos produzidos no Brasil está abaixo dos valores permitidos pelas normas da EPA (Estados Unidos) e da União Européia. O Brasil ainda não conta com norma técnica que estabeleça limites para os metais pesados no composto.

Outro importante fator para tranquilizar os usuários do composto orgânico é que estudos comprovam que apenas uma pequena parcela dos metais pesados solúveis é absorvida pelas raízes das plantas.

### 12.2.3. Considerações sobre tecnologia de tratamento

Na segunda metade da década de 1980 e início da de 1990, as usinas de reciclagem e compostagem foram apresentadas como a solução definitiva para tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Fabricantes prometiam o fim dos "lixões" e chegavam a afirmar que a operação da usina geraria receitas para os municípios com a comercialização de recicláveis e composto.

Otimistas com a hipótese de resultados econômicos positivos com a tecnologia apresentada, diversos municípios no Brasil implantaram usinas de reciclagem e compostagem sem qualquer estudo prévio e o resultado foi muito ruim, pois a maioria das unidades foi desativada logo após a inauguração e outras sequer iniciaram a operação.

Não resta dúvida de que usina de reciclagem e compostagem é uma alternativa para tratamento de resíduos a ser considerada,

todavia antes de sua implantação devem ser verificados os seguintes pontos:

- existência de mercado consumidor de recicláveis e composto orgânico na região;
- existência de um serviço de coleta com razoável eficiência e regularidade;
- existência de coleta diferenciada para lixo domiciliar, público e hospitalar;
- disponibilidade de área suficiente para instalar a usina de reciclagem e o pátio de compostagem;
- disponibilidade de recursos para fazer frente aos investimentos iniciais, ou então de grupos privados interessados em arcar com os investimentos e operação da usina em regime de concessão;
- disponibilidade de pessoal com nível técnico suficiente para selecionar a tecnologia a ser adotada, fiscalizar a implantação da unidade e finalmente operar, manter e controlar a operação dos equipamentos;
- a economia do processo, que deve ser avaliada por meio de um cuidadoso estudo de viabilidade econômica, tendo em vista, de um lado, as vantagens que uma usina pode trazer: redução do lixo a ser transportado e aterrado, venda de composto e recicláveis, geração de emprego e renda, benefícios ambientais; e, de outro, os custos de implantação, operação e manutenção do sistema.

- Seleção da tecnologia
- Estudos de viabilidade econômica
- Mercado de recicláveis

## SELEÇÃO DA TECNOLOGIA

Com relação à escolha da tecnologia a ser adotada, deve ser considerada a disponibilidade orçamentária do Município, levando-se sempre em conta que, quanto maior for o nível de automatização e sofisticação dos equipamentos, maiores serão o investimento inicial e as despesas com a manutenção da unidade.

Num país como o Brasil, com escassez de emprego, são recomendáveis tecnologias com mão-de-obra intensiva, como nas usinas que adotam a separação manual dos materiais. As máquinas eletromagnéticas que separam os metais ferrosos e os equipamentos necessários ao reviramento das leiras e manejo do lixo no pátio e silos devem ser previstos, mesmo nas usinas mais simples.

**ESTUDOS DE  
VIABILIDADE  
ECONÔMICA**

A implantação de uma usina de reciclagem e compostagem pressupõe a elaboração prévia de um estudo de viabilidade econômica no qual devem ser analisados os seguintes aspectos:

- Investimento
  - licenciamentos ambientais;
  - aquisição de terreno e legalizações fundiárias;
  - projetos de arquitetura e engenharia;
  - obras de engenharia;
  - aquisição de máquinas e equipamentos;
  - despesas de capital (juros e amortizações) e depreciação dos equipamentos.
- Custeio
  - pessoal (mão-de-obra, corpo técnico, gerencial e administrativo);
  - despesas operacionais e de manutenção;
  - despesas de energia e tarifas das concessionárias do serviço público;
  - despesas de reposição de peças e equipamentos;
  - despesas com gerenciamento e administração.
- Receitas
  - Diretas:
    - comercialização de recicláveis e composto orgânico.
  - Indiretas:
    - economia referente à redução de custos de transporte ao aterro;
    - economia referente à redução do volume de lixo vazado no aterro.
  - Ambientais
    - economia de consumo de energia;
    - economia no consumo de recursos naturais;
    - redução da carga de resíduos poluentes no ambiente.
  - Sociais
    - oferta de emprego digno e formal para os catadores de lixo;
    - geração de renda;
    - conscientização ambiental da população.

As receitas diretas dificilmente cobrirão o custeio de uma usina de reciclagem e compostagem, nem esta deve ser encarada como um empreendimento industrial lucrativo segundo um ponto de vista estritamente comercial. Todavia, o quadro se mostra altamente favorável quando se ponderam as receitas indiretas, ambientais e sociais com potencial expressivo de retorno político.

### MERCADO DE RECICLÁVEIS

O mercado de materiais recicláveis no Brasil vem crescendo rapidamente, com índices de recuperação significativos, embora também esteja crescendo o nível de exigência sobre a qualidade do material.

As indústrias que trabalham com matéria-prima reciclada exigem para compra dos materiais três condições básicas:

- escala de produção;
- regularidade no fornecimento;
- qualidade do material.

Assim, a obtenção de materiais classificados corretamente, limpos e conseqüentemente com maior valor agregado facilita a comercialização dos materiais recicláveis obtidos nas usinas.

O preço de venda de materiais e o escoamento da produção dependem das indústrias recicladoras presentes na área de influência da usina.

Os preços praticados pelo mercado variam muito, sofrendo influência direta do preço da matéria-prima virgem.

Além de procurar sempre por materiais limpos, algumas cooperativas desenvolvem trabalho visando ao beneficiamento de materiais recicláveis para agregar valor ao produto e permitir sua comercialização direta às indústrias, eliminando agentes intermediários. Essas tarefas envolvem, pelo menos, a separação entre os diversos tipos e o enfardamento de papéis e papelão, latas de alumínio e plástico duro. Também é fundamental haver um local para acumulação de todos os materiais, de modo a racionalizar o frete até o local de sua industrialização.

## 12.3. Tratamento de resíduos domiciliares especiais

### 12.3.1. Tratamento de resíduos da construção civil

A forma de tratamento dos resíduos da construção civil mais difundida é a segregação (ou "limpeza"), seguida de trituração e reutilização na própria indústria da construção civil.

O entulho reciclado pode ser usado como base e sub-base de rodovias, agregado graúdo na execução de estruturas de edifícios, em obras de arte de concreto armado e em peças pré-moldadas.

No Brasil, existem em operação cerca de nove unidades de beneficiamento de resíduos de construção, implantadas a partir de 1991, sendo a experiência mais significativa a da Prefeitura de Belo Horizonte, que dispõe de duas usinas de reciclagem de entulho com capacidade para processar até 400 toneladas diárias.

A reciclagem dos resíduos da construção civil apresenta as seguintes vantagens:

- redução de volume de extração de matérias-primas;
- conservação de matérias-primas não-renováveis;
- correção dos problemas ambientais urbanos gerados pela deposição indiscriminada de resíduos de construção na malha urbana;
- colocação no mercado de materiais de construção de custo mais baixo;
- criação de novos postos de trabalho para mão-de-obra com baixa qualificação.

Por essas razões, a implantação de novas usinas de reciclagem para esses materiais deve ser incentivada, mesmo que sua viabilidade econômica seja alcançada através da cobrança de taxas específicas.

Três fatores devem ser considerados quando se está avaliando a implantação de um processo de reciclagem de entulho em uma determinada região. Em ordem de importância, os três fatores são:

- **Densidade populacional:** é necessária uma alta densidade populacional de forma a assegurar um constante suprimento de resíduos que servirão de matéria-prima para a indústria de reciclagem.
- **Obtenção de agregados naturais:** escassez ou dificuldade de acesso a jazidas naturais favorecem a reciclagem de entulho, desde que um alto nível de tecnologia seja empregado. Abundância e fácil acesso a jazidas não inviabilizam a reciclagem do entulho de obra por si só, mas, por razões econômicas, normalmente induzem à aplicação de baixos níveis de tecnologia ao processo.
- **Nível de industrialização:** afeta diretamente a necessidade e a conscientização de uma sociedade em reciclar o entulho. Em áreas densamente povoadas, razões de ordem social e sanitária estimulam a redução do volume de resíduos que devam ser levados aos aterros.

É fundamental a instalação da estação de reciclagem em uma posição central do perímetro urbano com vistas à redução do custo final do produto reciclado. Além destes fatores, devem ser observadas as condições a seguir:

- **Com relação ao recebimento:**

- características dos resíduos sólidos: a quantidade, o lugar de origem, o responsável, a legislação existente, tipos e qualidade;
- demolição e reformas: técnicas aplicadas, transporte do entulho, equipamentos para reciclagem;
- possibilidades de remoção e disposição final: preços, distâncias, áreas já regularizadas;
- desenvolvimento do processo: possibilidade efetiva, corpo técnico, organização e equipamentos.

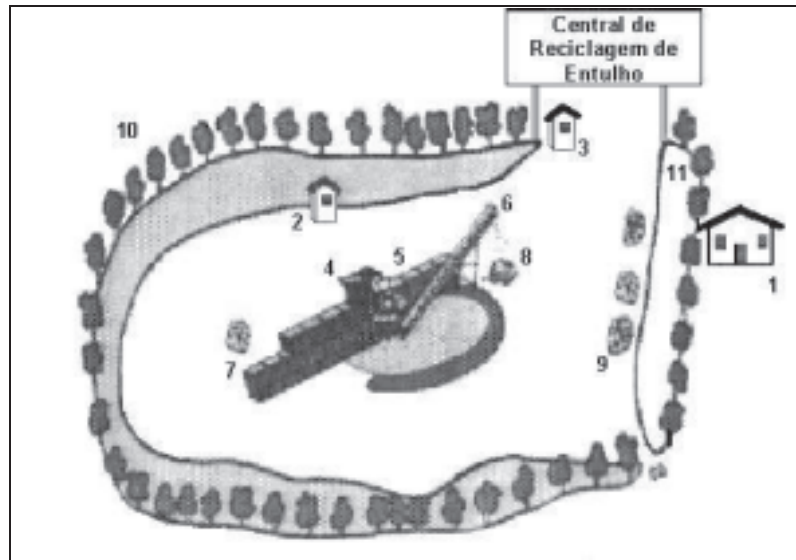
- **Com relação à comercialização:**

- Matéria-prima natural (qualidade, preços, reservas);
- comercialização (tipos, consumo atual, padrões);
- matéria-prima reciclada (qualidade técnica, quantidades, preços).

Existem duas formas de processamento: a automática e a semi-automática.

A forma totalmente automática consiste num equipamento robusto, de grande potência, capaz de receber e triturar o entulho de obras sem uma separação prévia das ferragens que ficam retidas nos blocos de concreto. Posteriormente, o material triturado passa por um separador magnético que retira o material ferroso, deixando somente o material inerte triturado. O material ferroso vai para uma prensa e posterior comercialização dos fardos, enquanto o material inerte cai numa peneira giratória que efetua a segregação do material nas suas várias porções granulométricas.

No modo semi-automático (ver Figura 27), o mais utilizado no Brasil, o material a ser processado deve sofrer uma segregação prévia das ferragens, não sendo recomendável a trituração conjunta dos materiais.



- |                        |                           |                     |
|------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 Administração        | 5 Britador                | 9 Pátio de recepção |
| 2 Cabine de comando    | 6 Correia transportadora  | 10 Cinturão verde   |
| 3 Guarita de entrada   | 7 Entulho a ser reciclado | 11 Jardim           |
| 4 Calha de alimentação | 8 Pátio de estocagem      |                     |

Figura 27 – Usina de reciclagem - croqui



Vista geral da Usina de Reciclagem de entulho de Belo Horizonte

A central deve receber somente resíduos inertes, **não** existindo, portanto, a possibilidade de este material liberar poluentes.

O alimentador do britador deve estar equipado com aspersores de água, visando a minimizar a emissão de poeira, e revestimento de borracha, de forma a reduzir o nível de ruído, respeitando assim os limites estabelecidos pelos órgãos de controle ambiental.

Seqüência de operação:

- o entulho trazido pelos caminhões de coleta é pesado na balança da usina de reciclagem, de onde é encaminhado para o pátio de recepção;



- no pátio de recepção ele é vistoriado superficialmente por um encarregado para verificar se a carga é compatível com o equipamento de trituração. Caso esteja fora dos padrões, não se permite a descarga do veículo, que é encaminhado para um aterro;
- caso seja compatível com o equipamento, o veículo faz a descarga no pátio, onde também se processa a separação manual dos materiais inservíveis, como plásticos, metais e pequenas quantidades de matéria orgânica;
- a separação, apesar de manual, é feita com o auxílio de uma pá carregadeira que revira o material descarregado de modo a facilitar a segregação dos inservíveis pela equipe de serventes;
- os materiais segregados são classificados em comercializáveis (sucata ferrosa) e inservíveis (material restante), sendo depositados em locais separados para armazenamento e destinação futura;
- não são aceitos materiais de grande porte, com dimensões maiores que a boca do alimentador, assim como blocos de concreto com ferragem embutida que podem prejudicar a operação do moinho e quebrar os martelos. Eventualmente, se a quantidade de blocos for pequena, os serventes alocados no pátio de recepção podem efetuar a quebra e separação dos mesmos;
- em nenhuma hipótese devem ser admitidos materiais contaminados por grande quantidade de plásticos, que podem danificar os equipamentos;
- entulho de pequenas obras, que normalmente vem ensacado, é desensacado manualmente, prosseguindo-se com a operação de alimentação e trituração;
- livre dos inservíveis, o entulho é levemente umedecido através de um sistema de aspersão, de forma a minimizar a quantidade de poeira gerada pela trituração. Em seguida, é colocado pela pá carregadeira no alimentador, que faz a dosagem correta do material;



Usina de Reciclagem de entulho de B.H. – Alimentador e triturador

- passando pelo alimentador, o material segue para o moinho, onde é triturado. Do triturador o material segue numa pequena esteira rolante equipada com separador magnético, onde é feita a separação de resíduos de ferro que escaparam da triagem e foram introduzidos no moinho de impacto;
- após esta separação inicial, o material é encaminhado à peneira vibratória, que faz a separação do material nas granulometrias selecionadas;
- da peneira, cada uma das frações é transportada para o seu respectivo pátio de estocagem por meio de uma esteira transportadora, convencional, de velocidade constante.

As esteiras transportadoras são montadas sobre rodízios, de forma a permitir o seu deslocamento lateral em semicírculo no pátio de estocagem. Essa providência evita que se tenha que efetuar a remoção das pilhas de material triturado com pá mecânica, permitindo a estocagem contínua de material, sem paralisar a operação.



Usina de Reciclagem de entulho de B.H. – Esteira

O deslocamento dos rodízios se faz sobre piso cimentado, dimensionado para suportar os esforços da correia. A operação de deslocamento da correia é feita manualmente pelos serventes alocados no pátio de estocagem e realizada toda vez que a pilha de entulho triturado atinge a altura máxima permitida pela declividade da esteira.

O material estocado deve ser mantido permanentemente úmido para evitar a dispersão de poeiras e para impedir seu carreamento pelo vento.

A carga dos veículos que levam o entulho triturado para aproveitamento é feita por uma pá carregadeira similar à do pátio de recepção.

Os produtos fabricados em uma usina de reciclagem são:

- briquetes para calçada;
- sub-base e base de rodovias;
- blocos para muros e alvenaria de casas populares;
- agregado miúdo para revestimento;
- agregados para a construção de meios-fios, bocas-de-lobo, sarjetas.

Os custos apresentados a seguir foram baseados na implantação e operação da usina de reciclagem de entulho, automatizada, com capacidade produtiva de 100t/h e localizada a uma distância de 10km do perímetro urbano.

Valor da usina (obras civis + equipamentos): US\$1.091.274,33

Custo unitário de produção: US\$10,30/t

Já os custos envolvidos na implantação e manutenção das unidades semi-automáticas de Belo Horizonte são os seguintes:

Unidade Estoril: capacidade 120t/dia

- custo de investimento: R\$65.000,00
- obras civis: R\$36.000,00
- manutenção/operação: R\$18,00/t

Unidade Pampulha: capacidade 240t/dia

- custo de investimento: R\$130.000,00
- obras civis: R\$50.000,00
- manutenção/operação: R\$22,00/t

(valores levantados no ano de 2001)

### 12.3.2. Tratamento de pilhas e baterias

Uma vez que as pilhas e baterias são resíduos perigosos Classe I, seu tratamento e destinação final são os mesmos descritos para os resíduos industriais Classe I.

### 12.3.3. Tratamento de lâmpadas fluorescentes

Por causa de sua elevada toxicidade e da dificuldade em se proceder ao seu controle ambiental, as lâmpadas fluorescentes devem ser recicladas ou gerenciadas como se fossem lixo tóxico.

#### 12.3.4. Tratamento de pneus

Nos Estados Unidos, onde o consumo de pneus é um pouco superior a um pneu por habitante/ano (300 milhões de pneus/ano), o destino mais utilizado é a queima dos pneus em usinas termelétricas. Mesmo assim, pelas dificuldades de processo, limita-se a não mais que 5% dos pneus usados.

A queima de 4,5 milhões de pneus/ano na Usina de Modesto – Califórnia–, que gera 15 megawatts usados em 14 mil residências, e também na Usina de Sterling – Connecticut –, que queima 10 milhões de pneus/ano, com geração de 30 megawatts, tem um custo operacional igual ao dobro do custo das usinas movidas a carvão e cujo investimento alcançou US\$100 milhões.

No Brasil os dados apontaram uma produção de 35 milhões de pneus em 1995.

Após a publicação da Resolução CONAMA nº 258 (1999), as indústrias passaram a destinar seus rejeitos de produção em fornos de *clinker* das indústrias cimenteiras. Entretanto, nem todos os fornos foram adaptados para processar pneus, provocando alterações na qualidade do cimento produzido e emitindo efluentes gasosos fora dos limites dos órgãos ambientais.

Na década de 1990 surgiu uma tecnologia nova, nacional, que utiliza solventes orgânicos para separar a borracha do arame e do *nylon* dos pneus, permitindo sua recuperação e reciclagem.

Caso venha a se confirmar a viabilidade econômica desse novo processo, sua utilização permitiria recuperar, de acordo com dados de 1995, as seguintes quantidades de matéria-prima:

- 250 mil toneladas de borracha;
- 77.300 toneladas de arame de aço;
- 54.900 toneladas de cordonéis de *nylon*.

## 12.4. Tratamento de resíduos de fontes especiais

### 12.4.1. Tratamento de resíduos sólidos industriais

É comum proceder ao tratamento de resíduos industriais com vistas à sua reutilização ou, pelo menos, torná-los inertes. Contudo, dada a diversidade dos mesmos, não existe um processo preestabelecido, havendo sempre a necessidade de realizar uma pesquisa e o desenvolvimento de processos economicamente viáveis.

- Reciclagem/recuperação de resíduos sólidos industriais
- Outros processos de tratamento de resíduos sólidos industriais

#### RECICLAGEM/ RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Em geral, trata-se de transformar os resíduos em matéria-prima, gerando economias no processo industrial. Isto exige vultosos investimentos com retorno imprevisível, já que é limitado o repasse dessas aplicações no preço do produto, mas esse risco reduz-se na medida em que o desenvolvimento tecnológico abre caminhos mais seguros e econômicos para o aproveitamento desses materiais.

Para incentivar a reciclagem e a recuperação dos resíduos, alguns estados possuem bolsas de resíduos, que são publicações periódicas, gratuitas, onde a indústria coloca os seus resíduos à venda ou para doação.

#### OUTROS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Em termos práticos, os processos de tratamento mais comum são:

- neutralização, para resíduos com características ácidas ou alcalinas;
- secagem ou mescla, que é a mistura de resíduos com alto teor de umidade com outros resíduos secos ou com materiais inertes, como serragem;
- encapsulamento, que consiste em revestir os resíduos com uma camada de resina sintética impermeável e de baixíssimo índice de lixiviação;
- incorporação, onde os resíduos são agregados à massa de concreto ou de cerâmica em uma quantidade tal que não prejudique o meio ambiente, ou ainda que possam ser acrescentados a materiais combustíveis sem gerar gases prejudiciais ao meio ambiente após a queima;
- processos de destruição térmica, como incineração e pirólise.

#### 12.4.2. Tratamento de resíduos radioativos

Ainda não existem processos de tratamento economicamente viáveis para o lixo radioativo. Os processos pesquisados, envolvendo a estabilização atômica dos materiais radioativos, ainda não podem ser utilizados em escala industrial.

#### 12.4.3. Tratamento de resíduos de portos e aeroportos

Não são empregados métodos de tratamento para esse tipo de resíduos.

#### 12.4.4. Tratamento de resíduos de serviços de saúde

São muitas as tecnologias para tratamento de resíduos de serviços de saúde. Até pouco tempo, a disputa no mercado de tratamento de resíduos de serviços de saúde era entre a incineração e a autoclavagem, já que, em muitos países, a disposição em valas sépticas não é aceita.

Recentemente, com os avanços da pesquisa no campo ambiental e a maior conscientização das pessoas, os riscos de poluição atmosférica advindos do processo de incineração fizeram com que este processo tivesse sérias restrições técnicas e econômicas de aplicação, devido à exigência de tratamentos muito caros para os gases e efluentes líquidos gerados, acarretando uma sensível perda na sua parcela de mercado.

Todavia, novas tecnologias foram desenvolvidas, dando origem a diferentes processos já comercialmente disponíveis.

Qualquer que seja a tecnologia de tratamento a ser adotada, ela terá que atender às seguintes premissas:

- promover a redução da carga biológica dos resíduos, de acordo com os padrões exigidos, ou seja, eliminação do *bacillus stearothermophilus* no caso de esterilização, e do *bacillus subtyllis*, no caso de desinfecção;
- atender aos padrões estabelecidos pelo órgão de controle ambiental do estado para emissões dos efluentes líquidos e gasosos;
- descaracterizar os resíduos, no mínimo impedindo o seu reconhecimento como lixo hospitalar;

- processar volumes significativos em relação aos custos de capital e de operação do sistema, ou seja, ser economicamente viável em termos da economia local.

Os processos comerciais disponíveis que atendem a estas premissas fundamentais estão descritos a seguir.

- Incineração:
  - Incineradores de grelha fixa
  - Incineradores de leito móvel
  - Fornos rotativos
- Pirólise
- Autoclavagem
- Microondas
- Radiação ionizante
- Desativação eletrotérmica
- Tratamento químico
- Central de tratamento de resíduos de serviços de saúde
- Custos operacionais

## INCINERAÇÃO

A incineração é um processo de queima, na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais à base de carbono são decompostos, despreendendo calor e gerando um resíduo de cinzas. Normalmente, o excesso de oxigênio empregado na incineração é de 10 a 25% acima das necessidades de queima dos resíduos.

Em grandes linhas, um incinerador é um equipamento composto por duas câmaras de combustão onde, na primeira câmara, os resíduos, sólidos e líquidos, são queimados a temperatura variando entre 800 e 1.000°C, com excesso de oxigênio, e transformados em gases, cinzas e escória. Na segunda câmara, os gases provenientes da combustão inicial são queimados a temperaturas da ordem de 1.200 a 1.400°C.

Os gases da combustão secundária são rapidamente resfriados para evitar a recomposição das extensas cadeias orgânicas tóxicas e, em seguida, tratados em lavadores, ciclones ou precipitadores eletrostáticos, antes de serem lançados na atmosfera através de uma chaminé.

Como a temperatura de queima dos resíduos não é suficiente para fundir e volatilizar os metais, estes se misturam às cinzas, podendo ser separados destas e recuperados para comercialização.

Para os resíduos tóxicos contendo cloro, fósforo ou enxofre, além de necessitar maior permanência dos gases na câmara (da ordem de dois segundos), são precisos sofisticados sistemas de tratamento para que estes possam ser lançados na atmosfera.



Já os resíduos compostos apenas por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio necessitam somente de um eficiente sistema de remoção do material particulado que é expelido juntamente com os gases da combustão.

Existem diversos tipos de fornos de incineração. Os mais comuns são os de grelha fixa, de leito móvel e o rotativo.

### INCINERADORES DE GRELHA FIXA

Nesse processo, os resíduos são lançados sobre uma grelha fixa, onde são queimados. O ar é introduzido sobre a grelha de modo a minimizar o arraste das cinzas. As cinzas e a escória resultantes da queima caem através dos orifícios da grelha num cinzeiro, de onde são removidas mecanicamente ou por via úmida.

Para garantir o excesso de oxigênio necessário à completa combustão dos resíduos e dos gases, o fluxo de ar é feito por meio de um exaustor colocado antes da chaminé.

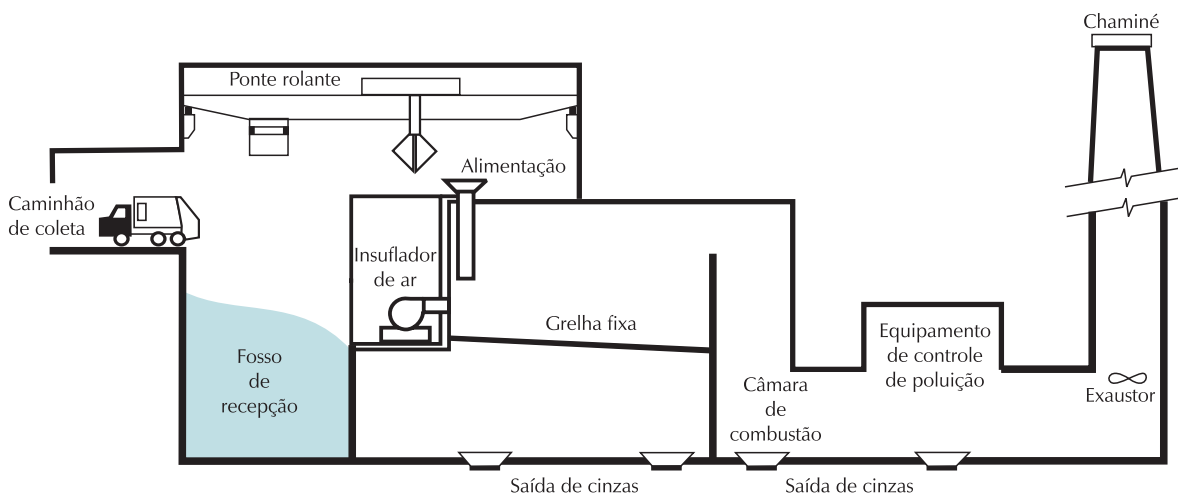


Figura 28 – Incinerador de grelha fixa

### INCINERADORES DE LEITO MÓVEL

São formados por peças de ferro fundido posicionadas em degraus e ligadas a um sistema hidráulico que proporciona ao leito um movimento de vaivém, conduzindo o lixo desde a porta de acesso até o fosso de remoção de cinzas e escórias.

O leito de combustão é dividido em três seções, com a finalidade de secar os resíduos (primeira seção) e efetuar a completa queima dos mesmos (segunda e terceira seções).

O ar de combustão do forno é suprido por dois sopradores de ar, sendo um para forçar a admissão do ar por sob os resíduos (ar sob fogo) e outro que força a introdução do ar por sobre os resíduos (ar sobre fogo).

As cinzas e escórias oriundas da queima do lixo são descarregadas continuamente dentro de um fosso situado debaixo do forno. No fosso, as cinzas e escórias esquadas são removidas mecanicamente ou por via úmida.

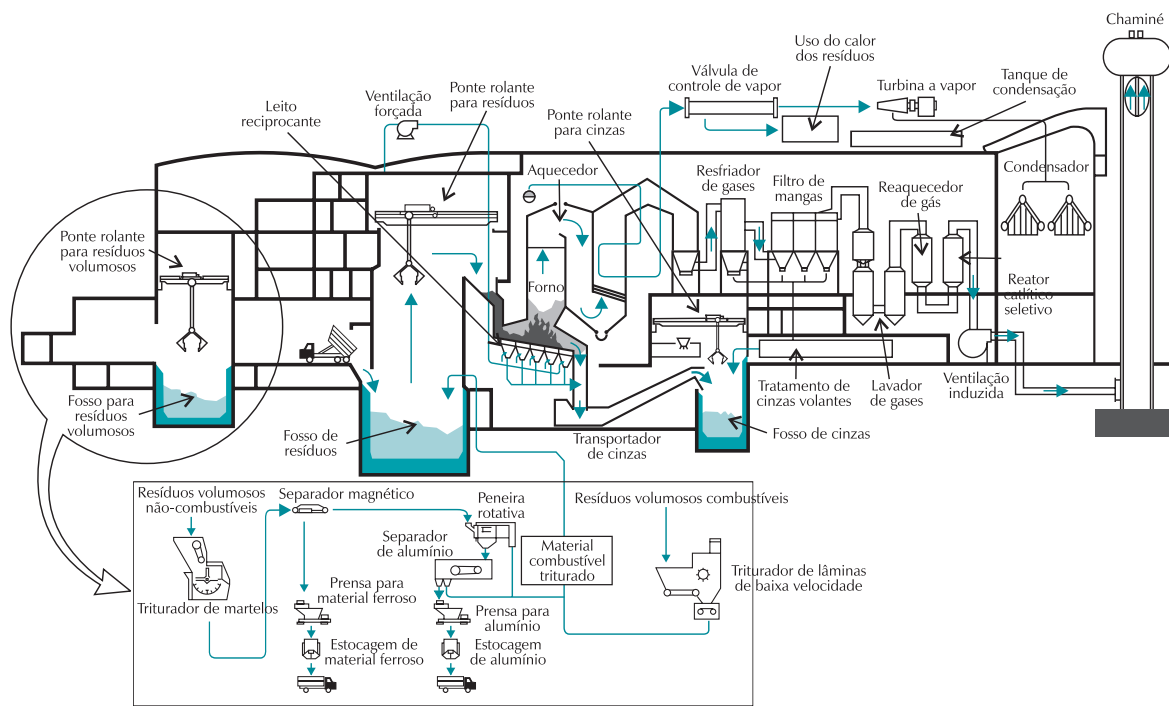


Figura 29 – Incinerador de leito móvel

## FORNOS ROTATIVOS

Apesar de servirem para destruir termicamente os resíduos infectantes, os fornos rotativos são mais utilizados para resíduos industriais Classe I. São incineradores cilíndricos, com diâmetro da ordem de quatro metros e comprimento de até quatro vezes o diâmetro, montados com uma pequena inclinação em relação ao plano horizontal.

A entrada é feita na extremidade mais elevada, pelo lado oposto ao dos queimadores, obrigando os resíduos a se moverem lentamente para baixo devido à rotação do cilindro.

Os gases gerados passam para uma câmara secundária de queima onde estão instalados os queimadores de líquidos e gases.

O fluxo dos gases resultantes da queima é então dirigido aos trocadores de calor e aos equipamentos de lavagem.

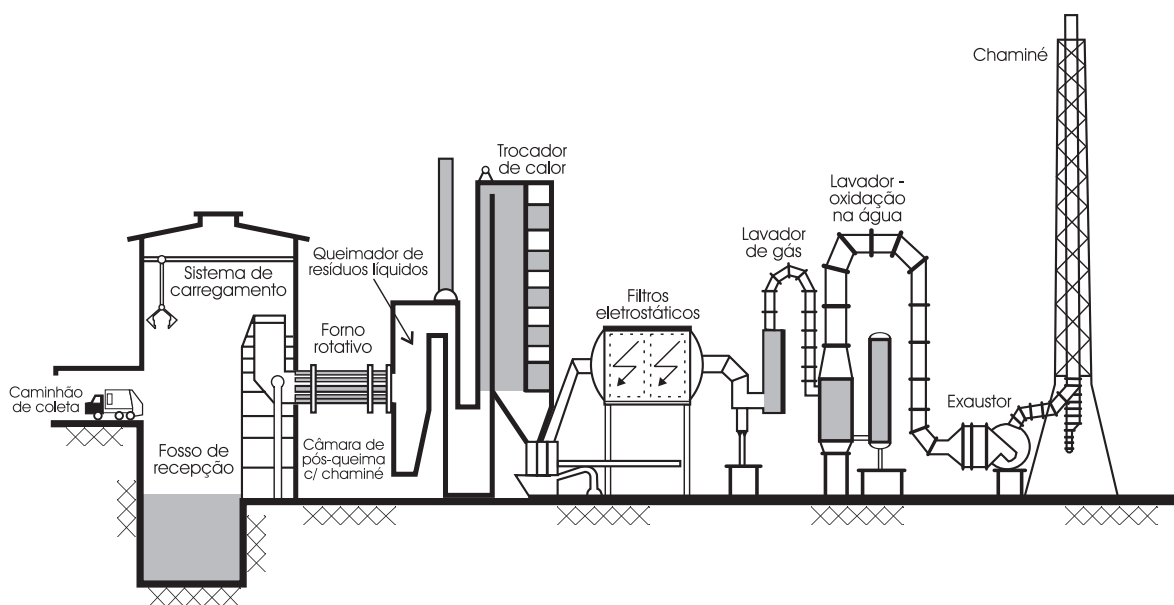


Figura 30 – Incinerador rotativo

**PIRÓLISE**

A pirólise também é um processo de destruição térmica, como a incineração, com a diferença de absorver calor e se processar na ausência de oxigênio. Nesse processo, os materiais à base de carbono são decompostos em combustíveis gasosos ou líquidos e carvão.

Os pirolisadores são muito utilizados no tratamento dos resíduos de serviços de saúde, onde o poder calorífico dos resíduos mantém uma determinada temperatura no processo.

Existem modelos de câmara simples, onde a temperatura gira na faixa dos 1.000°C, e de câmaras múltiplas, com temperaturas entre 600 e 800°C na câmara primária, e entre 1.000 e 1.200°C na câmara secundária.

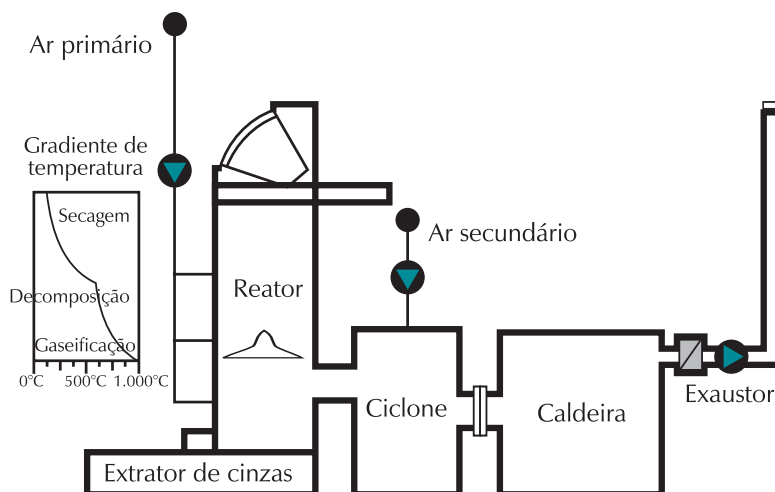


Figura 31 – Pirolisador

Podem ser dotados de sistema de alimentação automática (contínua) ou semi-automática (em bateladas) e possuem queimadores auxiliares que podem operar com óleo combustível ou a gás.

Suas grandes vantagens são:

- garantia da eficiência de tratamento, quando em perfeitas condições de funcionamento;
- redução substancial do volume de resíduos a ser disposto (cerca de 95%).

Suas principais desvantagens são:

- custo operacional e de manutenção elevado;
- manutenção difícil, exigindo trabalho constante de limpeza no sistema de alimentação de combustível auxiliar, exceto se for utilizado gás natural;
- elevado risco de contaminação do ar, com geração de dioxinas a partir da queima de materiais clorados existentes nos sacos de PVC e desinfetantes;
- risco de contaminação do ar pela emissão de materiais particulados;
- elevado custo de tratamento dos efluentes gasosos e líquidos.

Observe-se que nem a incineração, nem a pirólise resolve integralmente o problema da destinação dos resíduos de serviços de saúde, havendo a necessidade de se providenciar uma disposição final adequada para as cinzas e para o lodo resultante do tratamento dos gases.

### AUTOCLAVAGEM

Originalmente utilizado na esterilização de material cirúrgico, este processo foi adaptado e desenvolvido para a esterilização de resíduos.

Em linhas gerais, consiste em um sistema de alimentação que conduz os resíduos até uma câmara estanque onde é feito vácuo e injetado vapor d'água (entre 105 e 150°C) sob determinadas condições de pressão.

Os resíduos permanecem nesta câmara durante um determinado tempo até se tornarem estéreis, havendo o descarte da água por um lado e dos resíduos pelo outro.

Esse processo apresenta as seguintes vantagens:

- custo operacional relativamente baixo;
- não emite efluentes gasosos e o efluente líquido é estéril;
- manutenção relativamente fácil e barata.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- não há garantia de que o vapor d'água atinja todos os pontos da massa de resíduos, salvo se houver uma adequada trituração prévia à fase de desinfecção;
- não reduz o volume dos resíduos, a não ser que haja trituração prévia;
- processo em batelada, não permitindo um serviço continuado de tratamento.



Autoclave

## MICROONDAS

Nesse processo os resíduos são triturados, umedecidos com vapor a 150°C e colocados continuamente num forno de microondas onde há um dispositivo para revolver e transportar a massa, assegurando que todo o material receba uniformemente a radiação de microondas.

As vantagens desse processo são:

- ausência de emissão de efluentes de qualquer natureza;
- processo contínuo.

As principais desvantagens são representadas pelos seguintes aspectos:

- custo operacional relativamente alto;
- redução do volume de resíduos a ser aterrado obtida somente na trituração.

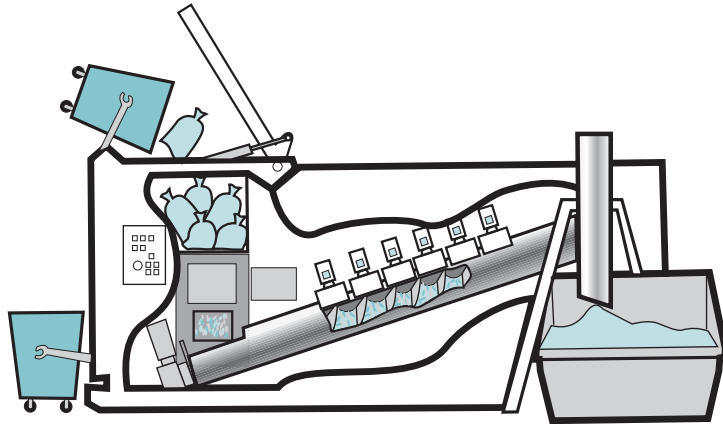


Figura 32 – Microondas

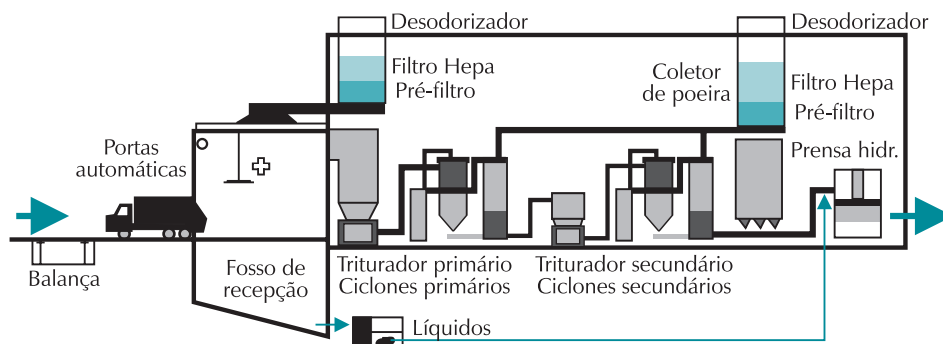
**RADIAÇÃO IONIZANTE**

Nesse processo, os resíduos, na sua forma natural são expostos à ação de raios gama gerados por uma fonte enriquecida de cobalto 60 que torna inativo os microorganismos.

Esse processo apresenta as seguintes desvantagens em relação aos processos anteriores:

- eficiência de tratamento questionável, uma vez que há possibilidades de nem toda a massa de resíduos ficar exposta aos raios eletromagnéticos;
- necessidade de se dispor adequadamente a fonte exaurida de cobalto 60 (radioativa).

Suas vantagens referem-se à ausência de emissão de efluentes de qualquer natureza, assim como pelo fato de ser um processo contínuo.



Recebimento dos resíduos

Trituração e homogeneização

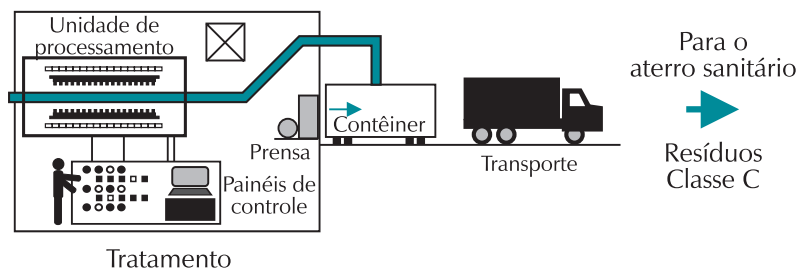


Figura 33 – Radiação ionizante

## DESATIVAÇÃO ELETROTÉRMICA

Este processo consiste numa dupla trituração prévia ao tratamento, seguida pela exposição da massa triturada a um campo elétrico de alta potência gerado por ondas eletromagnéticas de baixa frequência, atingindo uma temperatura final entre 95 e 98°C.

Neste processo não há a emissão de efluentes líquidos, nem gasosos, e a redução de volume só é obtida pelo sistema de trituração.

As vantagens e desvantagens deste processo são as mesmas do processo de microondas, agravadas pela dificuldade de manutenção do equipamento e ausência de redução do volume, a não ser que se instale um sistema de trituração posterior ao tratamento.

## TRATAMENTO QUÍMICO

Neste processo os resíduos são triturados e logo após mergulhados numa solução desinfetante que pode ser hipoclorito de sódio, dióxido de cloro ou gás formaldeído. A massa de resíduos permanece nesta solução por alguns minutos e o tratamento ocorre por contato direto.

Antes de serem dispostos no contêiner de saída, os resíduos passam por um sistema de secagem, gerando um efluente líquido nocivo ao meio ambiente que necessita ser neutralizado.

As vantagens deste processo são a economia operacional e de manutenção, assim como a eficiência do tratamento dos resíduos. E as desvantagens são a necessidade de neutralizar os efluentes líquidos e a não-redução do volume do lixo, a não ser por meio de trituração feita à parte.

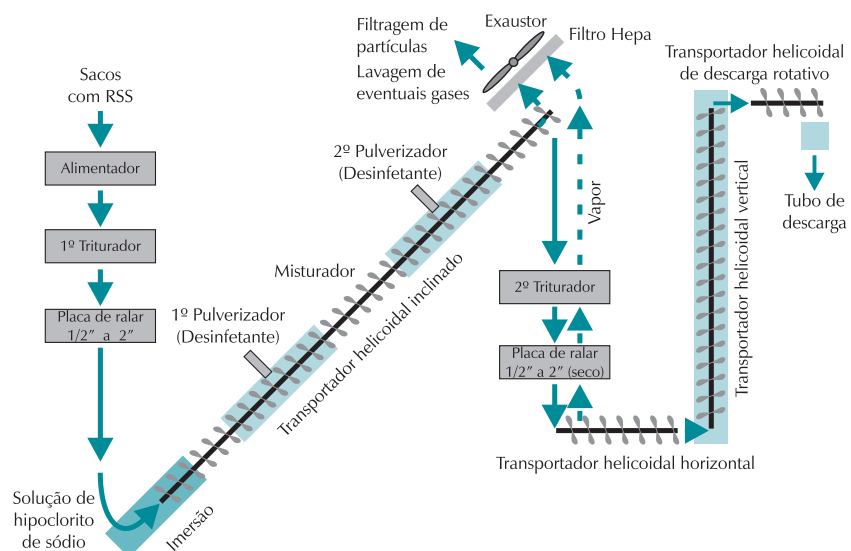


Figura 34 – Desinfecção química



### CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

A Figura 35 ilustra uma instalação típica para tratamento de resíduos de serviços de saúde.

Todas as centrais para tratamento de resíduos de serviços de saúde devem operar isoladas do meio ambiente externo através de portas e devem contar com uma área para a lavagem e desinfecção dos contêineres utilizados na coleta.

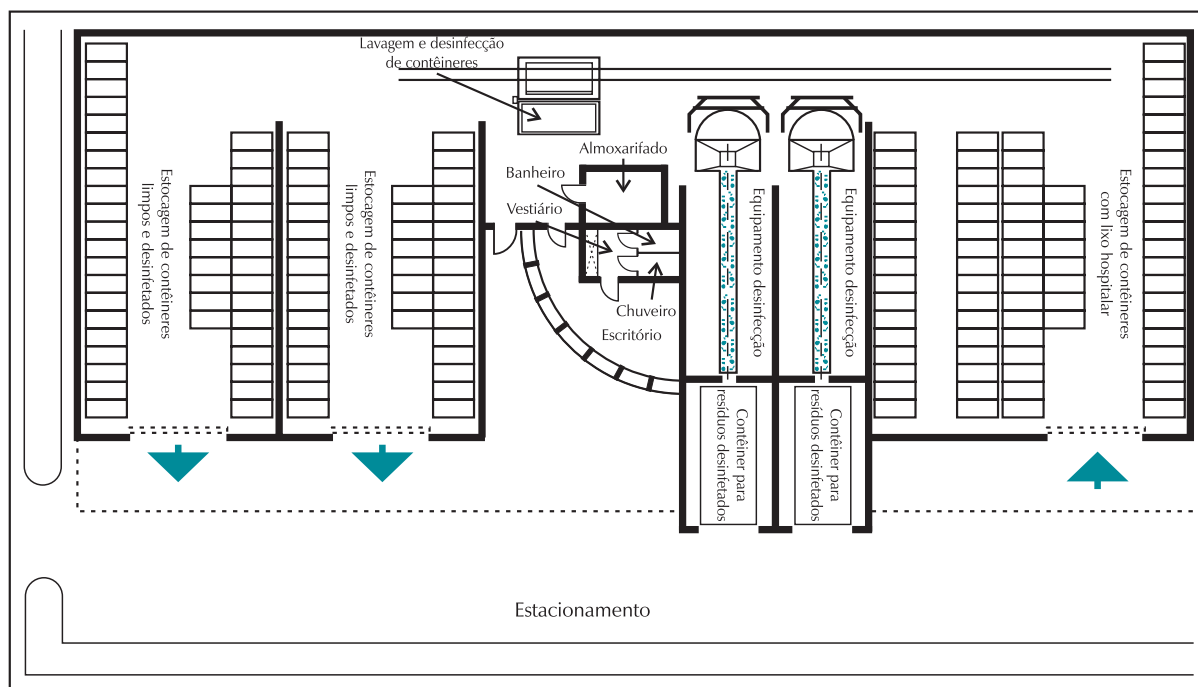


Figura 35 – Central de tratamento de resíduos de serviços de saúde

### CUSTOS OPERACIONAIS

As faixas de custo operacional dos processos descritos encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17

Custos operacionais		
PROCESSO	TIPO	FAIXA DE PREÇO (US\$)
Destruição térmica	Incineração	150 a 180
	Pirólise	120 a 180
Radiação	Microondas	75 a 85
	Radiação ionizante	75 a 90
	Desativação eletrotérmica	75 a 90
Desinfecção	Autoclave	45 a 75
	Desinfecção química	35 a 50

## 13. Disposição Final de Resíduos Sólidos

Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover o lixo de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados.

Essa questão merece atenção porque, ao realizar a coleta de lixo de forma ineficiente, a prefeitura é pressionada pela população para melhorar a qualidade do serviço, pois se trata de uma operação totalmente visível aos olhos da população. Contudo, ao se dar uma destinação final inadequada aos resíduos, poucas pessoas serão diretamente incomodadas, fato este que não gerará pressão por parte da população.

Assim, diante de um orçamento restrito, como ocorre em grande número das municipalidades brasileiras, o sistema de limpeza urbana não hesitará em relegar a disposição final para o segundo plano, dando prioridade à coleta e à limpeza pública.

Por essa razão, é comum observar nos municípios de menor porte a presença de "lixões", ou seja, locais onde o lixo coletado é lançado diretamente sobre o solo sem qualquer controle e sem quaisquer cuidados ambientais, poluindo tanto o solo, quanto o ar e as águas subterrâneas e superficiais das vizinhanças.

Para se ter uma idéia da gravidade do problema, a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE em 1989, levantou as seguintes informações:

Tabela 18

Situação do destino final nas regiões brasileiras					
REGIÕES	LIXÕES	ATERROS SANITÁRIOS	ATERROS CONTROLADOS	USINAS	OUTROS
Norte	89,70	3,67	3,99	2,58	0,06
Nordeste	90,67	2,25	5,45	0,74	0,89
Centro-Oeste	54,05	13,10	27,00	5,02	0,83
Sudeste	26,58	24,62	40,48	4,41	3,91
Sul	40,72	51,97	4,91	0,98	1,42
<b>Brasil</b>	<b>49,27</b>	<b>23,33</b>	<b>21,90</b>	<b>3,00</b>	<b>2,50</b>

Nota: Valores expressos em porcentagem da quantidade de lixo coletado nas cidades.

Os lixões, além dos problemas sanitários com a proliferação de vetores de doenças, também se constituem em sério problema social, porque acabam atraindo os "catadores", indivíduos que fazem da catação do lixo um meio de sobrevivência, muitas vezes

permanecendo na área do aterro, em abrigos e casebres, criando famílias e até mesmo formando comunidades.

Diante desse quadro, a única forma de se dar destino final adequado aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários, controlados, com lixo triturado ou com lixo compactado. Todos os demais processos ditos como de destinação final (usinas de reciclagem, de compostagem e de incineração) são, na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo, e não prescindem de um aterro para a disposição de seus rejeitos.

Nunca é demais lembrar as dificuldades de se implantar um aterro sanitário, não somente porque requer a contratação de um projeto específico de engenharia sanitária e ambiental e exige um investimento inicial relativamente elevado, mas também pela rejeição natural que qualquer pessoa tem ao saber que irá morar próximo a um local de acumulação de lixo.

### 13.1. Disposição dos resíduos domiciliares



O aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública.

O processo recomendado para a disposição adequada do lixo domiciliar é o **aterro**, existindo dois tipos: os aterros sanitários e os aterros controlados.

A diferença básica entre um aterro sanitário e um aterro controlado é que este último prescinde da coleta e tratamento do chorume, assim como da drenagem e queima do biogás.

A seguir será apresentado, de forma detalhada, o processo para se selecionar uma área de destino final, assim como será descrita, passo a passo, a metodologia para se projetar, licenciar, implantar e operar um aterro.

Um enfoque mais detido será dado ao aterro sanitário, já que esta solução é a tecnicamente mais indicada para a disposição final dos resíduos sólidos.



O aterro controlado também é uma forma de se confinar tecnicamente o lixo coletado sem poluir o ambiente externo, porém, sem promover a coleta e o tratamento do chorume e a coleta e a queima do biogás.

## 13.2. Aterro sanitário

Um aterro sanitário conta necessariamente com as seguintes unidades:

- Unidades operacionais:
  - células de lixo domiciliar;
  - células de lixo hospitalar (caso o Município não disponha de processo mais efetivo para dar destino final a esse tipo de lixo);
  - impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional);
  - sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados (chorume);
  - sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás;
  - sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais;
  - sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico;
  - pátio de estocagem de materiais.
- Unidades de apoio:
  - cerca e barreira vegetal;
  - estradas de acesso e de serviço;
  - balança rodoviária e sistema de controle de resíduos;
  - guarita de entrada e prédio administrativo;
  - oficina e borracharia.

A operação de um aterro deve ser precedida do processo de seleção de áreas, licenciamento, projeto executivo e implantação.

### 13.2.1. Seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários

A escolha de um local para a implantação de um aterro sanitário não é tarefa simples. O alto grau de urbanização das cidades, associado a uma ocupação intensiva do solo, restringe a disponibilidade de áreas próximas aos locais de geração de lixo e com as dimensões requeridas para se implantar um aterro sanitário que atenda às necessidades dos municípios.

Além desse aspecto, há que se levar em consideração outros fatores, como os parâmetros técnicos das normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, os aspectos legais das três instâncias governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, pólos de desenvolvimento locais e regionais, distâncias de transporte, vias de acesso e os aspectos político-sociais relacionados com a aceitação do empreendimento pelos políticos, pela mídia e pela comunidade.

Por outro lado, os fatores econômico-financeiros não podem ser relegados a um plano secundário, uma vez que os recursos municipais devem ser sempre usados com muito equilíbrio.

Por isso, os critérios para se implantar adequadamente um aterro sanitário são muito severos, havendo a necessidade de se estabelecer uma cuidadosa priorização dos mesmos.

A estratégia a ser adotada para a seleção da área do novo aterro consiste nos seguintes passos:

- seleção preliminar das áreas disponíveis no Município;
- estabelecimento do conjunto de critérios de seleção;
- definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições através de seus atributos naturais.

Com a adoção dessa estratégia, minimiza-se a quantidade de medidas corretivas a serem implementadas para adequar a área às exigências da legislação ambiental vigente, reduzindo-se ao máximo os gastos com o investimento inicial.

- Seleção preliminar das áreas disponíveis
- Critérios de seleção:
  - Critérios técnicos
  - Critérios econômico-financeiros
  - Critérios político-sociais
- Priorização dos critérios de seleção
- Seleção da melhor área
  - Análise da área selecionada frente aos critérios utilizados
  - Ponderação do atendimento aos critérios
  - Escolha da melhor área

### SELEÇÃO PRELIMINAR DAS ÁREAS DISPONÍVEIS

A seleção preliminar das áreas disponíveis no Município deve ser feita da seguinte forma:

- estimativa preliminar da área total do aterro;

Para se estimar a área total necessária a um aterro, em metros quadrados, basta multiplicar a quantidade de lixo coletada diariamente, em toneladas, pelo fator 560 (este fator se baseia nos seguintes parâmetros, usualmente utilizados em projetos de aterros: vida útil = 20 anos; altura do aterro = 20m; taludes de 1:3 e ocupação de 80% do terreno com a área operacional).

- delimitação dos perímetros das regiões rurais e industriais e das unidades de conservação existentes no Município;
- levantamento das áreas disponíveis, dentro dos perímetros delimitados anteriormente, com dimensões compatíveis com a estimativa realizada, com prioridade para as áreas que já pertencem ao Município;
- levantamento dos proprietários das áreas levantadas;
- levantamento da documentação das áreas levantadas, com exclusão daquelas que se encontram com documentação irregular.

A situação fundiária dos imóveis é de extrema importância para se evitar futuros problemas para a prefeitura.

### CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Os critérios utilizados foram divididos em três grandes grupos: técnicos, econômico-financeiros e político-sociais.

### CRITÉRIOS TÉCNICOS

A seleção de uma área para servir de aterro sanitário à disposição final de resíduos sólidos domiciliares deve atender, no mínimo, aos critérios técnicos impostos pelas normas da ABNT (NBR 10.157) e pela legislação federal, estadual e municipal (quando houver).

Todos os condicionantes e restrições relativos às normas da ABNT, assim como os aspectos técnicos da legislação atualmente em vigor, estão considerados nos critérios listados na Tabela 19.

Tabela 19

Critérios técnicos	
CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidade a cursos d'água relevantes	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro.</li> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que <math>10^{-6}</math>cm/s.</li> </ul>
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso a veículos pesados	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 de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

É importante que se frise o aspecto de vida útil do aterro, uma vez que é grande a dificuldade de se encontrar novos locais, próximos às áreas de coleta, para receber o volume de lixo urbano gerado no Município, em face da rejeição natural que a população tem de morar perto de um local de disposição de lixo.



### CRITÉRIOS ECONÔMICO- FINANCEIROS

Tabela 20

Critérios econômico-financeiros	
CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais.
Custo de investimento em construção e infra-estrutura	É importante que a área escolhida disponha de infra-estrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custos com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

### CRITÉRIOS POLÍTICO-SOCIAIS

Tabela 21

Critérios político-sociais	
CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.

CRITÉRIOS	OBSERVAÇÕES
Inexistência de problemas com a comunidade local	É desejável que, nas proximidades da área selecionada, não tenha havido nenhum tipo de problema da prefeitura com a comunidade local, com organizações não-governamentais (ONG's) e com a mídia, pois esta indisposição com o poder público irá gerar reações negativas à instalação do aterro.

### PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Tabela 22

Hierarquização de critérios	
CRITÉRIOS	PRIORIDADE
Atendimento ao SLAP* e à legislação ambiental em vigor	1
Atendimento aos condicionantes político-sociais	2
Atendimento aos principais condicionantes econômicos	3
Atendimento aos principais condicionantes técnicos	4
Atendimento aos demais condicionantes econômicos	5
Atendimento aos demais condicionantes técnicos	6

\* Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras

### SELEÇÃO DA MELHOR ÁREA

#### ANÁLISE DA ÁREA SELECIONADA FRENTE AOS CRITÉRIOS UTILIZADOS

O local selecionado para se implantar um aterro sanitário deve ser aquele que atenda ao maior número de critérios, dando-se ênfase aos critérios de maior prioridade.

A seleção da melhor área para implantação do aterro sanitário deve ser precedida de uma análise individual de cada área selecionada com relação a cada um dos diversos critérios apresentados, fornecendo-se a justificativa que permita considerar o critério "totalmente atendido", o "atendido parcialmente através de obras" ou o "não atendido".

Quando os atributos naturais do terreno selecionado não forem suficientes para atender integralmente ao critério analisado, tais deficiências deverão ser sanadas através da implementação de soluções da moderna engenharia, de forma a que o critério seja atendido.

#### PONDERAÇÃO DO ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS

Para que se possa efetuar a escolha da melhor área, é necessário que se fixem pesos, tanto para as prioridades, quanto para o atendimento aos critérios selecionados, como se mostra na Tabela 23.

Tabela 23

Pesos dos critérios e do tipo de atendimento	
PRIORIDADE DOS CRITÉRIOS	PESO
1	10
2	6
3	4
4	3
5	2
6	1
TIPO DE ATENDIMENTO	PESO
Total	100%
Parcial ou com obras	50%
Não atendido	0%

### ESCOLHA DA MELHOR ÁREA

Será considerada melhor área aquela que obtiver o maior número de pontos após a aplicação dos pesos às prioridades e ao atendimento dos critérios.

Para melhor entendimento, é apresentado o exemplo de um Município que deve escolher entre três áreas selecionadas, com as características fornecidas na Tabela 24.

Tabela 24

Características das áreas				
CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO		
		ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
Proximidade a cursos d'água	1	T	T	T
Proximidade a núcleos residenciais	1	T	T	P
Proximidade a aeroportos	1	T	T	T
Distância do lençol freático	1	P	P	T
Distância de núcleos de baixa renda	2	T	T	P
Vias de acesso com baixa ocupação	2	P	P	P
Problemas com a comunidade local	2	N	P	T
Aquisição do terreno	3	P	P	T
Investimento em infra-estrutura	3	T	T	P
Vida útil mínima	4	P	T	T
Uso do solo	4	T	T	T
Permeabilidade do solo natural	4	P	P	P
Extensão da bacia de drenagem	4	P	P	T
Acesso a veículos pesados	4	T	P	P
Material de cobertura	4	N	P	T
Manutenção do sistema de drenagem	5	P	P	T
Distância ao centro de coleta	6	T	P	P

Nota: T – atende integralmente; P – atende parcialmente; N – não atende.

Aplicando-se os pesos definidos na Tabela 23, as áreas selecionadas chegarão à pontuação calculada na Tabela 25, a seguir.

Tabela 25

Pontuação das áreas							
CRITÉRIOS	PONTOS DA PRIORIDADE	PONTOS DO ATENDIMENTO			PONTUAÇÃO DAS ÁREAS		
		ÁREA 1 %	ÁREA 2 %	ÁREA 3 %	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
Proximidade a cursos d'água	10	100	100	100	10,0	10,0	10,0
Proximidade a núcleos residenciais	10	100	100	50	10,0	10,0	5,0
Proximidade a aeroportos	10	100	100	100	10,0	10,0	10,0
Distância do lençol freático	10	50	50	100	5,0	5,0	10,0
Distância de núcleos de baixa renda	6	100	100	50	6,0	6,0	3,0
Vias de acesso com baixa ocupação	6	50	50	50	3,0	3,0	3,0
Problemas com a comunidade local	6	0	50	100	0,0	3,0	6,0
Aquisição do terreno	4	50	50	100	2,0	2,0	4,0
Investimento em infra-estrutura	4	100	100	50	4,0	4,0	2,0
Vida útil mínima	3	50	100	100	1,5	3,0	3,0
Uso do solo	3	100	100	100	3,0	3,0	3,0
Permeabilidade do solo natural	3	50	50	50	1,5	1,5	1,5
Extensão da bacia de drenagem	3	50	50	100	1,5	1,5	3,0
Acesso a veículos pesados	3	100	50	50	3,0	1,5	1,5
Material de cobertura	3	0	50	100	0,0	1,5	3,0
Manutenção do sistema de drenagem	2	50	50	100	1,0	1,0	2,0
Distância ao centro de coleta	1	100	50	50	1,0	0,5	0,5
<b>PONTUAÇÃO FINAL</b>	–	–	–	–	<b>62,5</b>	<b>66,5</b>	<b>71,5</b>

Vê-se, portanto, que a área 3, apesar de se situar relativamente próxima a um núcleo residencial, é a que apresenta maiores vantagens no cômputo geral.

Tão logo se escolha a área para a implantação do aterro sanitário, a prefeitura deve proceder imediatamente à compra ou desapropriação do imóvel e contratar o seu levantamento topográfico, realizando, ainda, pelo menos quatro furos de sondagens, com o objetivo de se conhecer as características geológicas e geotécnicas do terreno natural.

### 13.2.2. Licenciamento

Os trâmites para licenciamento da área do aterro devem iniciar-se tão logo seja assinado o contrato para execução dos serviços e compreendem as seguintes tarefas:

- Pedido de licença prévia – LP
- Acompanhamento da elaboração da instrução técnica – IT
- Elaboração do EIA/RIMA
- Acompanhamento da análise e aprovação do EIA
- Audiência pública
- Obtenção da licença prévia – LP
- Elaboração do projeto executivo
- Entrada de pedido de licença de instalação – LI
- Acompanhamento da concessão da licença de instalação
- Implantação do aterro sanitário
- Pedido de licença de operação – LO
- Cronograma do licenciamento

### **PEDIDO DE LICENÇA PRÉVIA – LP**



Licença prévia é a licença concedida pelo órgão de controle ambiental liberando o empreendedor para realizar os estudos de impacto ambiental relativos à implantação do aterro e elaborar o projeto executivo.

O pedido de licença prévia deve ser feito já nos primeiros 30 dias da assinatura do contrato, acompanhado do projeto básico.

Com base nesse pedido, o órgão de controle ambiental procederá à elaboração de uma instrução técnica para orientar a realização do Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo relatório.

### **ACOMPANHAMENTO DA ELABORAÇÃO DA INSTRUÇÃO TÉCNICA – IT**



Instrução técnica é um documento onde o órgão de controle ambiental define os aspectos relevantes que deverão ser enfocados no Estudo de Impacto Ambiental.

Os autores do projeto básico deverão, quando possível, acompanhar a elaboração da instrução técnica, não só para tomar conhecimento de seu conteúdo antes de sua publicação formal, mas também para tentar minimizar o nível de exigência formulada pelo órgão de controle ambiental.

## ELABORAÇÃO DO EIA/RIMA

A empresa responsável pelo EIA/RIMA não pode ser a mesma que elabora os projetos básico e executivo.



Estudo de Impacto Ambiental – EIA – é um estudo técnico, contratado junto a firmas especializadas, com vistas a levantar os pontos positivos e negativos do aterro sanitário a ser implantado com relação aos meios físico, biótico (flora e fauna) e antrópico (aspectos relacionados ao homem), e que estabelece uma série de medidas e ações que visam a diminuir os impactos negativos registrados. O EIA é aprovado pelo órgão de controle ambiental do Estado.

Com o objetivo de se ganhar tempo, o desenvolvimento do Estudo de Impacto Ambiental – EIA – deve iniciar-se na mesma data da entrada do pedido da licença prévia, para que, tão logo se receba a Instrução Técnica, se faça apenas uma complementação do estudo, de forma a atender a todas as exigências estabelecidas nesse documento.

É conveniente frisar que o desenvolvimento dos estudos ambientais deve ser feito em consonância com as equipes técnicas da empresa de limpeza pública e do órgão de controle ambiental, de modo que as metodologias, diretrizes técnicas e conclusões do EIA estejam conciliadas, na medida do possível, com as políticas destas entidades.

Os estudos, quando concluídos, devem ser encaminhados imediatamente ao órgão de controle ambiental, para análise e aprovação.

Cuidados especiais devem ser tomados quando da redação do RIMA, para que não se use uma linguagem técnica demais, fora do alcance da população leiga.



Relatório de Impacto Ambiental – RIMA – é um relatório que apresenta o resumo dos principais pontos do EIA, redigido em linguagem acessível ao público leigo.

## ACOMPANHAMENTO DA ANÁLISE E APROVAÇÃO DO EIA

Independentemente do desenvolvimento do EIA em "sintonia" com a equipe técnica do órgão de controle ambiental, os autores do projeto básico devem ficar à sua disposição, durante todo o período de análise, com o objetivo de esclarecer eventuais dúvidas e de executar as revisões necessárias.

### AUDIÊNCIA PÚBLICA

Com o EIA aprovado, procede-se à publicação exigida por lei. A critério do órgão de controle ambiental, a população poderá ser convocada a participar da audiência pública de sua apresentação, marcada, em geral, para um prazo de 30 dias a partir da data da publicação em jornal de grande circulação no Município.

A apresentação do EIA na audiência pública deve utilizar todos os recursos audiovisuais disponíveis, uma vez que, no Brasil, a platéia que participa dessas audiências é constituída principalmente de leigos, que necessitam visualizar as soluções para melhor compreendê-las.

### OBTENÇÃO DA LICENÇA PRÉVIA – LP

Uma vez aprovados os estudos de impacto ambiental e respectivas medidas mitigadoras, a firma projetista deve acompanhar a liberação da licença prévia junto ao órgão de controle ambiental.

### ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO

Para se ganhar tempo, o projeto executivo pode ser desenvolvido em três etapas:

- complementação dos serviços básicos de campo;
- elaboração do projeto técnico;
- elaboração de projetos complementares.

A primeira etapa deve ser simultânea à elaboração do EIA e consiste na complementação dos dados de campo, envolvendo levantamentos topográficos detalhados, novos furos de sondagem e ensaios geotécnicos.

Na segunda etapa, que se inicia antes mesmo da concessão da LP, detalham-se os projetos de interesse ambiental, como os projetos geométrico, de drenagem de águas pluviais, de coleta e tratamento do chorume, de coleta e tratamento dos esgotos domésticos, de coleta e queima do biogás, das estradas e vias de serviço, o projeto arquitetônico das unidades de apoio e o projeto paisagístico.

O projeto técnico também deve contemplar o detalhamento do plano operacional, abrangendo a operação do aterro sanitário, o monitoramento geotécnico e topográfico, o monitoramento ambiental, o sistema de controle de pesagem (se houver) e a manutenção de máquinas, veículos e equipamentos.

É importante que a empresa projetista incorpore ao projeto técnico **todas** as medidas mitigadoras preconizadas no EIA/RIMA.

Na última etapa detalham-se os projetos cuja apresentação não é exigida pelo órgão ambiental, como os projetos de fundação, superestruturas, hidráulico-sanitários, energia elétrica, telefonia e outros.



### **ENTRADA DE PEDIDO DE LICENÇA DE INSTALAÇÃO – LI**



Licença de instalação é a licença concedida pelo órgão de controle ambiental liberando o empreendedor para executar as obras de implantação do aterro conforme detalhadas no projeto executivo.

Concluída a primeira parte do projeto executivo, este deve ser encaminhado ao órgão de controle ambiental, juntamente com o pedido de licença de instalação.

### **ACOMPANHAMENTO DA CONCESSÃO DA LICENÇA DE INSTALAÇÃO**

De forma similar ao acompanhamento da licença prévia, a equipe da projetista deve ficar à disposição do órgão ambiental durante todo o período de análise, com o objetivo de esclarecer eventuais dúvidas e de fazer as revisões necessárias à aprovação integral do projeto e à concessão da licença de instalação.

### **IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO**

Uma vez de posse da licença de instalação, iniciam-se as obras de implantação do aterro, dando prioridade àquelas indispensáveis ao início da operação. Observe-se, também, que algumas atividades, como construção de cercas, limpeza e raspagem do terreno, podem ser deflagradas antes mesmo do recebimento formal da licença de instalação.

### **PEDIDO DE LICENÇA DE OPERAÇÃO – LO**



Licença de operação é a licença concedida pelo órgão de controle ambiental liberando o empreendedor para operar o aterro sanitário.

Concluídas as obras mínimas necessárias, deve-se convidar a equipe técnica do órgão de controle ambiental para inspecionar o aterro.

Se houver exigências, procede-se às adequações solicitadas pelo órgão ambiental, cuja equipe técnica será novamente convidada a inspecionar as obras revisadas e/ou refeitas, até a obtenção da licença de operação.

### **CRONOGRAMA DO LICENCIAMENTO**

Os tempos estimados para a obtenção da licença de operação são os apresentados na Figura 36, observando-se que a data "zero" do cronograma é a assinatura do contrato com as empresas responsáveis pelos projetos básico e executivo do aterro e pelos estudos ambientais.

ATIVIDADES	PRAZO (MESES)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Projeto básico e pedido de LP	█																	
Acompanhamento da IT		█																
Elaboração do EIA	█	█	█															
Análise e aprovação do EIA				█														
Audiência pública				█	█													
Obtenção da LP					█													
Projeto executivo: Serviços de campo				█	█													
Projeto executivo: Projeto técnico					█	█	█											
Projeto executivo: Projetos complementares						█	█	█	█									
Pedido e acompanhamento da LI							█	█	█									
Implantação do aterro							█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Pedido e acompanhamento da LO																	█	█
Início efetivo dos serviços																		█

Figura 36 – Cronograma para a implantação de um aterro sanitário

A rigor, as obras **indispensáveis** para o início efetivo da operação de um aterro sanitário duram apenas seis meses, contando-se, portanto, com quatro meses de folga, para a solução de qualquer problema eventual.

### 13.2.3. Projeto executivo

O projeto executivo do aterro sanitário deve ser desenvolvido tendo como objetivo maximizar a vida útil da área disponível, assegurando, no mínimo, um período de atividade de cinco anos.

O prazo estimado para elaboração do projeto executivo é de aproximadamente 90 dias, devendo atender integralmente às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – e da legislação ambiental em vigor.

O projeto executivo conterá, no mínimo, a seguinte documentação:

- planta planialtimétrica do aterro em escala 1:5.000, com curvas de nível de metro em metro, mostrando a locação de acessos, platôs, edificações e pontos notáveis;
- resultados das investigações e ensaios geotécnicos;
- resultados das análises de qualidade dos corpos d'água do entorno, inclusive do lençol freático;
- projeto das vias de acesso e de serviço, englobando geometria, movimentação de terra, pavimentação e drenagem;
- projeto das edificações, incluindo o cálculo das fundações e das estruturas, arquitetura, paisagismo e instalações hidráulicas, elétricas, de comunicação, especiais e de segurança;
- projetos das redes externas de abastecimento d'água, esgoto, suprimento de energia elétrica e drenagem de águas pluviais;
- projeto geométrico e de terraplanagem do arranjo final do aterro sanitário, com a planta das etapas anuais do aterro e seções transversais;
- projeto de coleta e tratamento do chorume, envolvendo as camadas de impermeabilização inferior e superior (se houver), rede de drenagem de fundo, elevatória e estação de tratamento;
- projeto de drenagem superficial do aterro, abrangendo caimentos das plataformas, tanto para as fases intermediárias do aterro, como para a etapa final, drenagem das bermas definitivas, rápidos de descidas de água e estruturas de descarga;
- plantas com delimitação dos lotes do aterro sanitário;
- plantas do sistema de captação e queima do biogás, com respectivos cortes e detalhes;
- plano de monitoramento ambiental, incluindo o projeto dos poços de monitoramento do lençol subterrâneo;
- manual de operação do aterro compreendendo suas atividades rotineiras de disposição de resíduos, inclusive a operação da estação de tratamento de chorume e os cuidados com a manutenção da rede de drenagem de águas pluviais;
- memória de cálculo dos estudos de estabilidade do aterro e demais construções; das estruturas das edificações; das redes hidráulicas de drenagem superficial e profunda; das instalações elétricas e hidráulicas; da rede de captação e queima do biogás; dimensionamento das máquinas, veículos e mão-de-obra a serem utilizados na operação e manutenção do aterro;
- especificações técnicas de todos os equipamentos, serviços e materiais a serem executados e aplicados na obra;

- plano de encerramento do aterro, incluindo o plano de monitoramento ambiental após o término das operações.

Convém lembrar que o projeto executivo de um aterro sanitário, quando contratado com terceiros, deve ser desenvolvido em estreita consonância com a equipe técnica do órgão responsável pela limpeza urbana, de modo a ter sua aprovação imediata logo após ser apresentado.

Só depois de aprovado pela equipe gestora dos serviços de limpeza urbana é que o projeto do aterro deve ser submetido aos demais órgãos competentes.

Após a aprovação do projeto executivo, é fundamental que o mesmo seja apresentado à comunidade, através de linguagem simples e direta e com os melhores recursos audiovisuais, esclarecendo-se a população sobre o que é um aterro sanitário, quais as medidas de proteção e controle de poluição que serão tomadas e quais os benefícios que serão alcançados com a destinação adequada do lixo. Assim, serão evitados problemas futuros, nas fases de implantação e operação do aterro sanitário.

#### 13.2.4. Implantação do aterro

De posse do projeto aprovado e da licença de instalação, iniciam-se as obras de implantação do aterro, através do cercamento, limpeza e raspagem do terreno e da fundação da balança (se existir controle de pesagem).

Os serviços devem ser executados observando-se as especificações técnicas e demais condições contidas no projeto executivo, bem como as orientações das normas técnicas da ABNT, do Ministério do Trabalho, do órgão de controle ambiental e da legislação ambiental em vigor, assim como as normas e padrões estabelecidos pelas concessionárias de serviços públicos (água, energia elétrica, telefonia, combate a incêndio e outros).

Para aterros de porte médio ou grande, a seqüência de construção deve ser a que se segue.

- Cercamento da área
- Serviços de limpeza da área
- Serviços de terraplanagem
- Serviços de montagem eletromecânica
- Estradas de acesso e de serviço
- Serviços de impermeabilização

- Serviços de drenagem
- Drenagem de chorume
- Serviços de construção civil
- Execução dos poços de monitoramento ambiental
- Serviços complementares
- Suprimento de materiais e equipamentos

### CERCAMENTO DA ÁREA



Acompanhando a cerca de arame, deve ser implantada uma barreira vegetal, com uma espessura mínima de 20 metros, que terá como objetivos impedir a visão da área operacional e auxiliar na dispersão do cheiro característico do lixo.

O cercamento da área deve ser executado para dificultar o ingresso de pessoas não autorizadas na área do aterro. Uma boa medida é construir a cerca, com aproximadamente dois metros de altura, com moirões de concreto nos quais são passados cinco fios de arame galvanizado, igualmente espaçados.

### SERVIÇOS DE LIMPEZA DA ÁREA

Compreendem a remoção da vegetação natural (desmatamento e destocamento) através de capina, roçada e raspagem da camada de solo vegetal nas áreas operacionais, tais como a área do aterro de lixo domiciliar e a da ETE, preservando-se, na medida do possível, os elementos de composição paisagística, mesmo que não assinalados no projeto.

### SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM

Os serviços de terraplanagem deverão seguir rigorosamente o projeto, sendo que o material de corte excedente deve ser armazenado em local adequado para servir, futuramente, como material de cobertura das células de lixo.

As camadas a serem compactadas devem ser umedecidas até atingir o grau de "umidade ótima".

A conclusão dos serviços de terraplanagem se dá com a execução do pátio de estocagem de materiais, localizado, preferencialmente, próximo à área operacional do aterro.

### SERVIÇOS DE MONTAGEM ELETROMECÂNICA

A montagem da balança deve seguir rigorosamente as instruções do fabricante, tomando-se os cuidados necessários para o perfeito nivelamento das plataformas de pesagem. Concluída a montagem, deve-se proceder à sua aferição oficial com o auxílio da equipe de fiscalização.

A balança rodoviária deve ser obrigatoriamente estaqueada, de forma a assegurar que suas plataformas de pesagem não sofram recalques e percam o nivelamento desejado.

#### **ESTRADAS DE ACESSO E DE SERVIÇO**

As estradas de acesso e de serviço devem ser executadas em pavimento primário, com acabamento em "bica corrida" ou entulho de obra selecionado. A pista de rolamento deve ter caimento uniforme para um dos lados, encaminhando toda a água de chuva para o sistema de drenagem que margeia a estrada.

Nos aterros de pequeno porte, os acessos internos podem ser construídos com vários materiais: saibro, rocha em decomposição, material de demolição e produtos de pedreira.

A espessura recomendada para as vias internas do aterro é de 30 a 50cm, compactadas em camadas de 15 a 25cm.

#### **SERVIÇOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

Os serviços de impermeabilização inferior do aterro de lixo domiciliar devem ser iniciados logo após a conclusão da remoção da camada de solo superficial da área operacional e consistem, basicamente, na instalação da manta de polietileno de alta densidade (PEAD) ou na execução de uma camada de argila com coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-6}$ cm/s e espessura superior a 80cm, que pode ser substituída pelo terreno natural, desde que com as mesmas características.

Concluída a implantação da camada de impermeabilização, passa-se à execução dos canais de drenagem da tubulação de coleta de chorume.

Os serviços de soldagem dos panos da manta de PEAD devem ser executados por equipe especializada, sendo desejável que o próprio fornecedor da manta se encarregue destes serviços.

A passagem da tubulação de coleta de chorume pela manta plástica deve ser feita com o auxílio de uma peça especial de PVC que já traz a manta soldada ao corpo do tubo.

#### **SERVIÇOS DE DRENAGEM**

Sempre que possível, a drenagem das águas pluviais deve ser feita através de valas escavadas no terreno, evitando-se o uso de tubulações enterradas.

Preferencialmente, o sistema de drenagem deve acompanhar as estradas de serviço.

#### **DRENAGEM DE CHORUME**

A coleta do chorume será feita por drenos implantados sobre a camada de impermeabilização inferior e projetados em forma de espinha de peixe, com drenos secundários conduzindo o chorume coletado para um dreno principal que irá levá-lo até um poço de reunião, de onde será bombeado para a estação de tratamento, conforme se mostra na Figura 37.

O leito destes drenos (drenos cegos) será em brita ou rachão, seguida de areia grossa e de areia média, a fim de evitar a colmatação do dreno pelos sólidos em suspensão presentes em grande quantidade no chorume. Eventualmente, pode-se substituir as camadas de areia por bidim ou geotêxtil similar.

Uma outra opção, mais efetiva, é se implantar dentro do leito de brita um tubo perfurado de PVC ou de PEAD. O conjunto tubo-brita também deve ser envolto por bidim ou geotêxtil similar, a fim de evitar a colmatação.

A Figura 38 apresenta a seção transversal desses dois tipos de dreno subterrâneo.

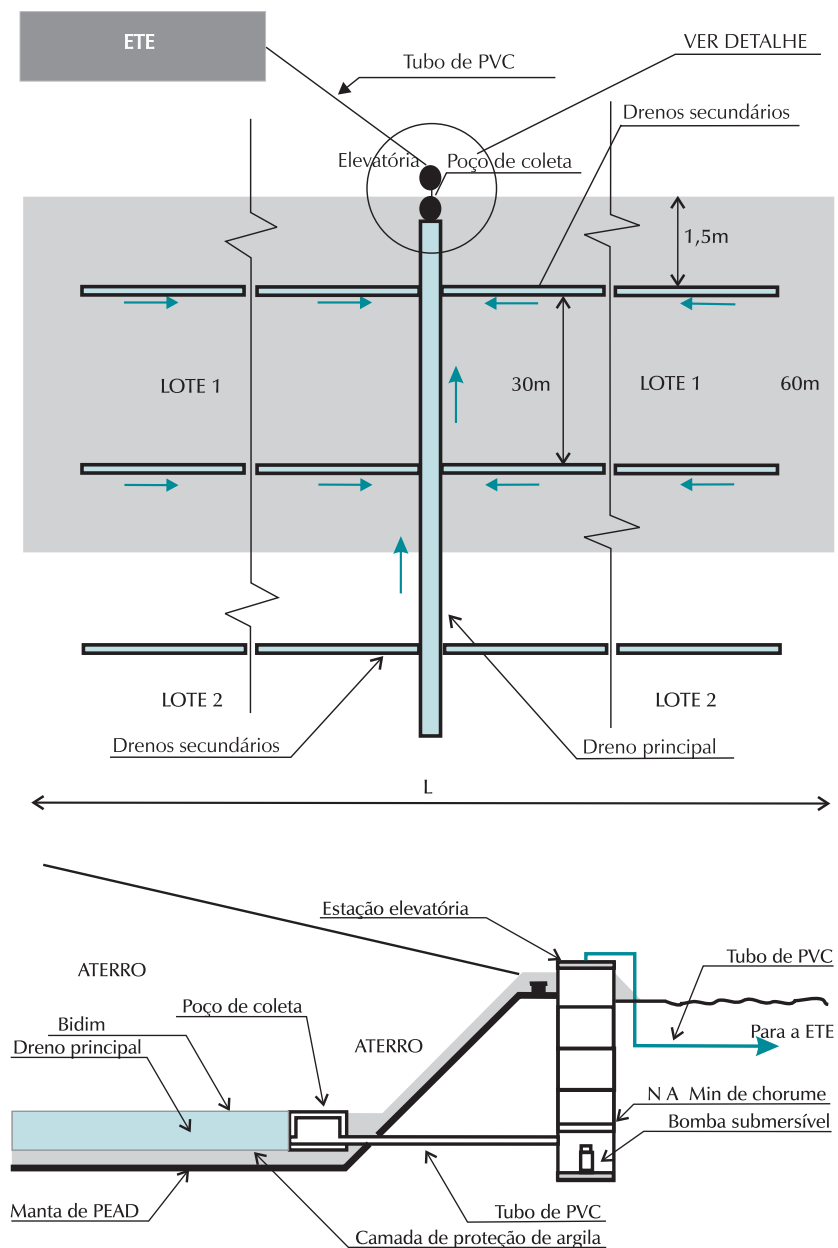


Figura 37 – Sistema de drenagem de chorume



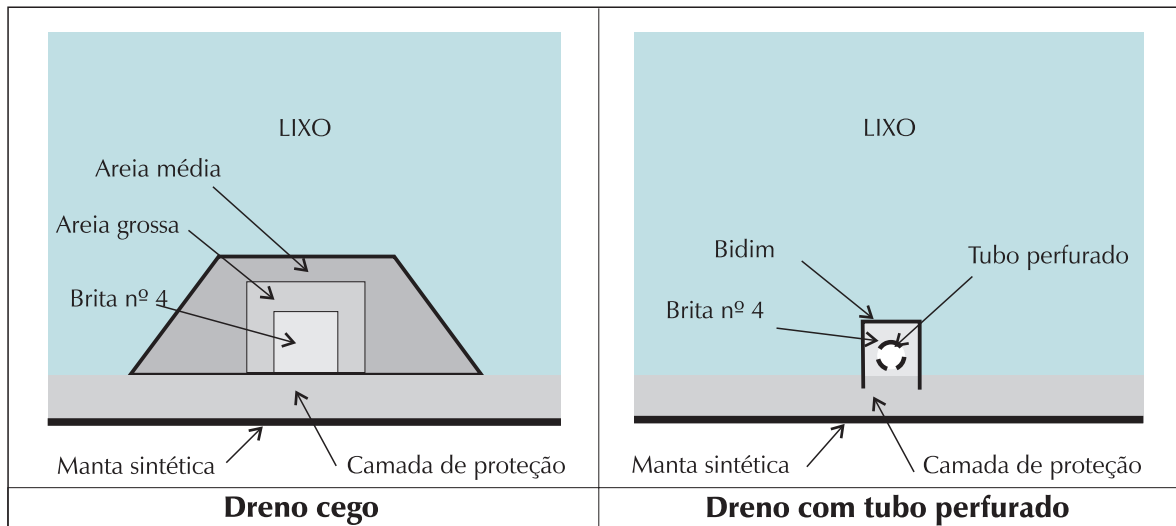


Figura 38 – Tipos de dreno subterrâneo

**SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os serviços de construção civil constam da execução das fundações e da superestrutura dos prédios de apoio e da estação de tratamento.

**EXECUÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

Deverão ser implantados pelo menos três poços de monitoramento, um a montante e dois a jusante da área operacional do aterro (ver Figura 39), com as características apresentadas na Figura 40.

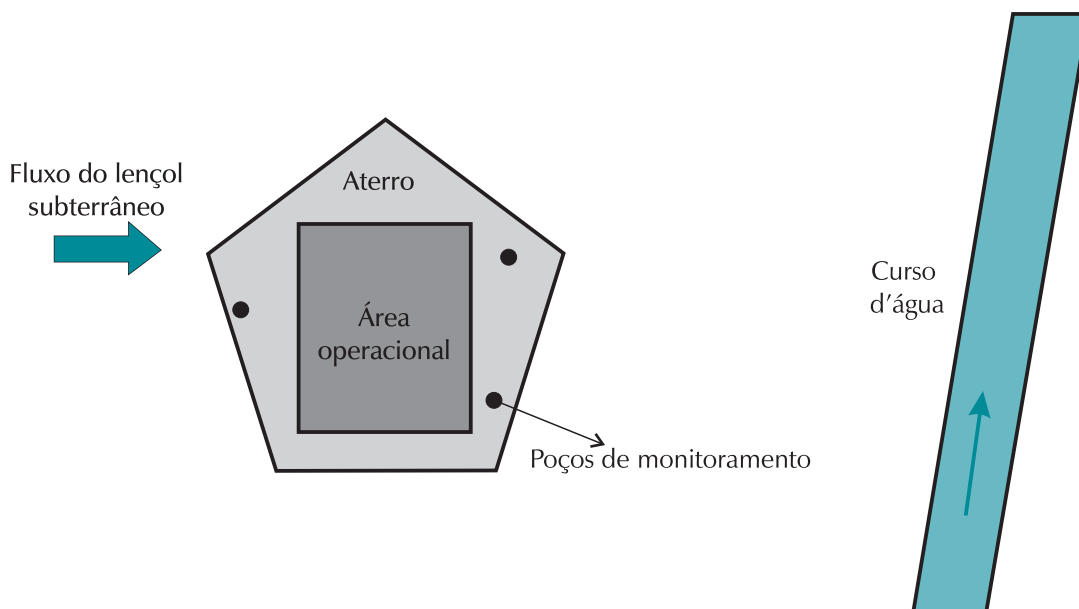


Figura 39 – Localização dos poços de monitoramento

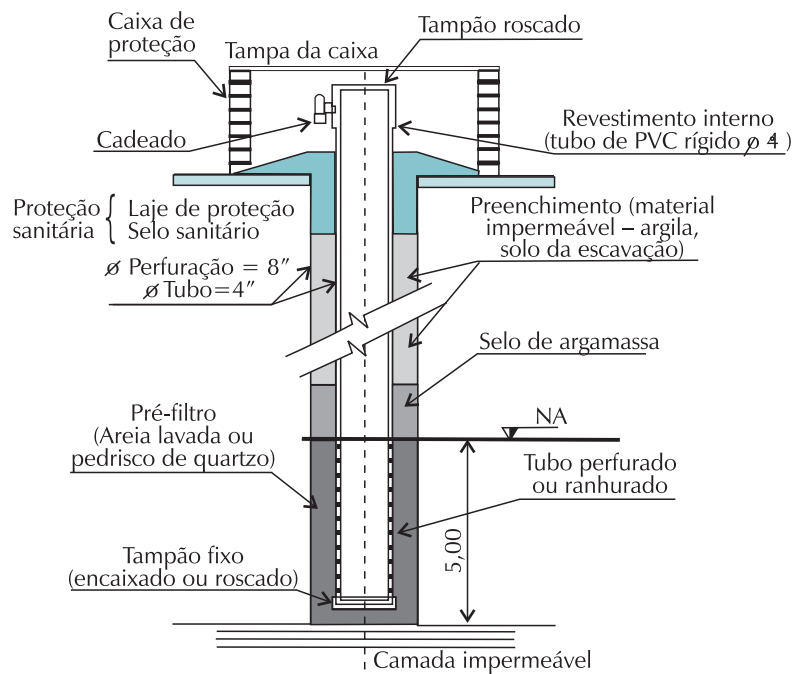


Figura 40 – Perfil esquemático do poço de monitoramento

### SERVIÇOS COMPLEMENTARES

Esses serviços se destinam a promover o acabamento da área geral do empreendimento e incorporam os serviços de paisagismo e limpeza geral.

### SUPRIMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Dependendo da localização do empreendimento, a aquisição de materiais e equipamentos pode não ser uma tarefa fácil de se executar.

Materiais característicos de obra civil devem ser adquiridos de fornecedores tradicionais do mercado, tanto quanto possível nas proximidades da própria obra ou nos municípios vizinhos, tomando-se cuidados adicionais com a aquisição de materiais mais especializados, como a manta de PEAD.

Quanto aos equipamentos e veículos necessários à execução das obras, a chegada dos mesmos ao canteiro deve obedecer ao cronograma da obra.

### 13.2.5. Operação de aterros médios e grandes

Uma vez concluídas as obras de implantação e obtida a licença de operação, pode-se dar início efetivo ao recebimento das cargas de lixo no aterro, que deverá obedecer a um plano operacional previamente elaborado.

O plano operacional deve ser simples, contemplando todas as atividades operacionais rotineiras em um aterro e garantindo uma operação segura.

**Operar o aterro através de ferramentas manuais** de fácil aquisição pode ser uma boa opção na redução dos custos para municípios de pequeno porte.

A escolha do terreno é o fator fundamental para o sucesso deste tipo de operação. O ideal é usar uma pequena depressão natural (seca) para vazamento dos resíduos.

Com o auxílio de enxadas, pilões, ancinhos, gadanhos e/ou forcados, pode-se ir espalhando o lixo e nivelando as superfícies superior e lateral em taludes de 1:1.

O recobrimento do lixo deve ser efetuado diariamente, ao término da jornada de trabalho.

A compactação do lixo pode ser efetuada por apiloamento. A operação é viável apenas para **volumes diários de lixo não superiores a 40m<sup>3</sup>** – aproximadamente 10t/dia.

Outra forma de operação manual seria a utilização de uma trincheira, escavada previamente por meio de equipamento mecânico (retroescavadeira, por exemplo), pertencente a outro órgão da prefeitura. O material proveniente da escavação será depositado em local próximo para depois servir como cobertura. O espalhamento e o nivelamento dos resíduos deverão ser efetuados manualmente, conforme o caso anterior.

A compactação pode ser feita pelo próprio tráfego dos veículos coletores sobre a área aterrada.

Para operar um aterro manualmente, é fundamental que os trabalhadores encarregados de espalhar e recobrir o lixo portem, além de ferramentas adequadas, vestimentas e luvas que lhes dêem proteção e segurança. As capas plásticas são necessárias para dias chuvosos.

- Controle dos resíduos
- Operações de aterro de lixo domiciliar e público
- Procedimentos operacionais
- Tratamento do chorume
- Sistema de drenagem de águas pluviais
- Drenagem de gases
- Monitoramento ambiental
- Monitoramento geotécnico e topográfico

## CONTROLE DOS RESÍDUOS

Ao ingressar no aterro, o veículo de coleta vai diretamente para a balança rodoviária, onde é pesado e onde são anotadas todas as informações a respeito da sua carga. Caso não haja balança, o veículo deve ir até a guarita de entrada, onde o encarregado fará as anotações que o identifiquem e à sua carga de resíduos, incluindo a estimativa do peso (ou volume) de lixo que está entrando.

Em seguida, o veículo se dirige à área operacional para descarregar o lixo.

### OPERAÇÕES DE ATERRO DE LIXO DOMICILIAR E PÚBLICO

O aterro normalmente é dividido em níveis, cada um dos quais com lotes de dimensões variadas, que se acham subdivididos em células dimensionadas para aproximadamente 20 dias de operação.

Na escolha do método construtivo do aterro há três fatores a considerar:

- topografia;
- tipo de solo;
- profundidade do lençol freático.

Existem três métodos construtivos usuais, quais sejam:

**Método da Trincheira** – É a técnica mais apropriada para terrenos que sejam planos ou pouco inclinados, e onde o lençol freático esteja situado a uma profundidade maior em relação à superfície.

**Método da Rampa** – Indicado quando a área a ser aterrada é plana, seca e com um tipo de solo adequado para servir de cobertura. A permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático confirmarão ou não o uso desta técnica.

**Método da Área** – É uma técnica adequada para zonas baixas, onde dificilmente o solo local pode ser utilizado como cobertura. Será necessário retirar o material de jazidas que, para economia de transporte, devem estar localizadas o mais próximas possível do local a ser aterrado. No mais, os procedimentos são idênticos ao método da rampa.

Os procedimentos para a execução da obra são quase os mesmos, independentemente do método seguido. As regras básicas para a execução de um aterro sanitário são:

- o espalhamento e a compactação do lixo deverão ser efetuados, sempre que possível, de baixo para cima, a fim de se obter um melhor resultado;
- para uma boa compactação, o espalhamento do lixo deverá ser feito em camadas não muito espessas de cada vez (máximo de 50cm), com o trator dando de três a seis passadas sobre a massa de resíduos;
- a altura da célula deve ser de quatro a seis metros para que a decomposição do lixo aterrado ocorra em melhores condições;
- a inclinação dos taludes operacionais mais utilizada é de um metro de base para cada metro de altura nas células em atividade e de três metros de base para cada metro de altura nas células já encerradas;
- a camada de solo de cobertura ideal é de 20 a 30cm para os recobrimentos diários de lixo;
- uma nova célula será instalada no dia seguinte em continuidade à que foi concluída no dia anterior;

- a execução de uma célula em sobreposição à outra ou o recobrimento final do lixo só deverá acontecer após um período de cerca de 60 dias;
- a camada final de material de cobertura deverá ter a espessura mínima de 50cm;
- a largura da célula deverá ser a menor possível (em geral, suficiente para descarga de três a cinco caminhões coletores).

## PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Os procedimentos operacionais a serem adotados são os seguintes:

- preparo da frente de trabalho que se compõe de uma praça de manobras em pavimento primário, com dimensões suficientes para o veículo descarregar o lixo e fazer a manobra de volta;
- enchimento da Célula 1, que consiste no espalhamento do lixo por um trator de esteiras, em camadas de 50cm, seguido da sua compactação por, pelo menos, três passadas consecutivas do trator;
- cobrimento do topo da célula, com caimento de 2% na direção das bordas, e dos taludes internos com a capa provisória de solo, na espessura de 20cm;
- cobrimento dos taludes externos com a capa definitiva de argila, na espessura de 50cm;
- alguns dias antes do encerramento da Célula 1, prolongar a frente de trabalho, com as mesmas dimensões da anterior para atender à Célula 2;
- após o encerramento da Célula 1, executar o dreno de gás;
- repetir as mesmas operações de enchimento da célula anterior e preparo da célula seguinte até que todo o lote 1 seja preenchido;
- repetir as mesmas operações para o enchimento dos lotes 2, 3 e assim sucessivamente até completar todo o nível inferior;
- proceder ao enchimento da Célula 1 do nível superior seguindo a mesma seqüência de operações utilizada para o nível inferior;
- quando se estiver aterrando as células do último nível, proceder à cobertura final da célula encerrada com uma capa de argila compactada de 50cm de espessura, dando um caimento de 2% no sentido das bordas;
- repetir a seqüência de operações até o enchimento completo de todos os lotes em todos os níveis.

## TRATAMENTO DO CHORUME

A principal característica do chorume é a variabilidade de sua composição em decorrência do esgotamento progressivo da matéria orgânica biodegradável. Por essa razão, o elevado potencial poluidor do "chorume novo" vai se reduzindo paulatinamente até atingir níveis que dispensam seu tratamento, ao final de 10 anos ("chorume velho").

A Tabela 26 apresenta as faixas de variação de alguns parâmetros para chorumes de aterros brasileiros.

Tabela 26

Faixa de variação da composição de chorumes			
PARÂMETROS		FAIXA DE VARIAÇÃO	
		MÍNIMO	MÁXIMO
pH	(un.)	5,9	8,7
Nitrogênio total - Kjeldahl		15,0	3.140,0
Nitrogênio nitrato		0,0	5,5
Nitrogênio nitrito		0,0	0,1
Nitrogênio amoniacal		6,0	2.900,0
DQO		966,0	28.000,0
DBO <sub>5</sub>		480,0	19.800,0
Cloretos		50,0	11.000,0
Sulfatos		0,0	1.800,0
Fósforo total		3,7	14,3
Cobre		0,0	1,2
Chumbo		0,0	2,3
Ferro		0,2	6.000,0
Manganês		0,1	26,0
Zinco		0,1	35,6
Cádmio		0,0	0,2
Cromo total		0,0	3,9
Coliformes fecais	(un.)	49,0	4,9 x 10 <sup>7</sup>
Coliformes totais	(un.)	230,0	1,7 x 10 <sup>8</sup>

Nota: Todas as unidades em mg/l, exceto onde indicado.

Fonte: IESA, 1993.

Também o volume de chorume produzido num aterro varia sazonalmente em função das condições climáticas da região e do sistema de drenagem local, sofrendo a influência da temperatura, do índice de precipitação pluviométrica, da evapotranspiração, da existência de material de cobertura para as células, da permeabilidade do material de cobertura utilizado, da cobertura vegetal da área do aterro e ainda de muitos outros fatores.

A melhor forma de se determinar a vazão de chorume gerada em um aterro é através da medição direta. Uma outra forma para se estimar as vazões de aterros sanitários é através de uma correlação direta com a geração de chorume em aterros conhecidos, embora, para isso, tenha que se admitir uma série de simplificações.

Uma forma expedita de se calcular a vazão de chorume, em  $m^3/\text{dia}$ , num aterro sanitário é multiplicar a extensão da área operacional, em  $m^2$ , pelos índices:

- 0,0004 para lixo coberto com solo argiloso;
- 0,0006 para lixo coberto com solo arenoso;
- 0,0008 para lixo descoberto.

A forma de tratamento mais empregada é através de lagoas aeróbias precedidas de um gradeamento manual ou peneiramento mecânico e de um tanque de equalização onde o chorume deve ficar retido, pelo menos 24 horas, para homogeneizar ao máximo a sua composição (ver Figura 41).

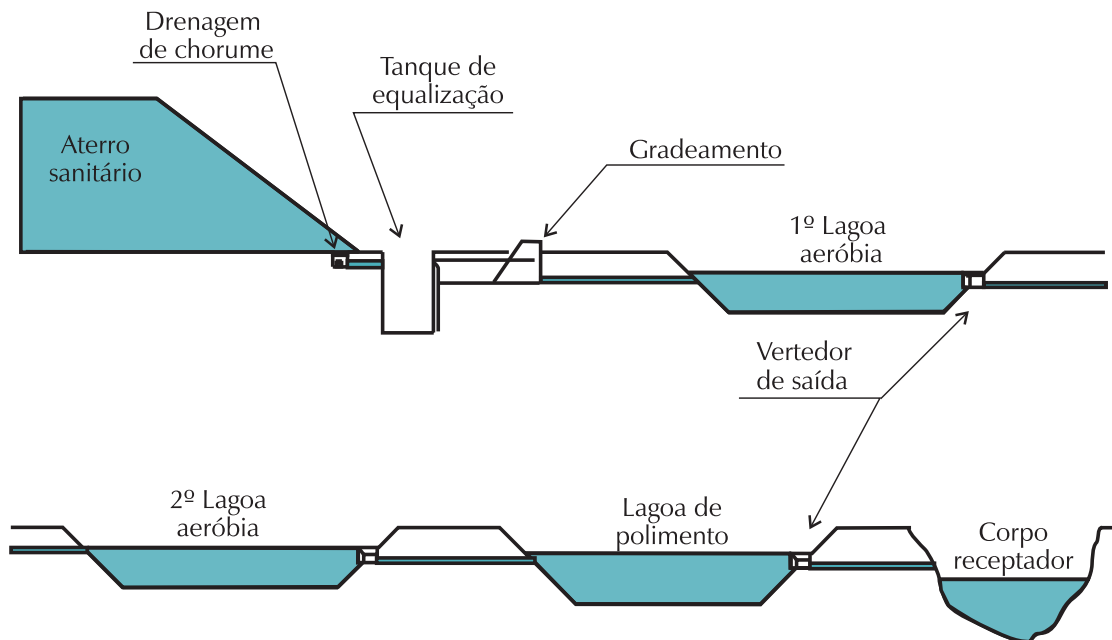


Figura 41 – Tratamento em lagoas aeróbias

É conveniente que no tanque de equalização seja instalado um conjunto de aeração superficial, para efetuar uma melhor homogeneização da massa líquida e também para melhorar as condições aeróbias do chorume.

As lagoas de estabilização do tipo aeróbia possuem as seguintes características básicas:

- formato: tronco-piramidal;



- profundidade: 1,5 metro;
- tempo de detenção: 25 dias, no mínimo.

A entrada nessas lagoas deve ser através de uma tubulação dupla para melhorar o fluxo hidráulico do chorume dentro da lagoa, evitando cantos mortos e curtos-circuitos. A saída do efluente deve ser por meio de vertedores de altura variável, assegurando o tempo mínimo de permanência do chorume no interior das lagoas para qualquer vazão afluyente.

Dessa série de lagoas, o efluente sofre um polimento final numa pequena lagoa, também aeróbia e com as mesmas características físicas das duas anteriores, mas com capacidade para reter o chorume tratado por sete dias.

As margens das lagoas devem ser tratadas de modo a não permitir o crescimento de vegetação na interface ar-efluente, uma vez que esta vegetação serve de abrigo para mosquitos e outros vetores.

A remoção do lodo deve ser feita periodicamente para não interferir na eficiência do sistema de tratamento.

O lodo removido deve ser seco em um leito de secagem e removido de volta para o interior do aterro sanitário, enquanto a fração líquida pode ser descartada diretamente no corpo receptor.

A forma mais correta de se definir o tipo de tratamento a ser utilizado é através da realização de um estudo de tratabilidade do chorume conduzido em bancada de laboratório, sendo desaconselhável o uso de dados bibliográficos no dimensionamento das unidades para o seu tratamento.

A medição da vazão de chorume deve ser feita em pelo menos dois pontos do sistema de tratamento:

- logo após o poço de coleta de chorume ou imediatamente antes do tanque de equalização;
- imediatamente antes do lançamento no corpo receptor.

O efluente bruto e o efluente tratado devem ser monitorados periodicamente.

Outra forma usual de se tratar o chorume é através de sua recirculação para o interior da massa de lixo com a utilização de aspersores, caminhão-pipa ou de leitos de infiltração.

Nesse processo, o chorume vai perdendo sua toxicidade (basicamente carga orgânica), pelo fato de estar sendo aerado e também pela ação biológica dos microorganismos presentes na massa de lixo.

Além disso, parte do chorume recirculado sofre evaporação, sendo importante que os bicos dos aspersores sejam regulados

para atuar como vaporizadores, aumentando a taxa de evaporação.

Visto que a evaporação é um fator importante para a recirculação do chorume, este processo só deve ser adotado em regiões onde o balanço hídrico seja negativo, isto é, em regiões onde a taxa de evaporação é maior do que a precipitação pluviométrica.

Outro ponto importante que deve ser ressaltado são as dimensões do poço de reunião do chorume, que devem ser suficientes para armazenar uma grande quantidade deste líquido, evitando que a bomba de recirculação entre em funcionamento em intervalos muito curtos. O ideal é que ele seja projetado para armazenar um dia da geração de chorume na época das chuvas, permitindo que a recirculação seja feita apenas uma vez por dia e, preferencialmente, ao longo das oito horas em que o operador está presente na área do aterro.

As desvantagens desse processo estão ligadas ao grande consumo de energia elétrica e à sua dependência de um bom suprimento de energia e de um bom funcionamento do conjunto motobomba, uma vez que, caso haja falta de energia ou uma pane na bomba de recirculação, o chorume bruto seja inevitavelmente lançado em algum corpo d'água, podendo causar danos ao meio ambiente.

A situação ideal é que a recirculação seja realizada de forma complementar a um dos processos de tratamento convencional de chorume, como lagoas de estabilização ou lodos ativados.

A Figura 42 apresenta um sistema de recirculação por leito de infiltração.

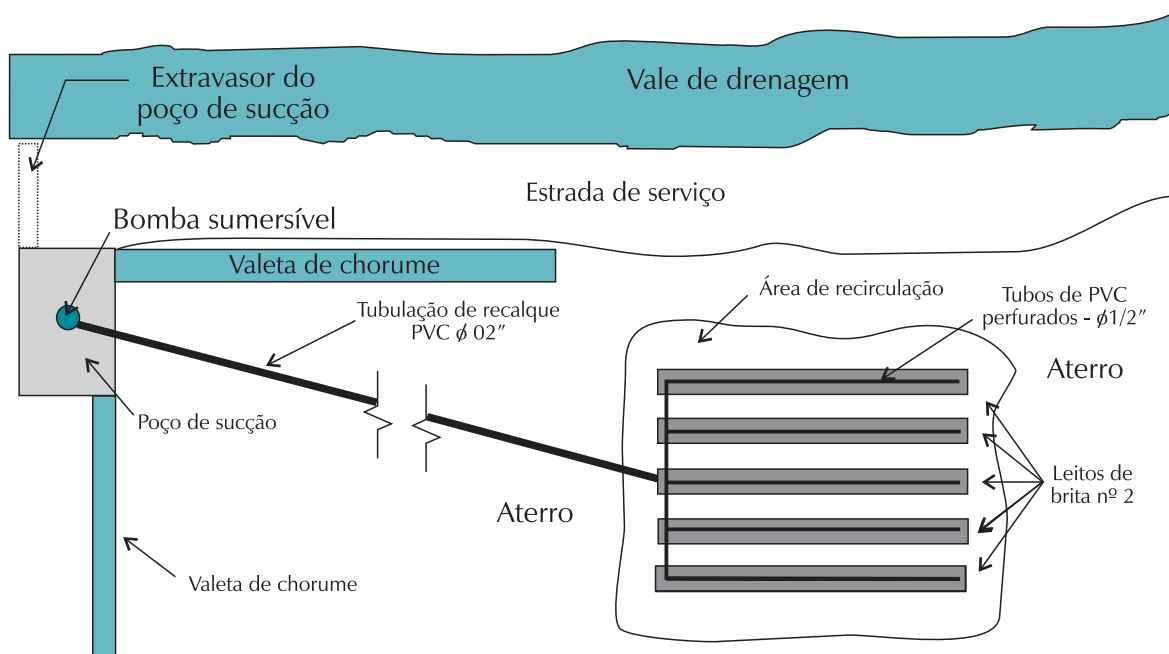


Figura 42 – Recirculação por leito de infiltração

Outros processos de tratamento de chorume são o sistema de lodos ativados (Figura 43) e a evaporação (Figura 44).

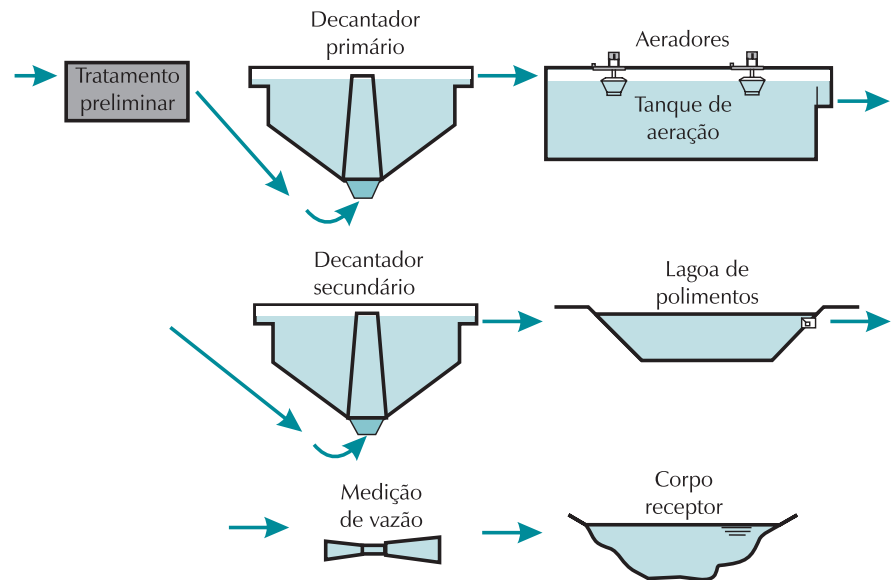


Figura 43 – Lodos ativados

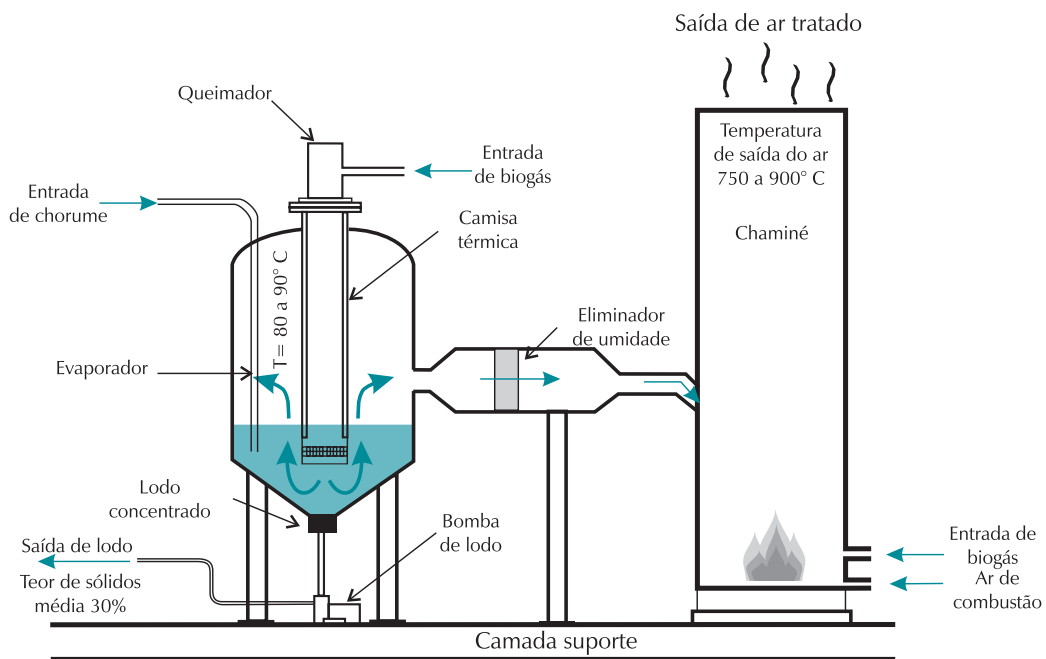


Figura 44 – Evaporador de chorume

No sistema de lodos ativados, o chorume passa por um tratamento preliminar que, em geral, consiste em um gradeamento grosseiro, sendo posteriormente encaminhado a um decantador primário, onde há a retenção dos sólidos sedimentáveis primários. Em seguida, é encaminhado a um tanque de aeração, onde aeradores, normalmente superficiais, injetam ar na massa líquida, permitindo que as bactérias aeróbias

realizem a estabilização da matéria orgânica, gerando um lodo secundário que permanece em suspensão.

O efluente do tanque de aeração vai para um decantador secundário, onde o lodo gerado anteriormente é precipitado. Parte desse lodo retorna ao tanque de aeração, enquanto o restante do lodo depositado se junta ao lodo do decantador primário, indo ter a um leito de secagem. O lodo seco é encaminhado de volta ao aterro.

Após o decantador secundário, a fração líquida segue para uma lagoa de polimento, similar à do processo de lagoas aeróbias, de onde é lançado no corpo receptor.

Já no processo de evaporação, o chorume é enviado para um tanque metálico, o evaporador, onde é aquecido a uma temperatura entre 80 e 90°C, o que faz com que parte da fração líquida se evapore, concentrando o teor de sólidos do chorume.

O vapor quente, quando sai do evaporador, passa por um filtro retentor de umidade e vai para uma câmara de aquecimento final, de onde é lançado, seco, na atmosfera.

O lodo adensado, com cerca de 30% de material sólido, sai pela parte inferior do evaporador e é vazado no aterro.

A grande vantagem deste processo é seu baixo custo operacional, pois o combustível utilizado para evaporar o chorume é o biogás captado no próprio aterro.

Entretanto, qualquer que seja a alternativa de tratamento escolhida, o efluente deve atender aos padrões de lançamento impostos pelo órgão de controle ambiental. A Tabela 27 apresenta os padrões de lançamento, em mg/l, exigidos pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA –, órgão ambiental do Estado do Rio de Janeiro, para corpos receptores de água doce.

Tabela 27

Padrões de lançamento		
PARÂMETROS	NT 202	DZ 205*
pH (un.)	5,0 a 9,0	–
Cor (Pt-Co)	Ausente	–
Materiais sedimentáveis	1,0	–
Óleos e graxas	20,0	–
Detergentes (MBAS)	2,0	–
DBO <sub>5</sub>	–	90%
DQO	–	90%

PARÂMETROS	NT 202	DZ 205*
Fenóis	0,2	–
Cobre	0,5	–
Ferro	15,0	–
Manganês	1,0	–
Zinco	1,0	–
Cádmio	0,1	–
Cromo total	0,5	–
Níquel	1,0	–
Chumbo	0,5	–

\* A DZ 205 se refere à eficiência do sistema de tratamento, mas pode ser passível de negociação, dependendo dos valores do efluente bruto e das características do corpo receptor.

#### SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de drenagem deve ser mantido limpo e desobstruído, principalmente as travessias enterradas.

#### DRENAGEM DE GASES

O sistema de drenagem de gases é composto por poços verticais de 50cm de diâmetro, espaçados de 50 a 60m entre si, e executados em brita ou rachão.

Existem dois métodos de se executar os drenos de gás: subindo o dreno à medida que o aterro vai evoluindo ou escavar a célula encerrada para implantar o dreno, deixando uma guia para quando se aterrar em um nível mais acima.

Uma vez aberto o poço, o solo ao seu redor, num raio de aproximadamente dois metros, deve ser aterrado com uma camada de argila de cerca de 50cm de espessura, para evitar que o gás se disperse na atmosfera.

O topo do poço deve ser encimado por um queimador, normalmente constituído por uma manilha de concreto ou de barro vidrado colocada na posição vertical.

O sistema de drenagem de gases deve ser vistoriado permanentemente, de forma a manter os queimadores sempre acesos, principalmente em dias de vento forte.

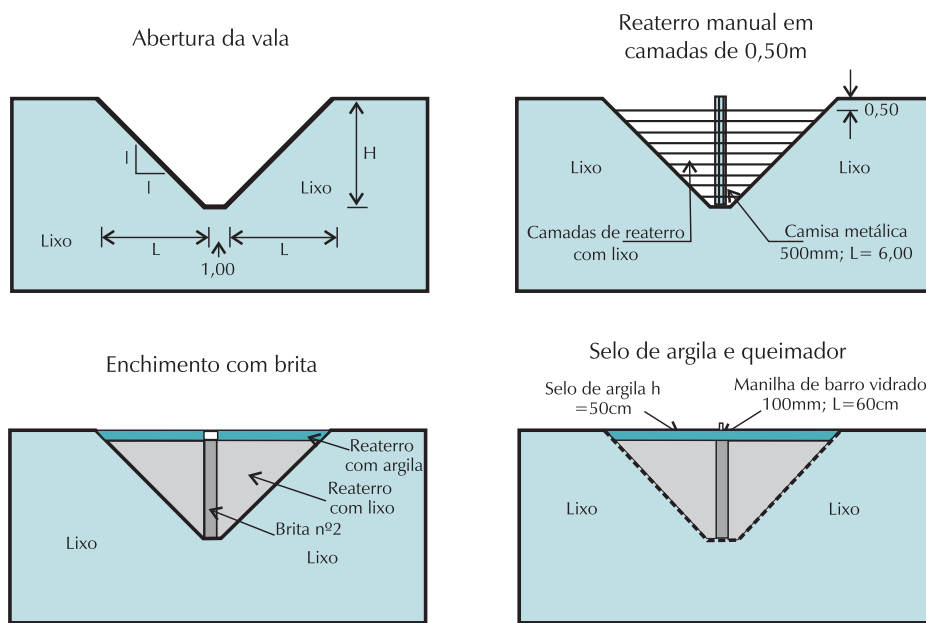


Figura 45 – Execução dos poços de drenagem de gás

### MONITORAMENTO AMBIENTAL

O monitoramento das massas d'água do entorno do aterro deve começar antes do início da operação, com a coleta e análise de amostras dos corpos d'água próximos, inclusive do lençol freático, para se avaliar a qualidade atual dos mesmos e poder efetuar comparações futuras.

O segundo instante do monitoramento ambiental se dá a partir do momento em que se começa a coletar o chorume para tratamento.

A frequência de amostragem, assim como os parâmetros a serem analisados devem ser estabelecidos em comum acordo com o órgão de controle ambiental.

Exemplo de um Programa de Monitoramento Ambiental:

- Mensalmente, análises físico-químicas e bacteriológicas do sistema de tratamento, nos efluentes bruto e tratado, envolvendo ensaios de pH, DBO, DQO, resíduos sedimentáveis, totais e fixos e colimetria.
- Trimestralmente, análises dos poços de monitoramento construídos e dos locais de coleta nos corpos d'água de superfície, a montante e jusante do aterro, ensaiando os mesmos parâmetros.

### MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E TOPOGRÁFICO

Todo o trabalho de enchimento das células do aterro deve ser acompanhado topograficamente, até a execução da declividade do platô final acabado. Também deve ser realizado um cuidadoso acompanhamento topográfico da execução da declividade de fundo dos drenos secundários e do coletor principal, de modo a assegurar o perfeito escoamento do chorume coletado.

Além desses acompanhamentos executivos, devem ser implantados alguns marcos de concreto nas frentes de trabalho, com vistas a se poder calcular o recalque diferencial das camadas aterradas. Esses marcos devem ser lidos mensalmente, acentuando-se a frequência de leitura no caso de recalques expressivos.

A leitura desses marcos também servirá para se fazer a verificação da estabilidade geotécnica do aterro, através da medição dos deslocamentos horizontais dos mesmos.

### 13.2.6. Equipamentos utilizados

Os equipamentos normalmente empregados nas operações em um aterro sanitário são:

- trator de esteiras – provido de lâmina para espalhamento, compactação e recobrimento do lixo;
- caminhão basculante – para transporte de material de cobertura e de material para a execução dos acessos internos;
- pá mecânica – para carregamento dos caminhões;
- retroescavadeira – para abertura e manutenção das valas de drenagem;
- caminhão-pipa – para abastecimento d'água, para redução da poeira nas vias internas e umedecimento dos resíduos mais leves (papéis, plásticos etc.) evitando seu espalhamento.

A escassez de recursos financeiros, a dificuldade de mão-de-obra especializada para manutenção e a inexistência de um sistema de pronta reposição de peças sobressalentes são fatores que não podem deixar de ser considerados na seleção dos equipamentos. O método de operação do aterro será o principal fator determinante.

Para municípios de pequeno porte, que não dispõem de equipamentos específicos para operação no aterro, uma solução pode ser a utilização periódica de máquinas pertencentes a outros setores da prefeitura, como, por exemplo, as usadas para conservação das estradas.

### 13.3. Aterros controlados

Como já mencionado no início deste capítulo, a diferença básica entre um aterro sanitário e um aterro controlado é que este último prescinde da coleta e tratamento do chorume, assim como da drenagem e queima do biogás. No mais, o aterro controlado deve ser construído e operado exatamente como um aterro sanitário.



Por não possuir sistema de coleta de chorume, esse líquido fica retido no interior do aterro. Assim, é conveniente que o volume de água de chuva que entre no aterro seja o menor possível, para minimizar a quantidade de chorume gerado. Isso pode ser conseguido empregando-se material argiloso para efetuar a camada de cobertura provisória e executando-se uma camada de impermeabilização superior quando o aterro atinge sua cota máxima operacional.

Também é conveniente que a área de implantação do aterro controlado tenha um lençol freático profundo, a mais de três metros do nível do terreno.

Normalmente, um aterro controlado é utilizado para cidades que colem até 50t/dia de resíduos urbanos, sendo desaconselhável para cidades maiores.

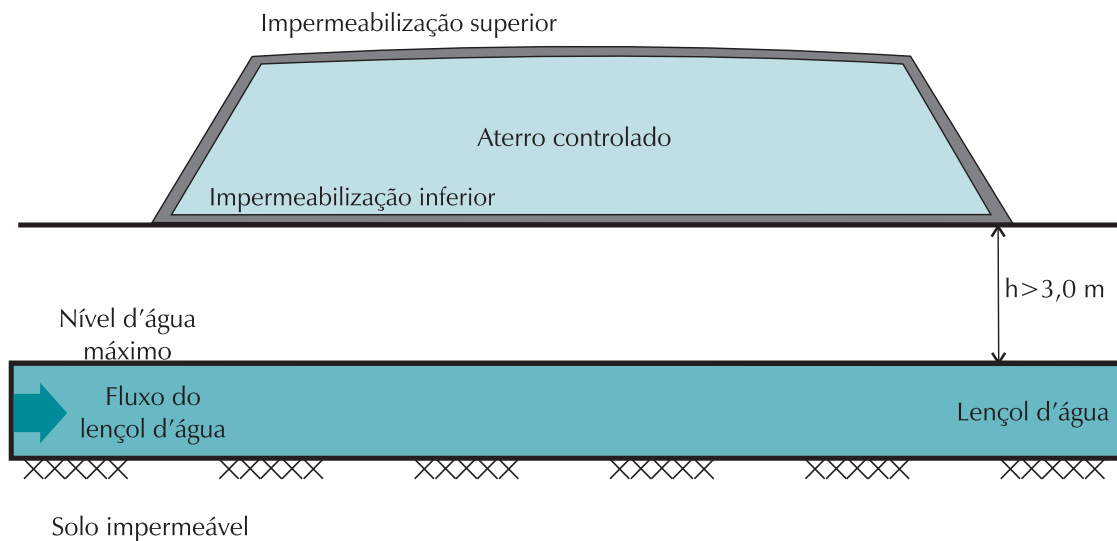


Figura 46 – Seção transversal de um aterro controlado

### 13.4. Recuperação ambiental de lixões

O "lixão" é uma forma inadequada de se dispor os resíduos sólidos urbanos porque provoca uma série de impactos ambientais negativos. Portanto, os lixões ou vazadouros devem ser recuperados para que tais impactos sejam minimizados.

Teoricamente, a maneira correta de se recuperar uma área degradada por um lixão seria proceder à remoção completa de todo o lixo depositado, colocando-o num aterro sanitário e recuperando a área escavada com solo natural da região.

Entretanto, os custos envolvidos com tais procedimentos são muito elevados, inviabilizando economicamente este processo.

Uma forma mais simples e econômica de se recuperar uma área degradada por um lixão baseia-se nos seguintes procedimentos:

- entrar em contato com funcionários antigos da empresa de limpeza urbana para se definir, com a precisão possível, a extensão da área que recebeu lixo;
- delimitar a área, no campo, cercando-a completamente;
- efetuar sondagens a trado para definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada;
- remover o lixo com espessura menor que um metro, empilhando-o sobre a zona mais espessa;
- conformar os taludes laterais com a declividade de 1:3 (V:H);
- conformar o platô superior com declividade mínima de 2%, na direção das bordas;
- proceder à cobertura da pilha de lixo exposto com uma camada mínima de 50cm de argila de boa qualidade, inclusive nos taludes laterais;
- recuperar a área escavada com solo natural da região;
- executar valetas retangulares de pé de talude, escavadas no solo, ao longo de todo o perímetro da pilha de lixo;
- executar um ou mais poços de reunião para acumulação do chorume coletado pelas valetas;
- construir poços verticais para drenagem de gás;
- espalhar uma camada de solo vegetal, com 60cm de espessura, sobre a camada de argila;
- promover o plantio de espécies nativas de raízes curtas, preferencialmente gramíneas;
- aproveitar três furos da sondagem realizada e implantar poços de monitoramento, sendo um a montante do lixão recuperado e dois a jusante.

Porém, a recuperação do lixão não se encerra com a execução dessas obras. O chorume acumulado nos poços de reunião deve ser recirculado para dentro da massa de lixo periodicamente, através do uso de aspersores (similares aos utilizados para irrigar gramados) ou de leitos de infiltração; os poços de gás devem ser vistoriados periodicamente, acendendo-se aqueles que foram apagados pelo vento ou pelas chuvas; e a qualidade da água subterrânea deve ser controlada através dos poços de monitoramento implantados, assim como as águas superficiais dos corpos hídricos próximos.

Devido às dificuldades em se encontrar locais adequados para a implantação de aterros sanitários, é conveniente que se continue a utilizar a área recuperada como aterro. Nesse caso, a seqüência de procedimentos se modificará a partir do sétimo passo, assumindo a seguinte configuração:

- proceder à cobertura da pilha de lixo exposto com uma camada mínima de 50cm de argila de boa qualidade, inclusive nos taludes laterais, com exceção do talude lateral que será usado como futura frente de trabalho;
- preparar a área escavada para receber mais lixo, procedendo à sua impermeabilização com argila de boa qualidade (e > 50cm) e executando drenos subterrâneos para a coleta de chorume;
- executar valetas retangulares de pé de talude, escavadas no solo, ao longo da pilha de lixo, com exceção do lado que será usado como futura frente de trabalho;
- executar um ou mais poços de reunião para acumulação do chorume coletado pelas valetas;
- construir poços verticais para drenagem de gás;
- passar a operar o lixão recuperado como aterro sanitário;
- implantar poços de monitoramento, sendo um a montante do lixão recuperado e dois a jusante da futura área operacional.

### 13.5. A situação dos catadores

Numa economia em retração, com redução da oferta de empregos, concentração de atividades econômicas no setor terciário e desativação de frentes de trabalho na construção civil, ocorre o desemprego de grande quantidade de pessoas de baixa qualificação profissional, que passam a apelar para qualquer tipo de trabalho que garanta, pelo menos, sua sobrevivência e a da sua família.

A catação do lixo em aterros e nas ruas das cidades, embora seja uma atividade insalubre, é um trabalho alternativo que vem sendo cada vez mais difundido no Brasil.

Segundo dados levantados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB/RJ –, em 1993, 87% dos catadores declararam a catação de lixo como sua principal fonte de renda/trabalho, sendo que 13% declararam não ter tido nunca outra ocupação, ou seja, as pessoas de baixo nível de escolaridade encaram a catação de lixo em aterros municipais como uma profissão.

Assim, caso não se ofereça nenhuma alternativa de renda àqueles que se dedicam a esta atividade, pode-se ter como certa a presença de catadores no interior do aterro, movimentando-se livremente pela área operacional, junto com os caminhões dos sucateiros, dificultando as operações de espalhamento, compactação e cobertura do lixo, e com altos riscos de sofrerem acidentes causados pelas máquinas que operam no aterro. Em qualquer hipótese, não deve ser permitida a presença de crianças na área do aterro, devendo o poder público criar, para elas, programas de permanência integral em escolas ou centros de esportes ou lazer, além de um sistema de compensação de renda aos pais pela não participação dos filhos no trabalho de catação.

### 13.6. Disposição de resíduos domiciliares especiais

#### 13.6.1. Disposição de resíduos da construção civil

Como visto no capítulo referente a tratamento dos resíduos, a solução ideal para os resíduos da construção civil é a reciclagem. Entretanto, seu descarte em aterros sanitários pode se tornar uma solução interessante para regiões onde o material de cobertura do lixo disposto é escasso.

#### 13.6.2. Disposição de pilhas e baterias

Uma vez que as pilhas e baterias são resíduos perigosos Classe I, sua destinação final é a mesma indicada para os resíduos industriais Classe I.

Apenas a título de exemplo são enumeradas a seguir três iniciativas adotadas pelo setor privado na cidade do Rio de Janeiro para a coleta e disposição final adequada das pilhas e baterias.

- **Associação dos Serviços Autorizados em Eletrônica do Rio de Janeiro – ASAERJ** – Iniciou um projeto que conta com uma rede de 19 cestas coletoras de pilhas e baterias instaladas em suas lojas. A ASAERJ recolhe mensalmente os resíduos, armazenando-os adequadamente com o objetivo de acumulá-los para a execução de um teste de tratamento em reciclagem a ser realizado em São Paulo.
- **Motorola** – Já está coletando baterias de celulares desde dezembro de 1998 e, até meados de 2001, já recolheu 10 mil baterias de telefones móveis. A empresa disponibiliza um telefone de atendimento ao cliente (0800-121244), através do qual fornece os endereços dos postos que possuem urnas especiais destinadas ao recebimento de baterias usadas.
- **Ericsson** – Lançou seu programa de coleta em 13 de setembro de 1999 na região Sul do Brasil, nos estados do Paraná e Santa Catarina, e posteriormente lançará seu programa no Nordeste.

### 13.6.3. Disposição de lâmpadas fluorescentes

Pequenas quantidades de lâmpadas quebradas acidentalmente podem ser descartadas como lixo comum. Contudo, o destino adequado, quando em quantidades consideráveis, é o aterro Classe I, devido à presença do mercúrio.

### 13.6.4. Disposição de pneus

No Brasil, dados apontaram uma produção de 35 milhões de pneus em 1995.

A destinação mais comum no Brasil tem sido a queima a céu aberto (para a extração dos arames de aço), o lançamento em terrenos baldios e lixões (que são um dos principais veículos de proliferação do mosquito da dengue) e o descarte em aterros municipais (que não estão preparados para receber este tipo de resíduo).

A fim de resolver os problemas relacionados com o descarte inadequado de pneumáticos, recomenda-se como solução de destino final proceder à trituração dos pneus, dispondo-os em um aterro sanitário.

## 13.7. Disposição dos resíduos de fontes especiais

### 13.7.1. Disposição de resíduos sólidos industriais

Os métodos de destinação mais empregados são os seguintes.

- *Landfarming*
- Aterros industriais:
  - Aterros classe II
  - Aterros classe I
- Barragens de rejeito
- Outras formas de disposição

## LANDFARMING

*Landfarming* é um tratamento biológico no qual a parte orgânica do resíduo é decomposta pelos microorganismos presentes na camada superficial do próprio solo. É um tratamento muito utilizado na disposição final de derivados de petróleo e compostos orgânicos.

O tratamento consiste na mistura e homogeneização do resíduo com a camada superficial do solo (zona arável – 15 a 20cm). Concluído o trabalho de degradação pelos microorganismos, nova camada de resíduo pode ser aplicada sobre o mesmo solo, repetindo-se os mesmos procedimentos sucessivamente. Porém o processo de *landfarming* demanda áreas extensas na medida em que as camadas, ainda que sucessivas, são pouco espessas.

A Figura 47 apresenta uma seção esquemática de uma área de *landfarming*.

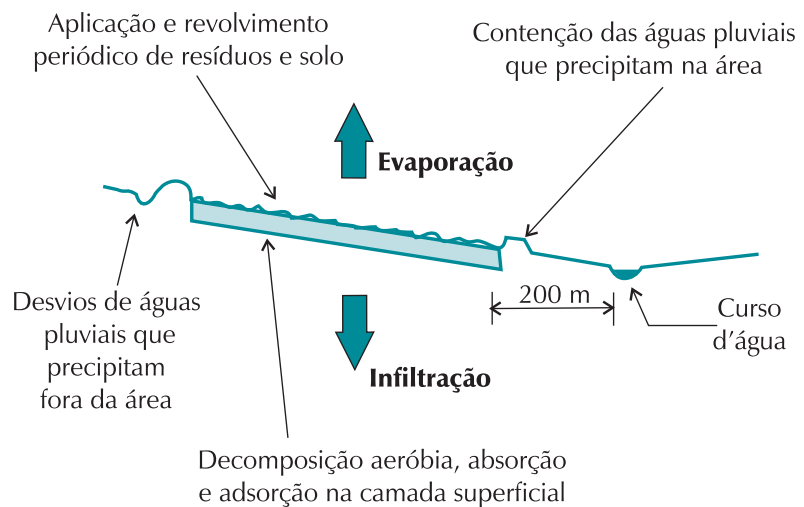


Figura 47 – Esquema de *landfarming*

## ATERROS INDUSTRIAIS

Os aterros industriais podem ser classificados nas classes I, II ou III, conforme a periculosidade dos resíduos a serem dispostos, ou seja, os aterros Classe I podem receber resíduos industriais perigosos; os Classe II, resíduos não-inertes; e os Classe III, somente resíduos inertes.

Qualquer que seja o aterro destinado a resíduos industriais, são fundamentais os sistemas de drenagem pluvial e a impermeabilização do seu leito para evitar a contaminação do solo e do lençol freático com as águas da chuva que percolam através dos resíduos, como se evidencia através da Figura 48.

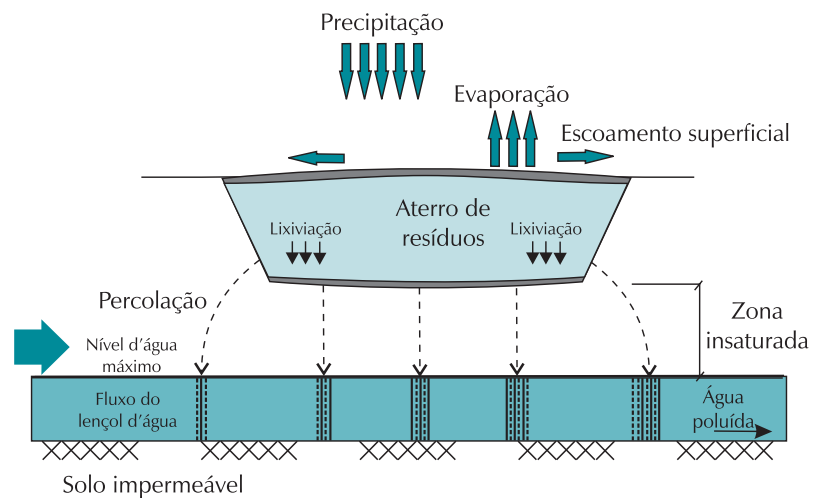


Figura 48 – Fluxo das águas num aterro

O primeiro passo é evitar, através de barreiras e valas de drenagem, que as águas da chuva que precipitam além dos limites do aterro contribuam com o volume que percola no interior do aterro, reduzindo assim a quantidade de líquido a ser tratado.

O segundo passo é impermeabilizar o leito do aterro, preferencialmente com o auxílio de uma manta plástica, impedindo que o percolado venha a contaminar o solo e o lençol d'água subterrâneo.

A maior restrição quanto aos aterros, como solução para disposição final de lixo, é sua demanda por grandes extensões de área para sua viabilização operacional e econômica, lembrando que os resíduos permanecem potencialmente perigosos no solo até que possam ser incorporados naturalmente ao meio ambiente.

Um aterro industrial, com capacidade para receber 15 mil toneladas, demanda um investimento inicial de US\$2 milhões, com um custo operacional entre US\$100,00 a US\$200,00 por tonelada. O custo operacional varia com o grau de toxicidade do resíduo disposto.

Um cuidado especial que se deve tomar na operação de aterros industriais é o controle dos resíduos a serem dispostos, pois, em aterros industriais, só podem ser dispostos resíduos quimicamente compatíveis, ou seja, aqueles que não reagem entre si, nem com as águas de chuva infiltradas.

Os fenômenos mais comuns que podem ter origem na mistura de resíduos incompatíveis são geração de calor, fogo ou explosão, produção de fumos e gases tóxicos e inflamáveis, solubilização de substâncias tóxicas e polimerização violenta.

Antes de se dispor os resíduos no aterro, deve-se consultar as listagens de compatibilidade publicadas pelos órgãos de controle ambiental.



## ATERROS CLASSE II

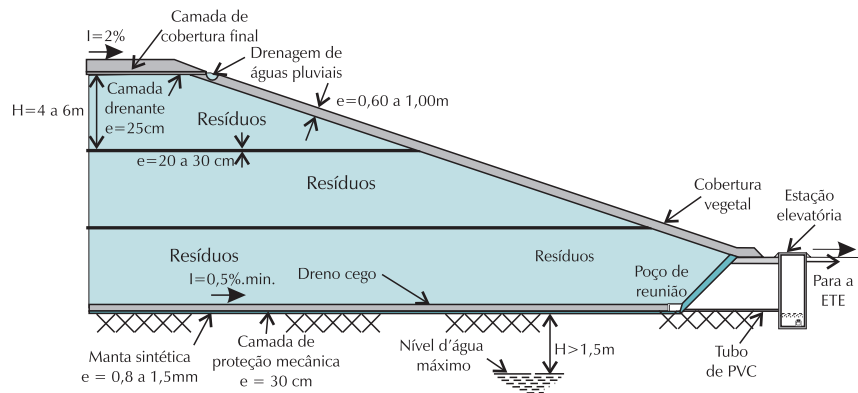


Figura 49 – Aterro Classe II - corte típico

O aterro Classe II é como um aterro sanitário para lixo domiciliar mas, normalmente, sem o sistema de drenagem de gases.

A 1,5m do nível máximo do lençol freático, a partir de baixo para cima, o aterro Classe II é constituído das seguintes camadas:

- camada de impermeabilização de fundo, com manta plástica (0,8 a 1,2mm de espessura) ou com argila de boa qualidade ( $k = 10^{-6}\text{cm/s}$ ;  $e > 80\text{cm}$ );
- camada de proteção mecânica (somente se a impermeabilização for feita com manta sintética);
- sistema de drenagem de percolado;
- camadas de resíduos (de 4,0 a 6,0m de altura) entremeadas com camadas de solo de 25cm de espessura;
- camada de impermeabilização superior<sup>4</sup>, com manta plástica (0,8 a 1,2mm de espessura) ou com argila de boa qualidade ( $k = 10^{-6}\text{cm/s}$ ;  $e > 50\text{cm}$ );
- camada drenante de areia com 25cm de espessura (necessária somente se houver impermeabilização superior);
- camada de solo orgânico ( $e > 60\text{cm}$ );
- cobertura vegetal com espécies de raízes curtas.

O líquido percolado, coletado através de um sistema de drenagem, similar ao apresentado na Figura 37, deve ser conduzido para tratamento. O tipo de tratamento a ser adotado depende das características dos resíduos aterrados, sendo usual a adoção de um processo físico-químico completo seguido de um processo biológico convencional (lagoas de estabilização ou lodos ativados).

4 – Não é obrigatória para aterros Classe II.

**ATERROS CLASSE I**

As condições de impermeabilização dos aterros Classe I são mais severas que as da classe anterior. A distância mínima do lençol d'água é de três metros e as seguintes camadas são obrigatórias:

- dupla camada de impermeabilização inferior com manta sintética ou camada de argila ( $e > 80\text{cm}$ ;  $k < 10^{-7}\text{cm/s}$ );
- camada de detecção de vazamento entre as camadas de impermeabilização inferior;
- camada de impermeabilização superior;
- camada drenante acima da camada de impermeabilização superior ( $e = 25\text{cm}$ ).

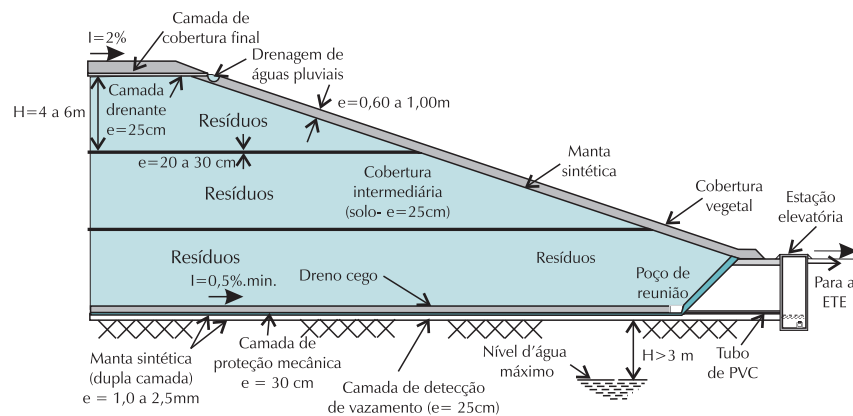


Figura 50 – Aterro Classe I - corte típico

**BARRAGENS DE REJEITO**

As barragens de rejeito são usadas para resíduos líquidos e pastosos, com teor de umidade acima de 80%. Esses aterros possuem pequena profundidade e necessitam muita área. São dotados de um sistema de filtração e drenagem de fundo (flauta) para captar e tratar a parte líquida, deixando a matéria sólida no interior da barragem.

Nesse tipo de barragem só existe a dupla camada de impermeabilização inferior. A camada de impermeabilização superior não é executada, uma vez que o espelho d'água é utilizado para evaporar parte da fração líquida.

Após o encerramento, quando a capa superior do rejeito já se encontra solidificada, procede-se a uma impermeabilização superior com uma camada de argila para reduzir a infiltração de líquidos a serem tratados.

**OUTRAS FORMAS  
DE DISPOSIÇÃO**

Além dos tipos de disposição apresentados nos itens anteriores, resíduos considerados de alta periculosidade ainda podem ser dispostos em cavernas subterrâneas salinas ou calcárias, ou ainda injetados em poços de petróleo esgotados.

**13.7.2. Disposição de resíduos radioativos**

São três os processos de disposição final do lixo nuclear, todos eles extremamente caros e sofisticados:

- construção de abrigos especiais, com paredes duplas de concreto de alta resistência e preferencialmente enterrados;
- encapsulamento em invólucros impermeáveis de concreto seguido de lançamento em alto-mar. Esse processo é muito criticado por ambientalistas e proibido em alguns países;
- disposição final em cavernas subterrâneas salinas, seladas para não contaminar a biosfera.

**13.7.3. Disposição de resíduos de portos e aeroportos**

O destino final obrigatório, por lei, para os resíduos de portos e aeroportos é a incineração. Entretanto, no Brasil, somente alguns aeroportos atendem às exigências da legislação ambiental, não havendo o menor cuidado na disposição dos resíduos gerados em terminais marítimos e rodoferroviários.

Atualmente, o medo da febre aftosa e da doença da vaca louca tem levado as autoridades federais e estaduais a ter maiores precauções com os resíduos de portos e aeroportos.

**13.7.4. Disposição de resíduos de serviços de saúde**

O único processo de disposição final para esse tipo de resíduo é a vala séptica, método muito questionado por grande número de técnicos, mas que, pelo seu baixo custo de investimento e de operação, é o mais utilizado no Brasil.

A rigor, uma vala séptica é um aterro industrial Classe II, com cobertura diária dos resíduos e impermeabilização superior obrigatória, onde não se processa a coleta do percolato.

Existem duas variantes de valas sépticas: as valas sépticas individuais, utilizadas por hospitais de grande porte, e as valas sépticas acopladas ao aterro sanitário municipal.

No primeiro caso, devem-se executar as valas em trincheiras escavadas no solo, com a largura igual à da lâmina do trator, altura entre 3,00 e 4,50 metros e dimensionadas para atender a uma geração periódica de resíduos (mensal, semestral ou anual). Em seguida procede-se à impermeabilização do fundo e das laterais da trincheira escavada e dá-se início à deposição dos resíduos, que devem ser cobertos diariamente tanto na superfície superior, quanto no talude lateral.

A impermeabilização superior deve ser iniciada tão logo o volume de resíduos atinja a altura final da trincheira e deve evoluir com a disposição dos resíduos.

Quando a vala séptica está acoplada ao aterro municipal, deve-se separar um lote, próximo à entrada, onde se fará a disposição de resíduos de serviços de saúde. Esse lote deve ser cercado e isolado do resto do aterro.

Os procedimentos para a disposição dos resíduos e execução das camadas de impermeabilização são semelhantes aos já descritos.

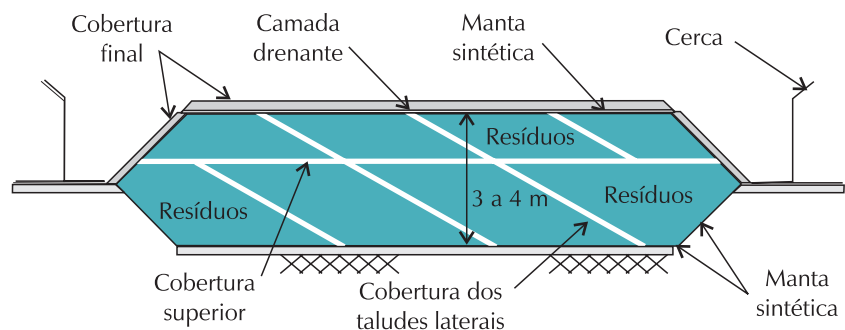


Figura 51 – Vala séptica instalada em um aterro sanitário