

# **Resíduos Sólidos**

## **Introdução à Engenharia Ambiental**

### **E. Vargas Jr. DEC PUC Rio**

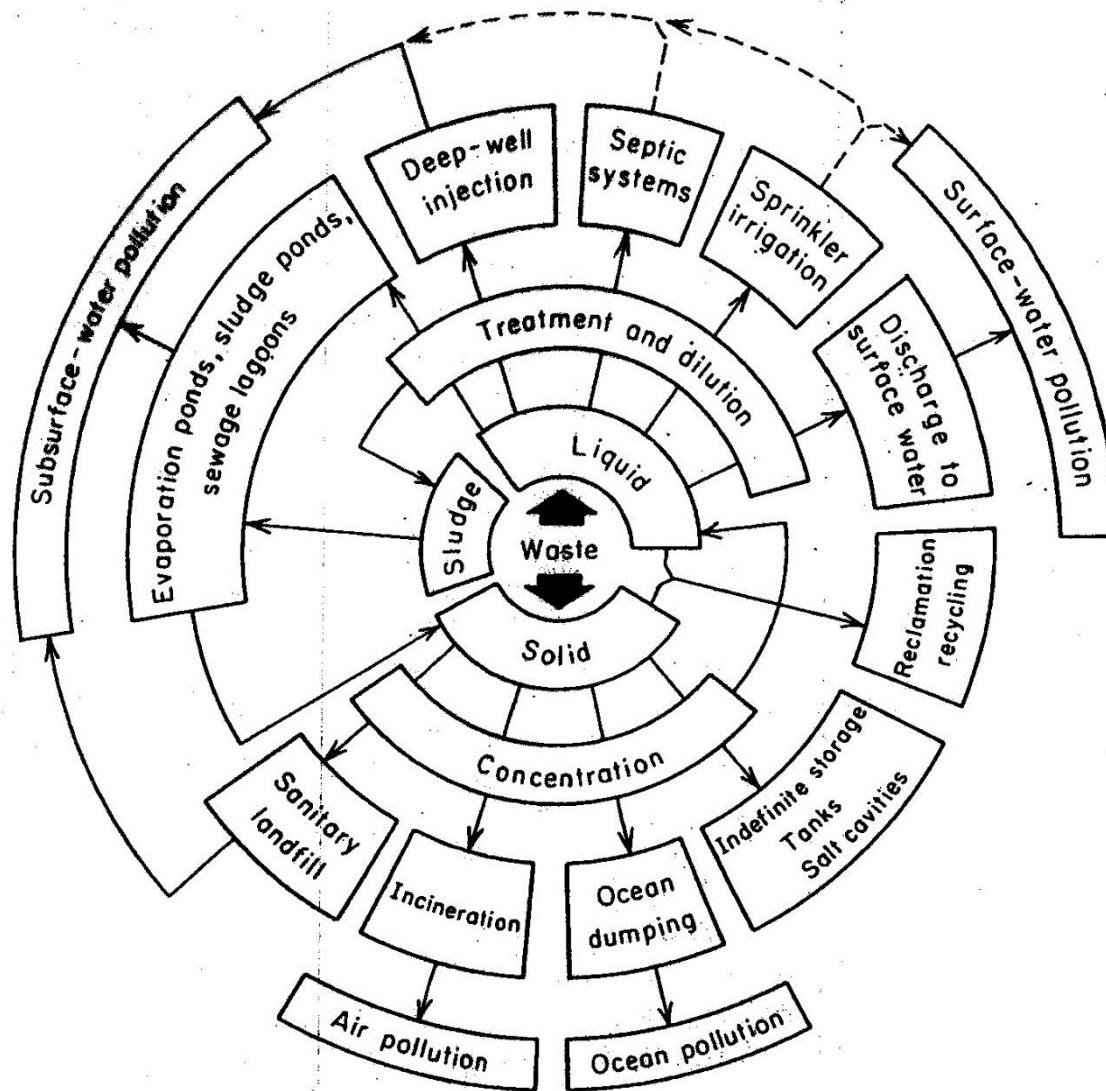


Figure 1.4 Spectrum of waste disposal alternatives.

# Definição de resíduos sólidos

**RCRA (EUA)**

- qualquer tipo de resíduo, lodo (lama) de uma estação de tratamento de resíduos, estação de tratamento de água (ETA), estação de controle de poluição do ar ou material descartado incluindo sólidos, líquidos, semi-sólidos resultante de operações industriais, comerciais, de mineração, agricultura, urbanas ou materiais simplesmente abandonados, decartados.

# Definição de resíduos sólidos

- resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem
  - industrial
  - comercial
  - agrícola
  - de serviços
  - de varrição

# resíduos sólidos peculiaridades

- **lodos** provenientes de sistema de tratamento d'água
- **lodos** gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição
- **líquidos** cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou **corpos de água**, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível

# **Resíduos Sólidos Urbanos**

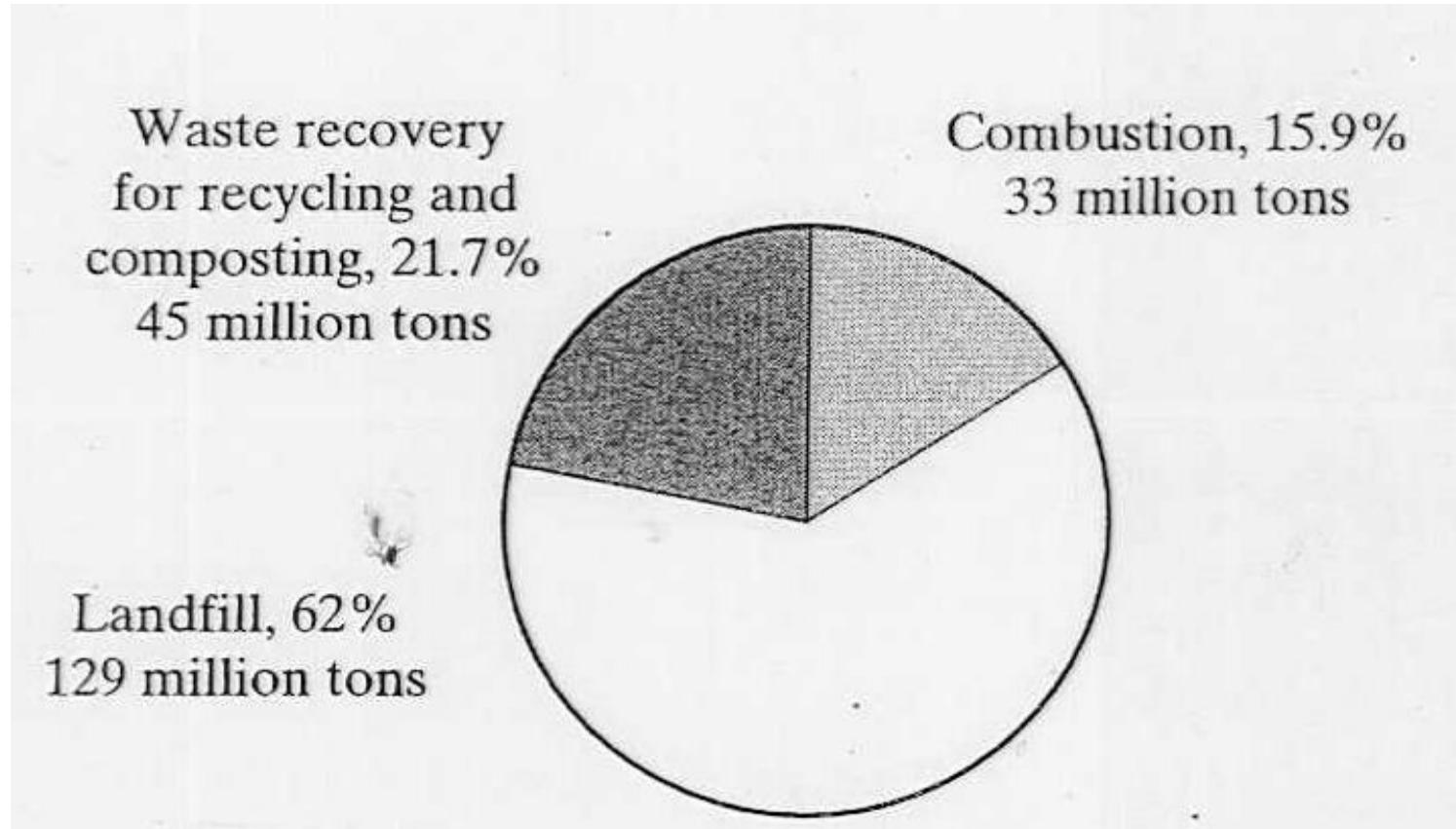
- **Comercial**
- **Doméstico ou Domiciliar**
- **Público** (varreduras, feiras, praias, parques, etc.)
- **Serviços de Saúde** (NBR 12808 / 93)
  - ⇒ **Resíduos Infectantes** (Tipos A1 a A6)
  - ⇒ **Resíduo Especial** (Tipos B1 a B3)
  - ⇒ **Resíduo Comum**

**Resíduos de Dragagem?**

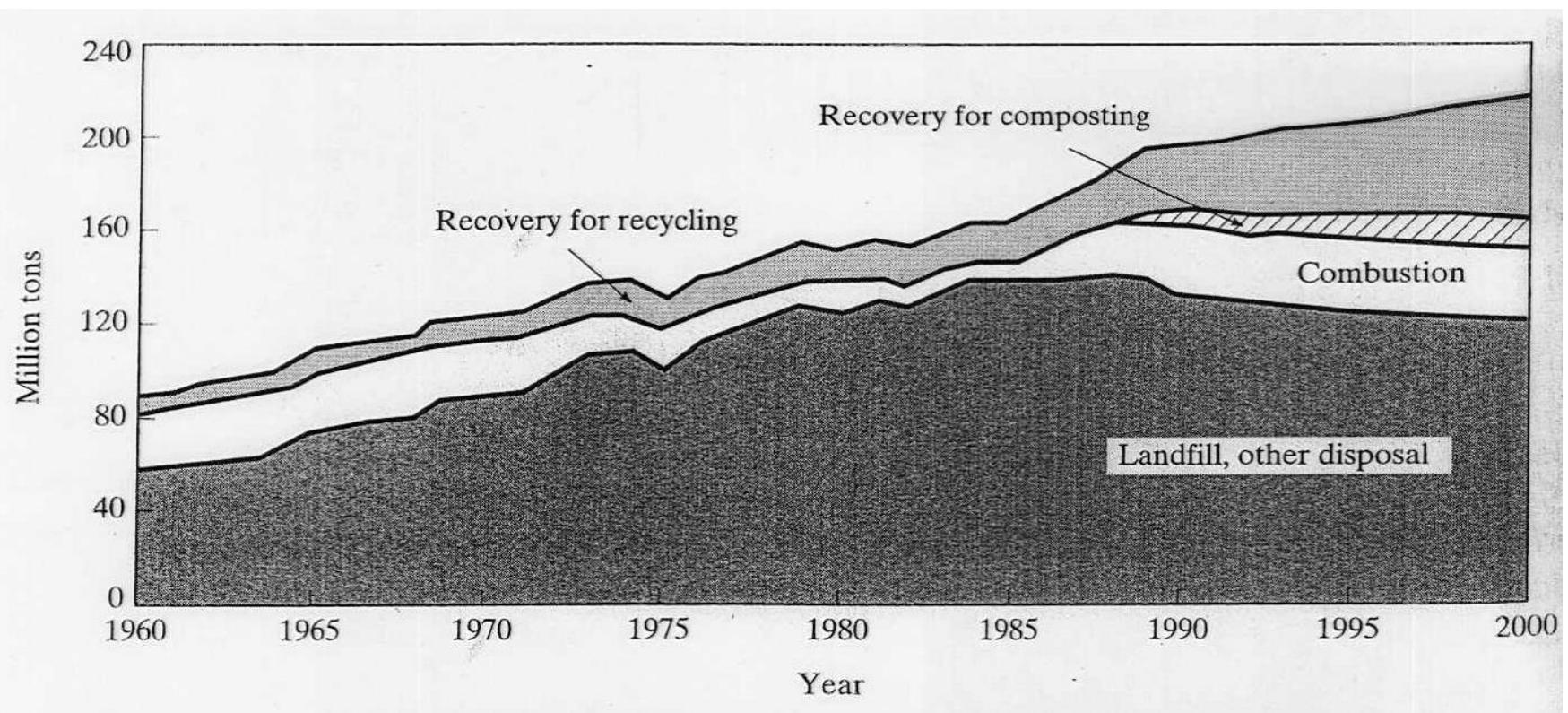
**Resíduos de Instituições / Centros de Pesquisa?**

• *Fontes e tipos dos resíduos sólidos urbanos (Tchobanoglous e outros, 1993)*

Fontes de resíduos sólidos	
Origem	Tipos de resíduos
Residencial	Restos alimentares, papéis, papelões, plásticos, tecidos, couro, restos de jardim, madeiras, vidros, metais, folhas, objetos eletrônicos, baterias, óleos, pneus, resíduos perigosos de uso doméstico.
Comercial	Papéis, papelões, plásticos, madeira, restos alimentares, vidros, metais, resíduos perigosos etc.
Construção e demolição	Madeiras, aço, concreto, entulhos etc
Institucional	Todos os resíduos citados para a origem comercial
Industrial	Resíduos derivados dos processos industriais, tais como, construção, fabricação e manufatura. Sucatas. Restos alimentares, cinzas, resíduos especiais e perigosos.
Serviços urbanos	Resíduos provenientes da limpeza de ruas, caixas de gordura, parques, praias, áreas de recreação, escombros etc.
Tratamento	Água, esgoto, processos de tratamento especial, lama.
Agricultura	Restos alimentares deteriorados, restos de agricultura, entulhos, resíduos perigosos.



**Destinação das 207 milhões de toneladas de RSU gerados nos EUA em 1993 (EPA)**



## Gerenciamento de resíduos sólidos

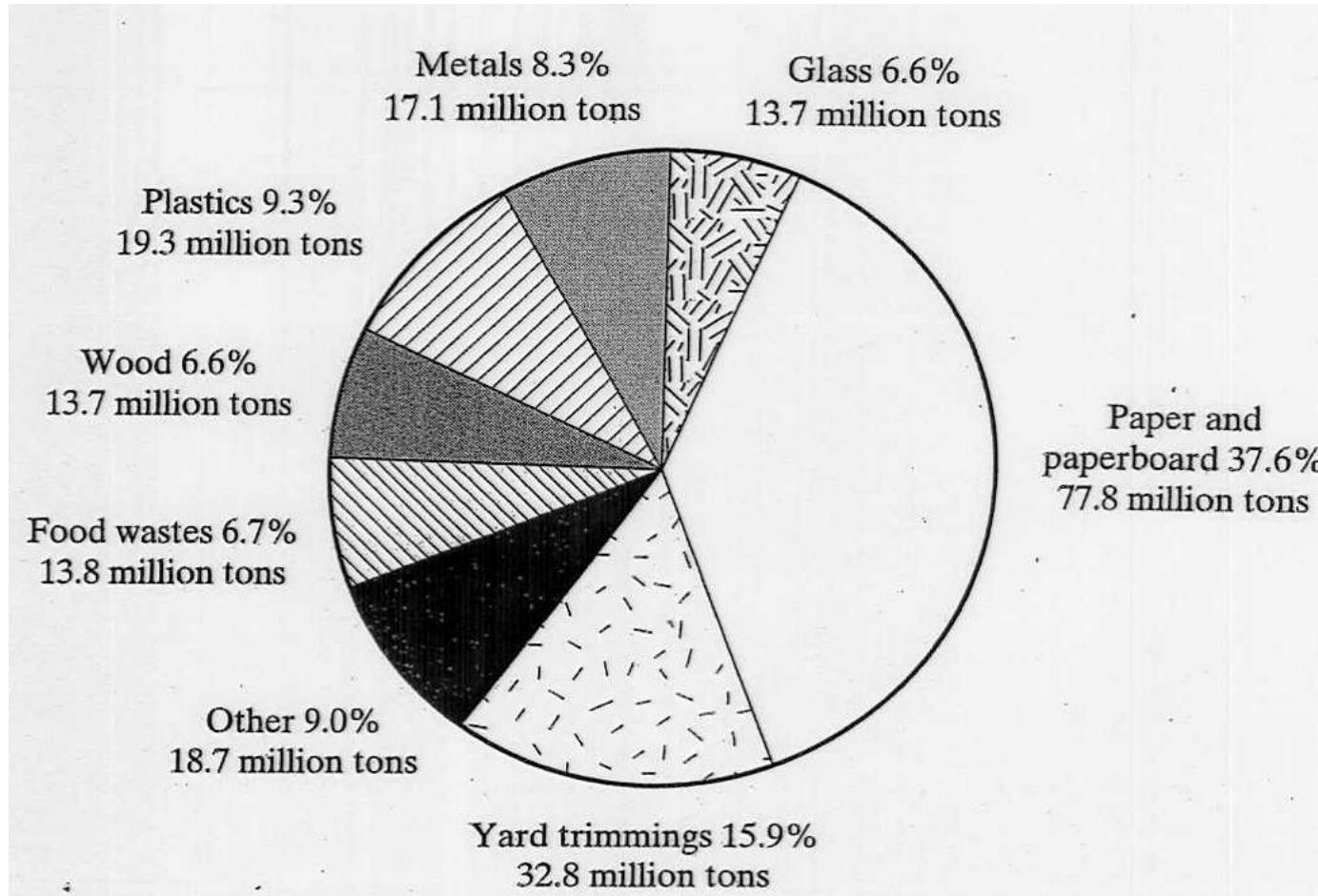
**TABLE 9.2** Municipal Solid Waste In Selected Countries

Country	Year of Estimate	Per Capita Generation (kg/yr)	Percent Landfilled (%)	Percent Incinerated (%)	Relative Population Density
Australia	1980	681	98	2	0.1
Austria	1988	355	68	8	3.4
Canada	1989	625	84	9	0.1
France	1989	303	45	41	3.8
Germany	1987	318	66	30	9.2
Italy	1989	301	31	16	7.1
Japan	1988	394	33	64	12.1
Spain	1988	322	77	5	2.9
United Kingdom	1989	357	78	14	8.7
United States	1993	730	62	16	1.0

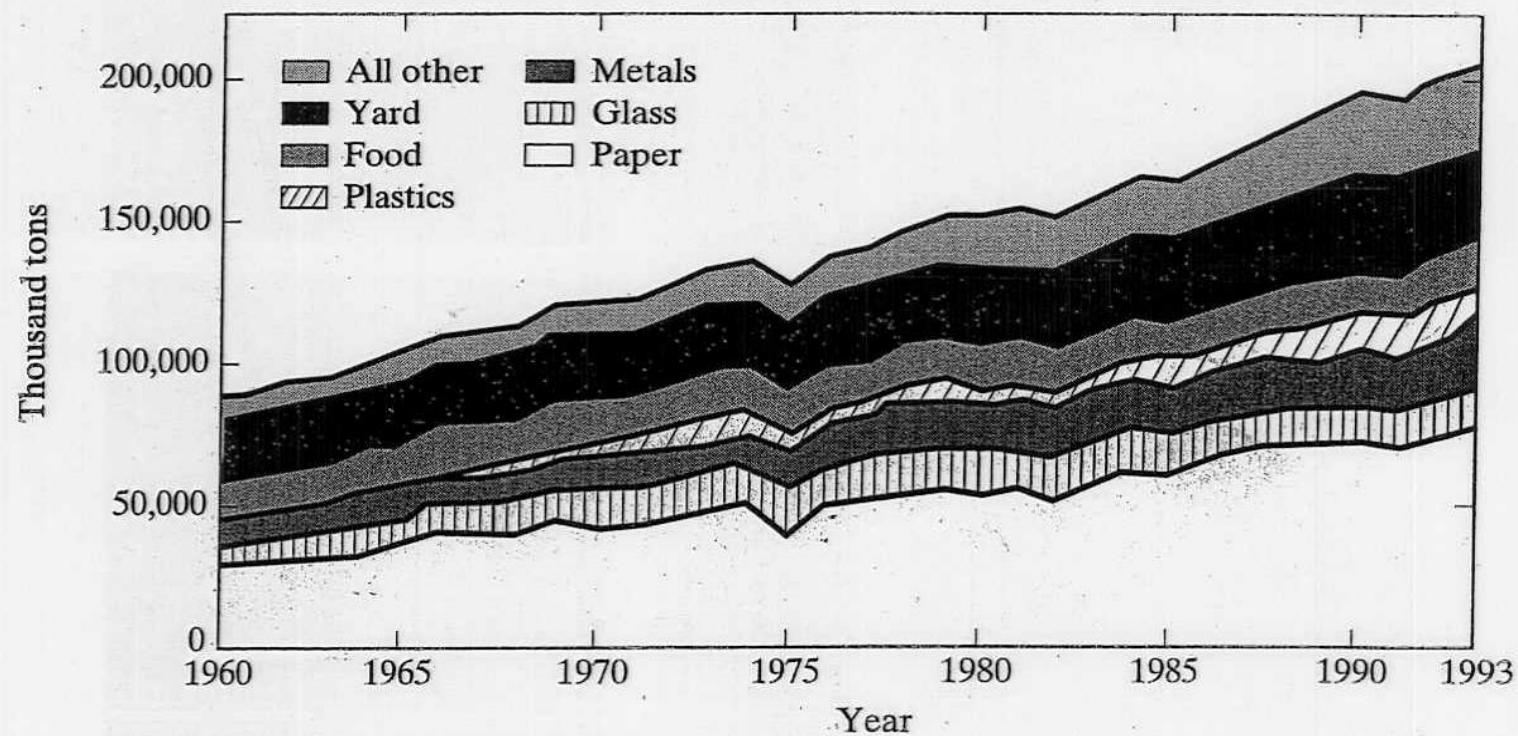
*Note:* Some data may not be directly comparable given differences in reporting methods.

*Source:* World Resources Institute (1992) and U.S. EPA (1994a).

## RSU em alguns países



**Materiais gerados em RSU por peso (EPA, 1993)**



**FIGURE 9.4** Generation of materials in MSW, 1960 to 1993. (Source: U.S. EPA, 1994a)

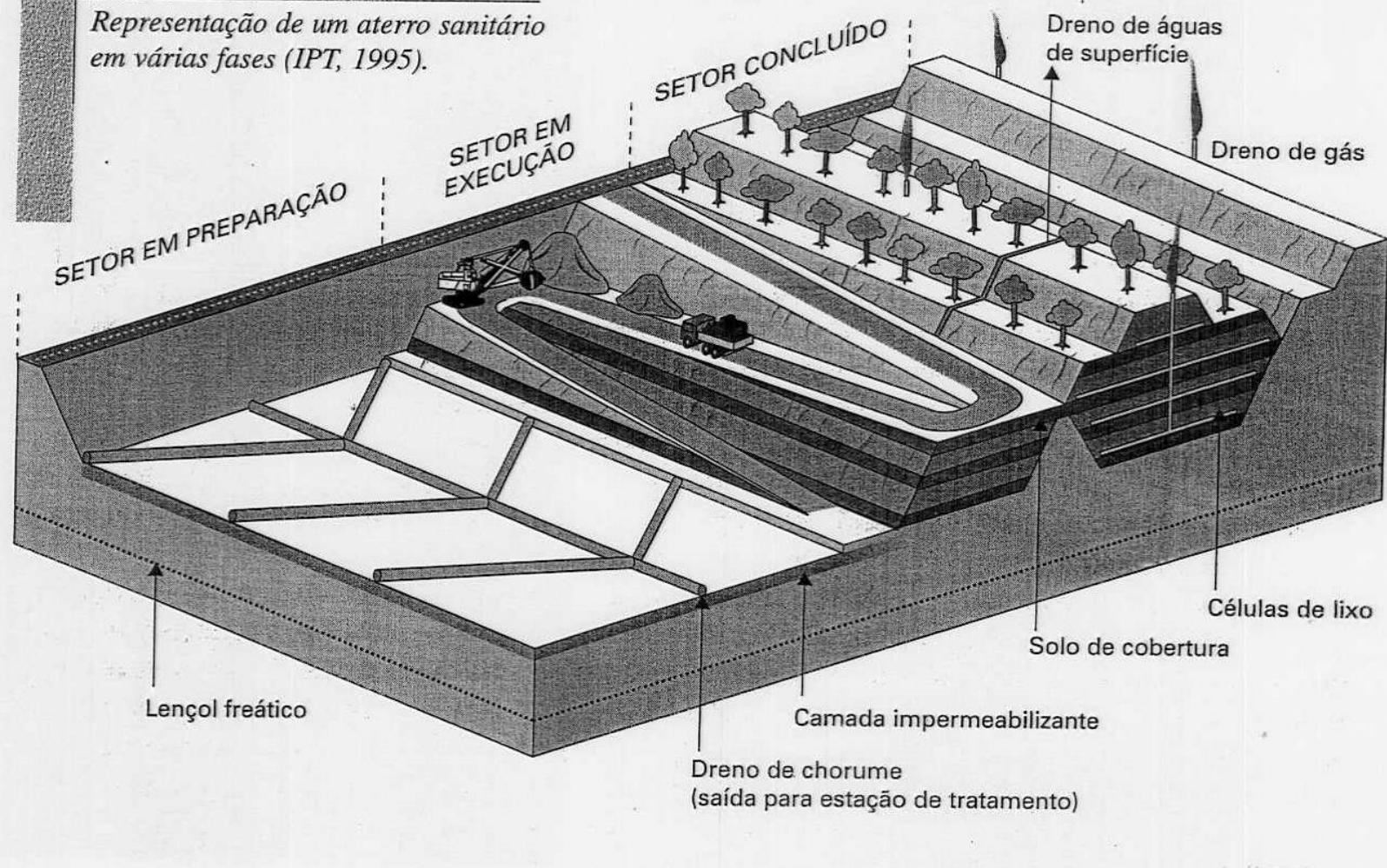
**Geração de materiais em RSU (1960 a 1993) (EPA, 1994)**

*Composição (%) do lixo em São Paulo (fonte: IPT/Cempre, 1995).*

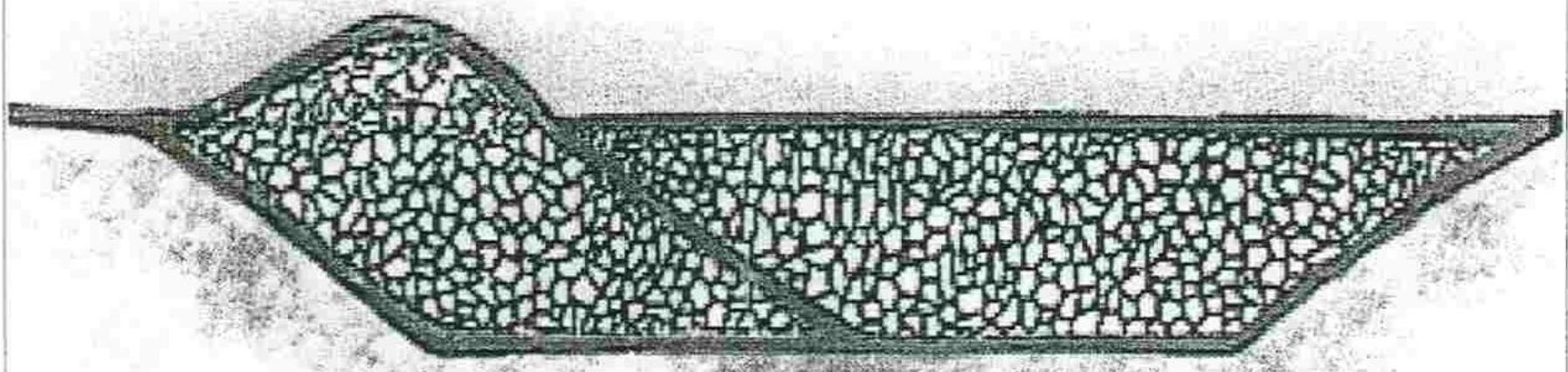
Tipos	1965	1969	1972	1989	1990
Papel	16,8	29,2	25,9	17,0	29,6
Trapo, couro	3,1	3,8	4,3	-	3,0
Plástico	-	1,9	4,3	7,5	9,0
Vidro	1,5	2,6	2,1	1,5	4,2
Metais	2,2	7,8	4,2	3,3	5,3
Matéria orgânica	76	52,2	47,6	55	47,4

## Lixo em S. Paulo

*Representação de um aterro sanitário em várias fases (IPT, 1995).*



**Esquema de um aterro sanitário típico**



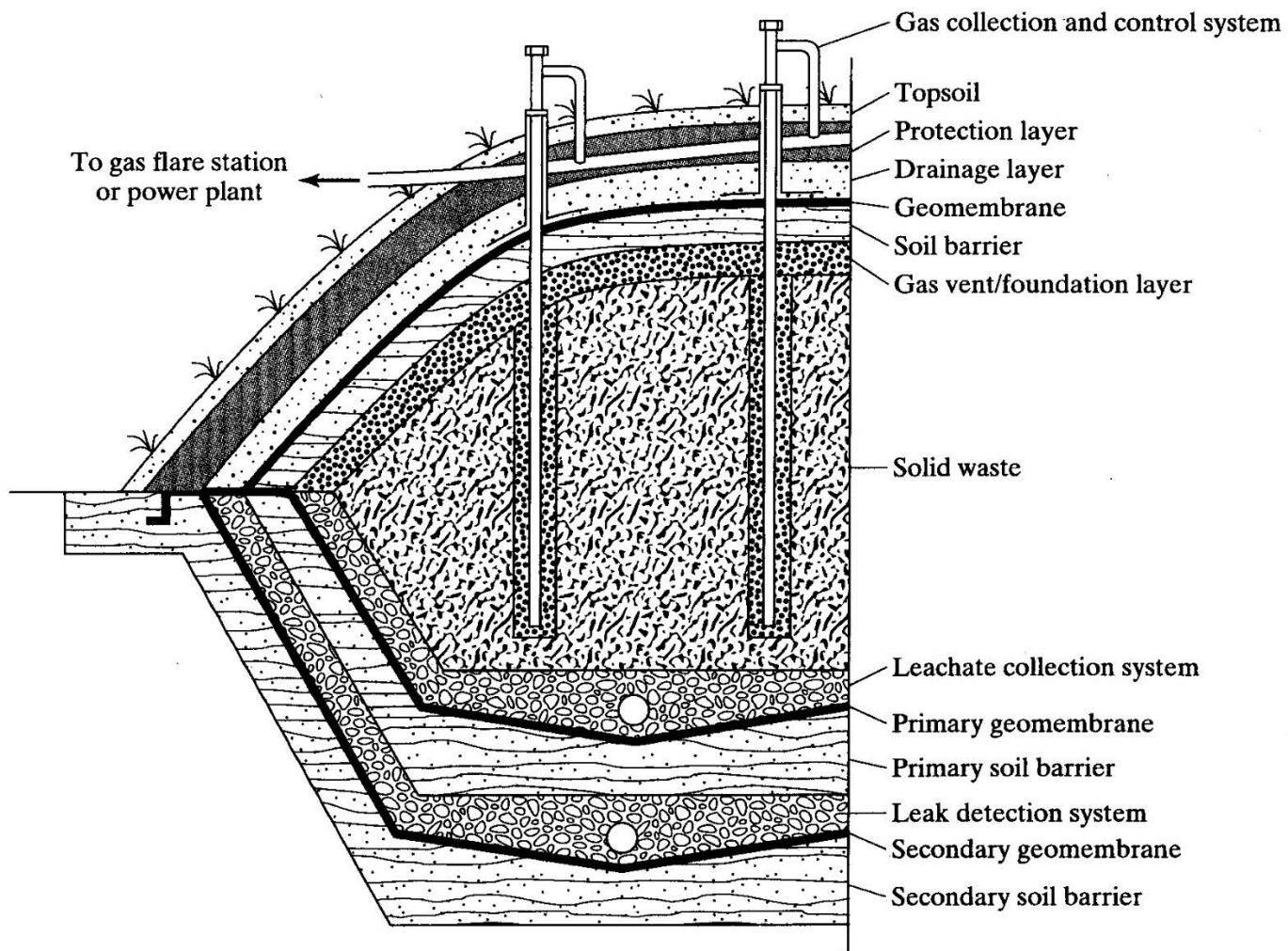
**Frente de trabalho de um dia em um aterro sanitário**

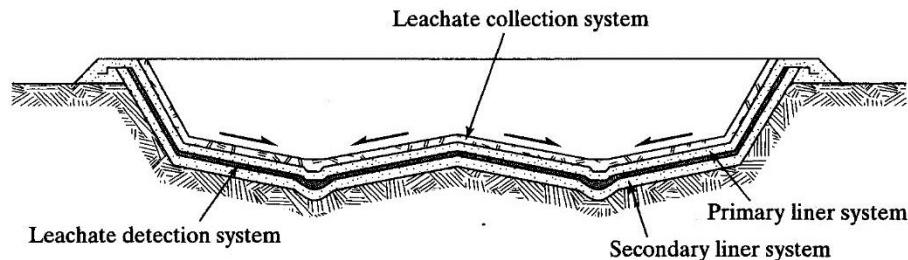


**Figura 3** Aterro sanitário em fase de construção podendo-se observar as impermeabilizações de fundo (argila compactada) e lateral (manta plástica).

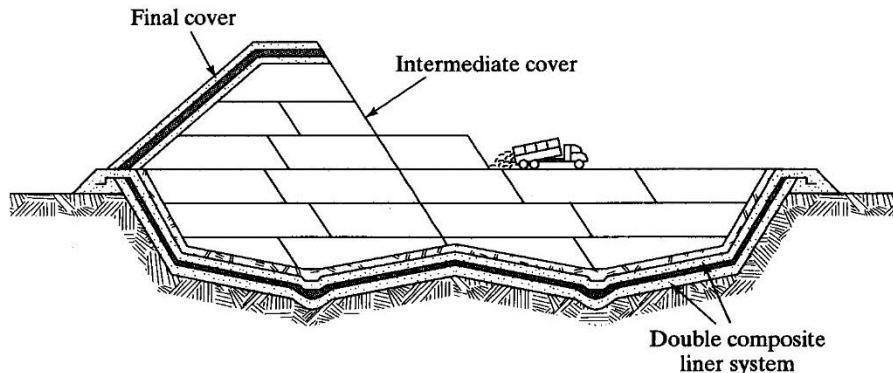


Section 1.2 Principal Landfill Requirements 5

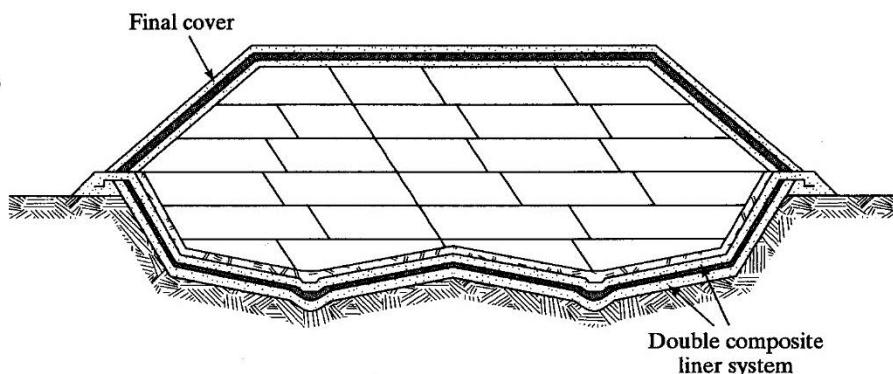




(a) Cell subgrade and leachate collection system



(b) Placement of solid waste in landfill



(c) Closed landfill with final cover

FIGURE 1.4 Development and Completion of a Solid Waste Landfill

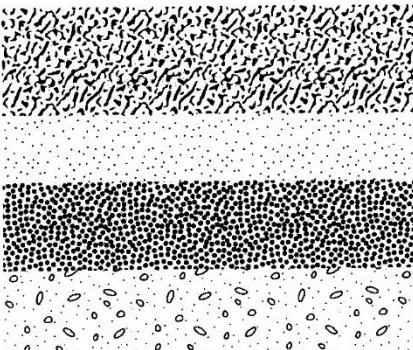


FIGURE 1.6 Single Compacted Clay Liner

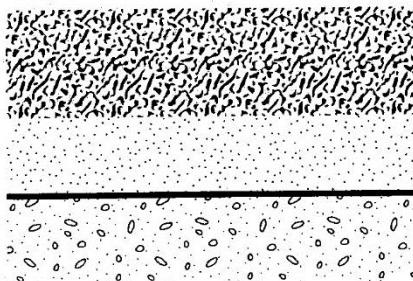


FIGURE 1.7 Single Geomembrane Liner

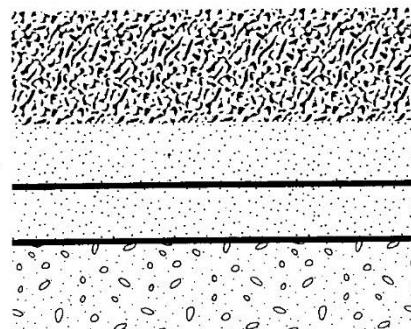
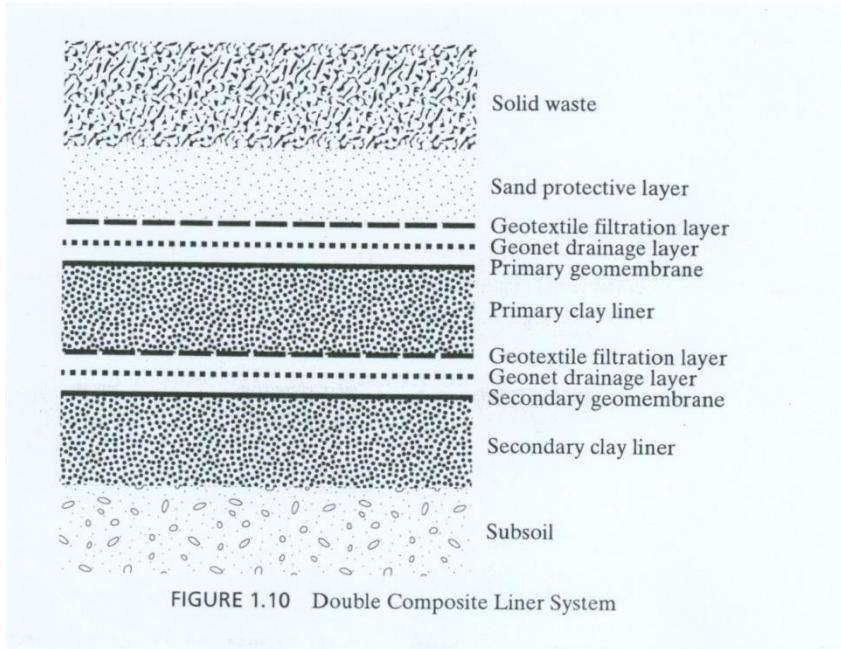
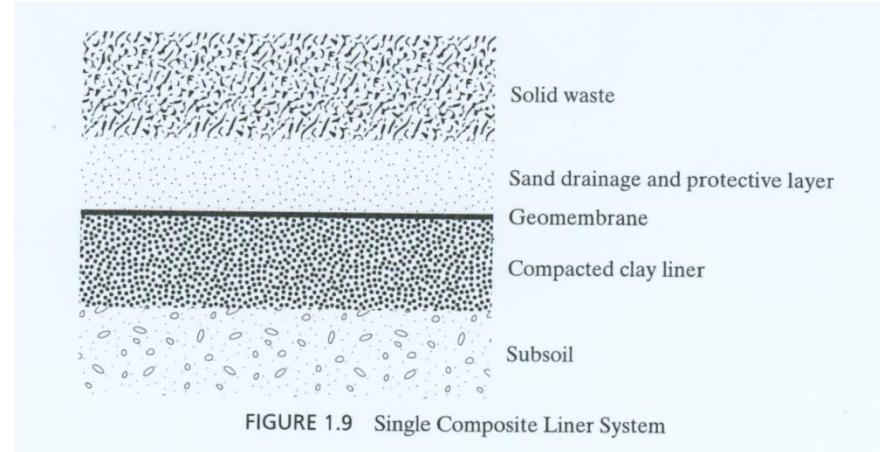


FIGURE 1.8 Double Geomembrane Liner System

Sistemas de proteção, *liners*



Sistemas de proteção, *liners*

TABLE 7.1 Municipal Landfill Leachate Data—Indicator Parameters and Inorganic Compounds (USEPA, 1988)

Indicator Parameters	Municipal Solid Waste Landfills	
	Leachate Concentration Reported (ppm)	
	Minimum	Maximum
Alkalinity	470	57,850
Ammonia	0.39	1,200
Biological oxygen demand	7	29,200
Calcium	95.9	2,100
Chemical oxygen demand	42	50,450
Chloride	31	5,475
Fluoride	0.11	302
Iron	0.22	2,280
Phosphorus	0.29	117.18
Potassium	17.8	1,175
Sulfate	8	1,400
Sodium	12	2,574
Total dissolved solids	390	31,800
Total suspended solids	23	17,800
Total Organic carbon	20	14,500

Inorganic Compounds (ppm)		
Aluminum	0.01	5.8
Antimony	0.0015	47
Arsenic	0.0002	0.982
Barium	0.08	5
Beryllium	0.001	0.01
Cadmium	0.0007	0.15
Chromium (total)	0.0005	1.9
Cobalt	0.04	0.13
Copper	0.003	2.8
Cyanide	0.004	0.3
Lead	0.005	1.6
Manganese	0.03	79
Magnesium	74	927
Mercury	0.0001	0.0098
Nickel	0.02	2.227
Vanadium	0.009	0.029
Zinc	0.03	350

Compostos inorgânicos em resíduos urbanos

TABLE 7.2 Municipal Landfill Leachate Data—Organic Compounds (USEPA, 1988)

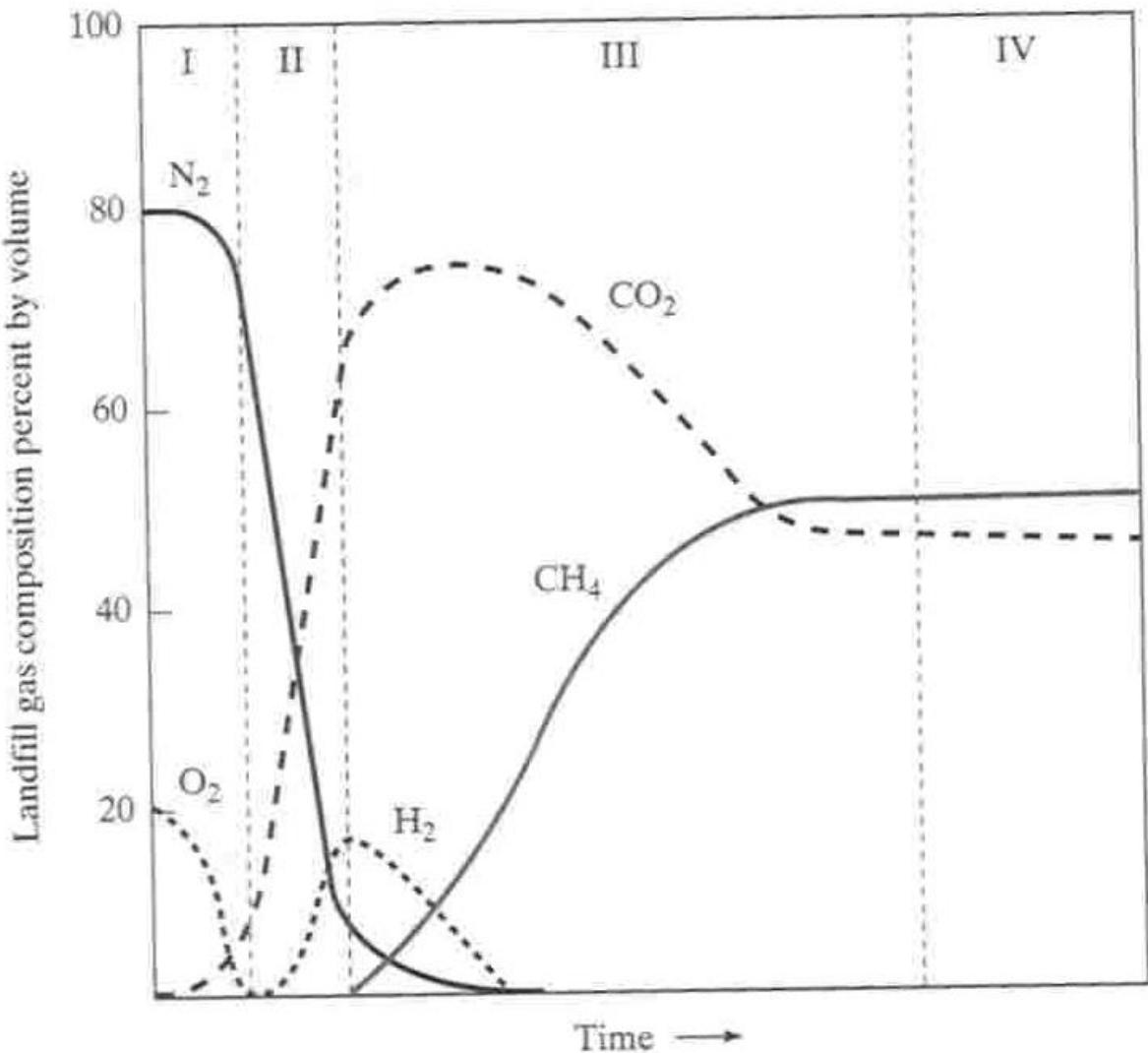
Indicator Parameters	Municipal Solid Waste Landfills	
	Leachate Concentration Reported (ppm) Minimum	Maximum
Acetone	8	11,000
Acrolein	270	270
Aldrin	NA	NA
$\alpha$ -Chlordane	NA	NA
Aroclor-1242	NA	NA
Aroclor-1254	NA	NA
Benzene	4	1,080
Bromomethane	170	170
Butanol	10,000	10,000
1-Butanol	320	360
2-Butanone (methyl ethyl ketone)	110	27,000
Butyl benzyl phenol	21	150
Carbazole	NA	NA
Carbon tetrachloride	6	397.5
4-Chloro-3-methylphenol	NA	NA
Chlorobenzene	1	685
Chloroethane	11.1	860
Bis(2-chloroethoxy) methane	18	25
2-Chloroethyl vinyl ether	2	1,100
Chloroform	7.27	1,300
Chloromethane	170	400
Bis(chloromethyl)ether	250	250
2-Choronaphthalene	46	46
p-Cresol	45.2	5,100
2,4-D	7.4	220
4,4'-DDE	NA	NA
4,4-DDT	0.042	0.22
Dibromomethane	5	5
Di-N-butyl phthalate	12	150
1,2-Dichlorobenzene	3	21.9
1,4-Dichlorobenzene	1	52.1
3,3-Dichlorobenzidine	NA	NA
Dichlorodifluoromethane	10.3	450
1,1-Dichloroethane	4	44,000
1,2-Dichloroethane	1	11,000
1,2-Dichloroethylene (Total)	NA	NA
cis-1,2-Dichloroethylene	190	470
trans-1,2-Dichloroethylene	2	4,800
1,2-Dichloropropane	0.03	500
1,3-Dichloropropane	18	30
Diethyl phthalate	3	330
2,4-Dimethyl phenol	10	28
Dimethyl phthalate	30	55
Endrin	0.04	50
Endrin ketone	NA	NA
Ethanol	23,000	23,000

## Compostos orgânicos em resíduos urbanos

TABLE 7.2 (continued)

Indicator Parameters	Municipal Solid Waste Landfills Leachate Concentration Reported (ppm)	
	Minimum	Maximum
Ethyl acetate	42	130
Ethyl benzene	6	4,900
Ethylmethacrylate	NA	NA
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	16	750
2-Hexanone (methyl butyl ketone)	6	690
Isophorone	4	16,000
Lindane	0.017	0.023
4-Methyl-2-pentanone (methyl isobutyl ketone)	10	710
Methylene chloride (dichloromethane)	2	220,000
2-Methylnaphthalene	NA	NA
2-Methylphenol	NA	NA
4-Methylphenol	NA	NA
Methoxychlor	NA	NA
Naphthalene	2	202
Nitrobezene	4	120
4-Nitrophenol	17	17
Pentachlorophenol	3	470
Phenanthrene	NA	NA
Phenol	7.3	28,000
1-Propanol	11,000	11,000
2-Propanol	94	26,000
Styrene	NA	NA
1,1,2,2,-Tetrachloroethane	210	210
Tetrachloroethylene	2	620
Tetrahydrofuran	18	1,300
Toluene	5.55	18,000
Toxaphene	1	1
2,4,6-Tribromophenol	NA	NA
1,1,1-Trichloroethane	1	13,000
1,1,2,-Trichloroethane	30	630
Trichloroethylene	1	1,300
Trichlorofluormethane	4	150
1,2,3-Trichloropropane	230	230
Vinyl chloride	8	61
Xylenes	32	310

**Compostos orgânicos  
em resíduos urbanos,  
cont.**



**Fase 1: aeróbica**

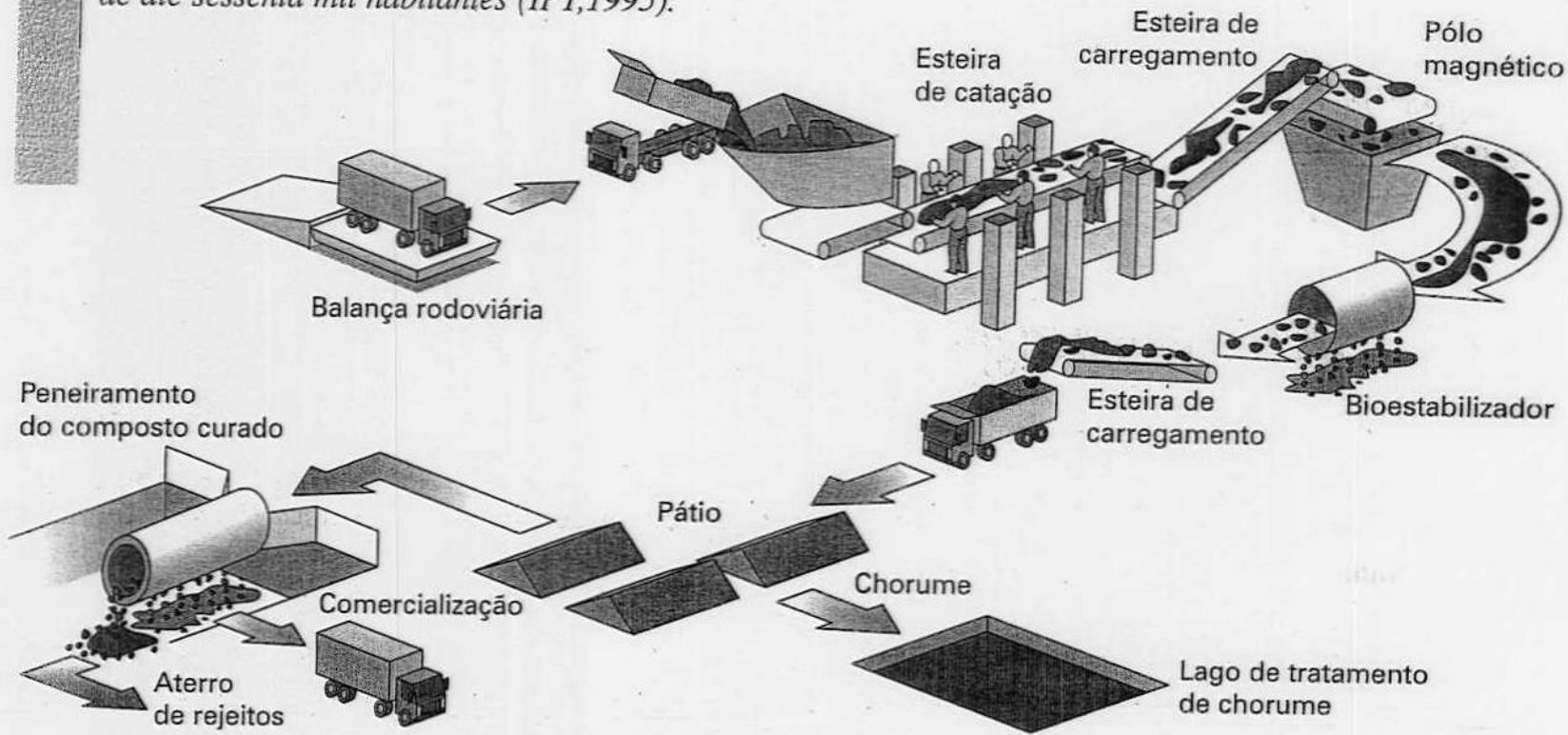
**Fase 2: acidogênese**

**Fase 3:  
metanogênese  
transiente**

**Fase 4:  
metanogênese  
permanente**

**Composição dos gases em aterros sanitários durante as quatro fases**

*Usina de compostagem de lixo para cidades de até sessenta mil habitantes (IPT, 1995).*



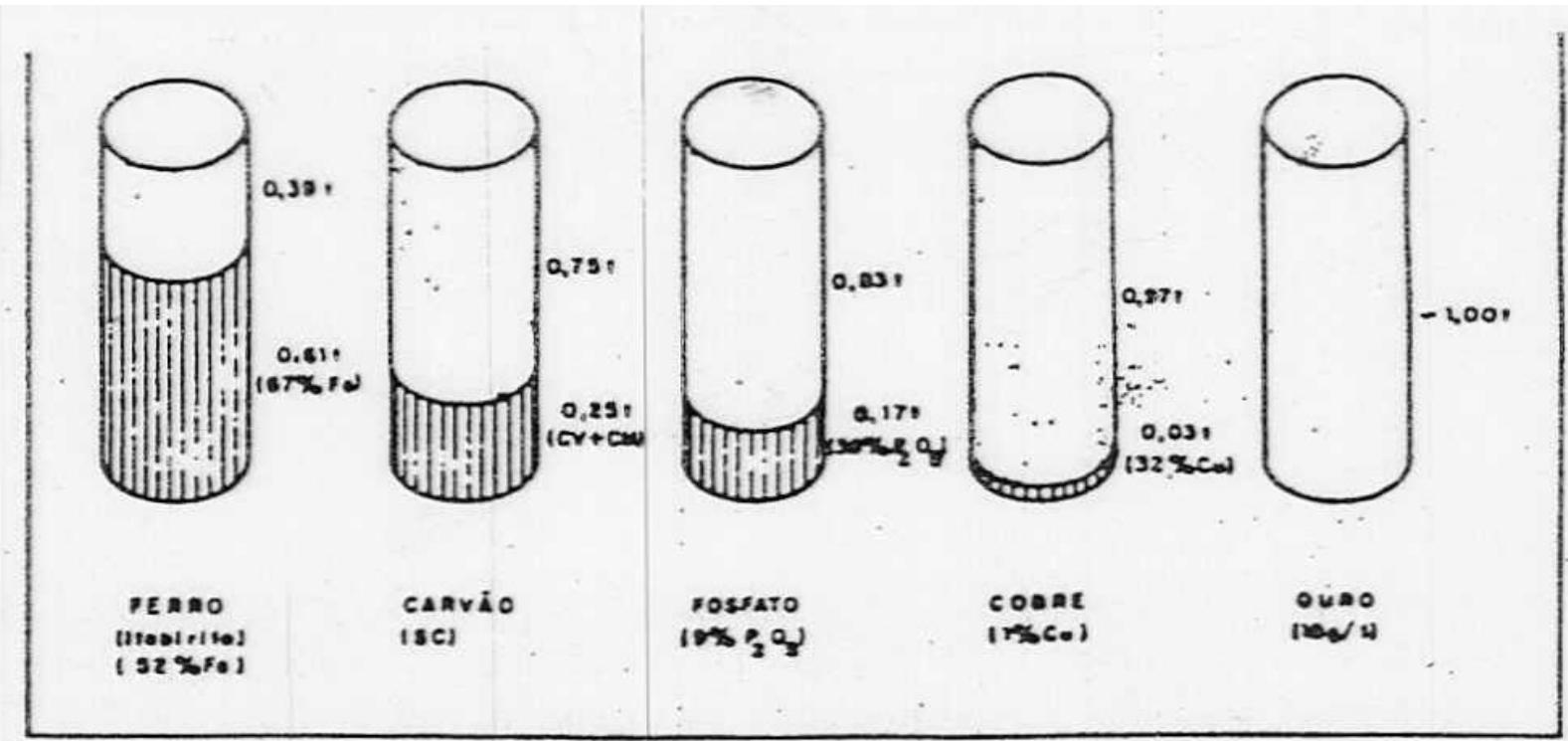
## Compostagem

# **Resíduos de Mineração**

Mineral	Average Grade (%)	Ore (kg)	Product (kg)	Residue (kg)
Aluminum	23.00	435	100	335
Copper	0.91	10,990	100	10,890
Iron	40.00	250	100	150
Lead	2.50	4000	100	3900
Nickel	2.50	4000	100	3900
Others (avg.)	8.10	1234	100	1134

Source: Based on data from Young (1992).

### Minério necessário para produzir 100 kg do produto



REJEITOS ■■■■■ E PRODUTOS ■■■■■ DO BENEFICIAMENTO DE 11 DE MINÉRIO (VALORES APROXIMADOS)

Quantidade de rejeitos de mineração e de produtos

# Problemas ambientais da mineração

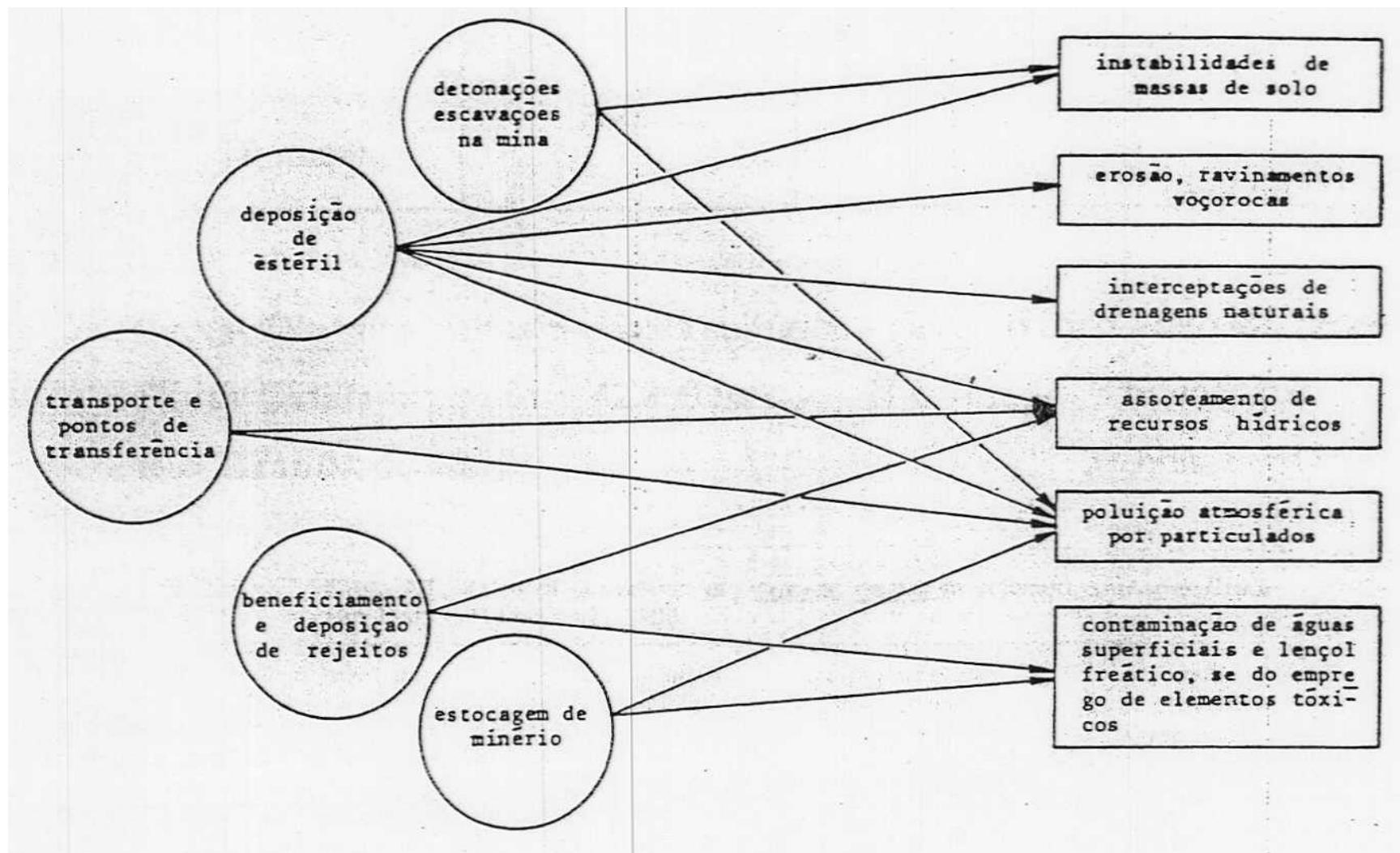




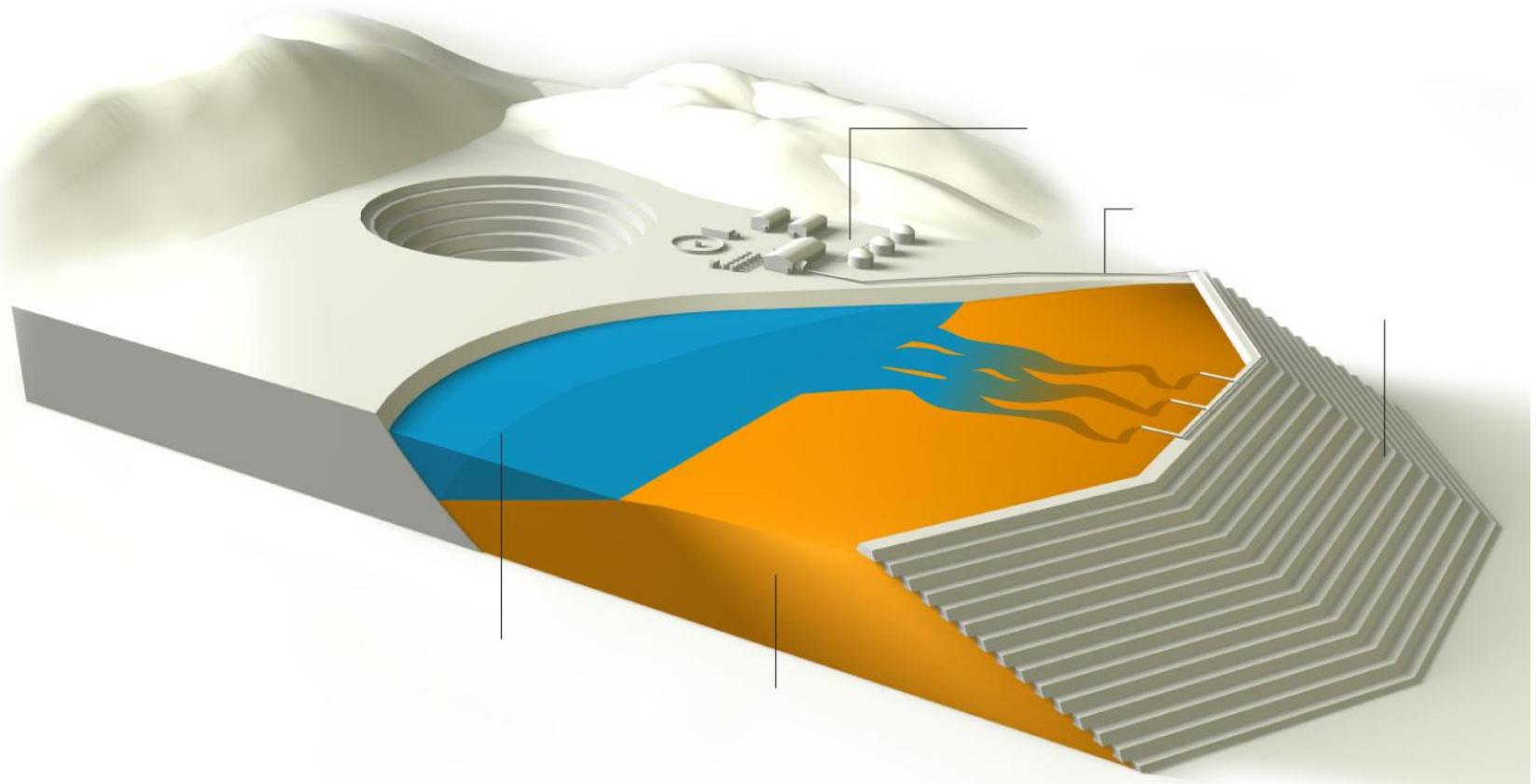
Figura 18.88. Escombreras típicas de la zona de Gallarta (Vizcaya).

Pilhas de rejeitos



**Figura 18.81. Balsa de ladera en la mina de Penouta (Orense).**

Barragem de rejeitos

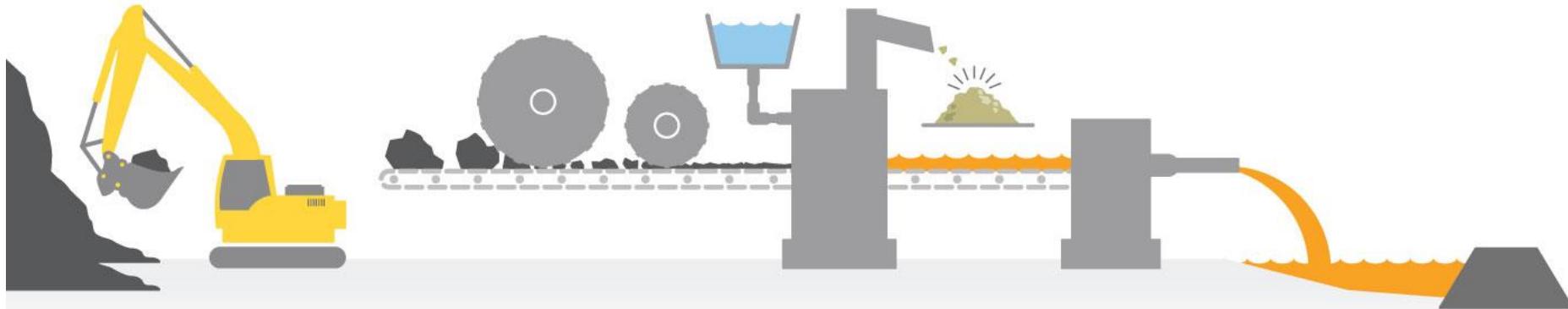


Barragem de rejeitos de mineração

<http://www.wsj.com/articles/brazils-samarco-disaster-mining-dams-grow-to-colossal-heights-and-so-do-the-risks-1459782411>

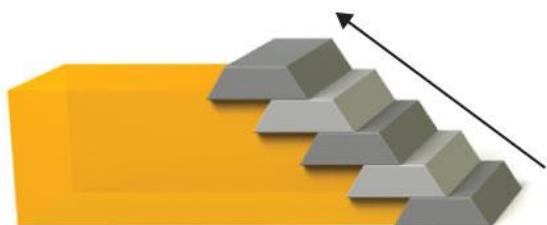


Barragem de rejeitos

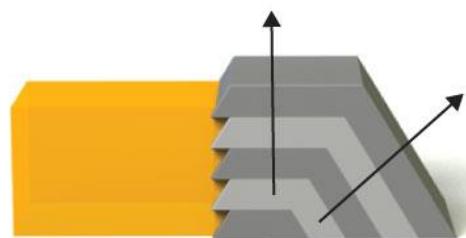


Esquema de produção e armazenamento de  
rejeitos no processamento de minérios

Montante



Central



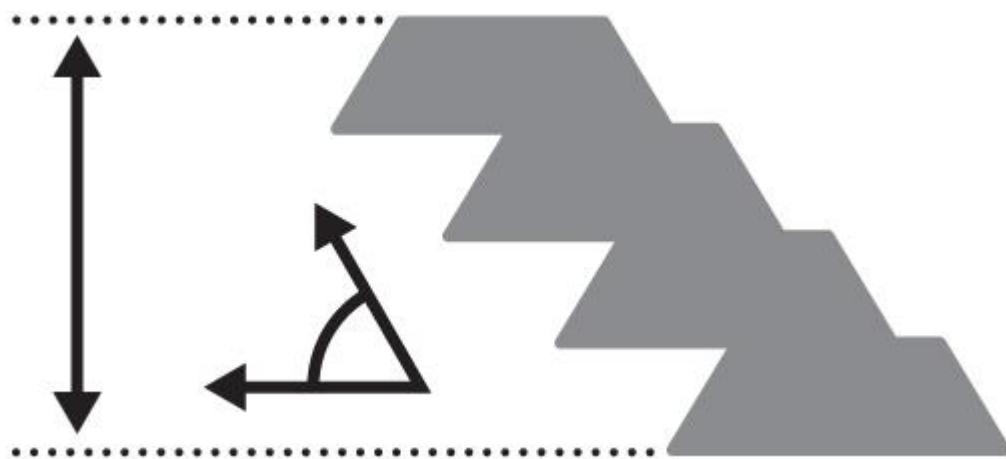
Jusante



Esquemas usados na construção de barragens de rejeitos



Possíveis problemas com barragens de rejeitos



Possíveis problemas com barragens de rejeitos



Mariana

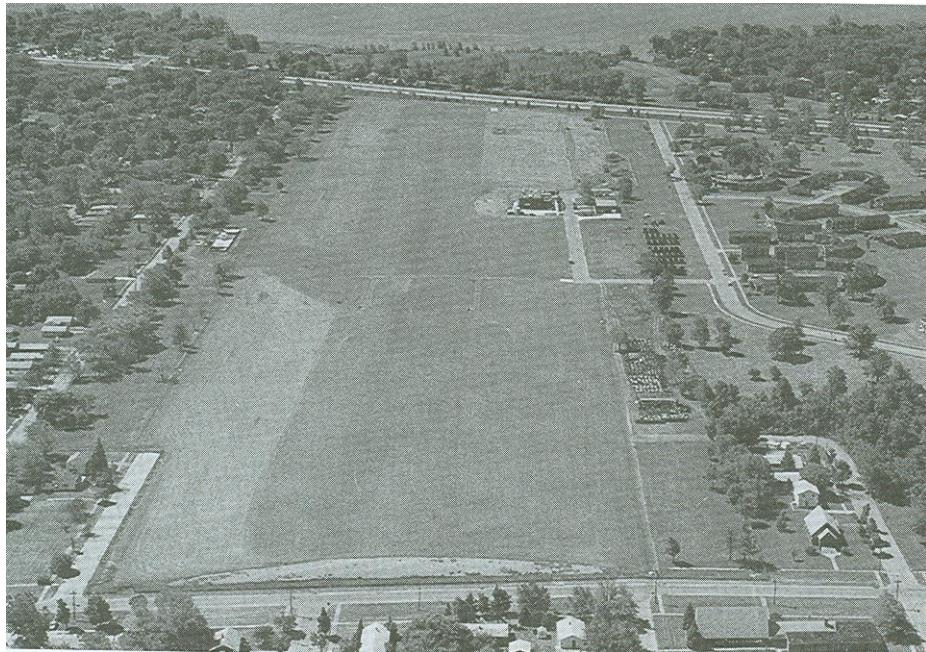


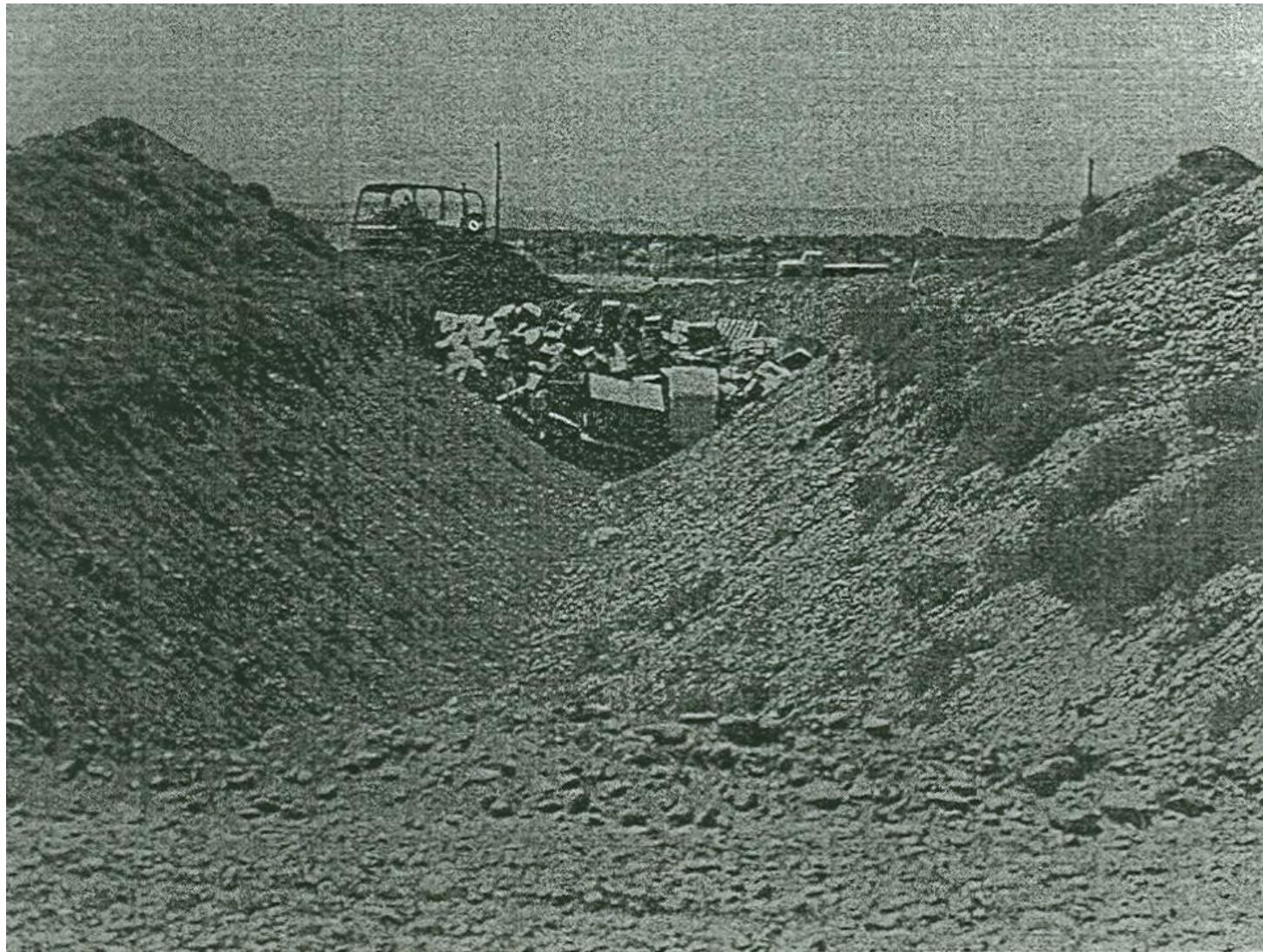
Mount Polley, Canada

# **Resíduos Perigosos**



**Love Canal**  
**Michigan**





**Disposição inadequada de resíduos perigosos**

# periculosidade

- característica apresentada por um resíduo, que, em função das propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:
  - **risco à saúde pública**, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças; e/ou
  - **riscos ao meio ambiente**, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada

# classe dos resíduos

- Classe I - **perigosos**
- Classe II - **não-inertes**
- Classe III - **inertes**

# Classe I -perigosos

- apresentam periculosidade ou uma das seguintes características
  - inflamabilidade
  - corrosividade
  - reatividade
  - toxicidade

# Classe II não-inerte

- são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I (perigosos) ou de resíduos classe III (inertes)
- podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água

# Classe III inerte

- são os resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor

# Classe III **inerte** exemplos

- rochas
- tijolos
- vidros
- plásticos
- borrachas

*Exemplos ilustrativos de geração de resíduos perigosos.*

SETOR	FONTE	RESÍDUOS PERIGOSOS
<b>Serviços, Comércio e Agricultura</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Veículos</li><li>• Aeroportos</li><li>• Lavagem a seco</li><li>• Transformadores</li><li>• Hospitais</li><li>• Fazendas, parques municipais etc.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resíduos oleosos</li><li>• Óleos, fluidos hidráulicos etc.</li><li>• Solventes halogenados</li><li>• Bifenilas policloradas (PBS)</li><li>• Resíduos patogênicos</li><li>• Resíduos de pesticidas, embalagens contaminadas</li></ul>
<b>Indústrias de pequeno e médio porte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tratamento de Metais (galvanização, eletrodeposição etc.)</li><li>• Fabricação de tintas</li><li>• Curtumes</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lodos contendo metais pesados</li><li>• Solventes, borras, tintas</li><li>• Lodos contendo cromo</li></ul>
<b>Indústrias de grande porte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Processo de extração de bauxita: fabricação de alumínio</li><li>• Refinaria de petróleo</li><li>• Produção de cloro</li><li>• Química</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resíduos de desmonte de cubas de redução</li><li>• Catalisadores, resíduos oleosos</li><li>• Lodos contendo mercúrio</li><li>• Resíduos de fundo de coluna de destilação</li></ul>

## **Resíduos perigosos**

*Resíduos perigosos na Região Metropolitana de São Paulo  
(Cetesb, 1990).*

<b>Tipo de indústria</b>	<b>Geração (ton/ano)</b>	<b>Geração %</b>	<b>Tratamento (ton/ano)</b>	<b>Estocagem (ton/ano)</b>	<b>Disposição no solo (ton/ano)</b>
Prod. minerais metálicos	1 914,60	1,05	286,80	427,80	1 200,00
Metalurgia	29 698,20	16,21	17 047,70	8 617,10	7 013,90
Mecânica	3 011,20	1,64	1 525,50	1 408,60	77,10
Mat. elétricos e comunicações	1 682,60	0,92	411,80	310,30	960,50
Veículos e autopeças	45 357,40	24,77	33 129,00	11 065,20	1 163,20
Madeira	28,80	0,02	28,80		1,40
Mobiliário	47,70	0,03	46,30		4 023,80
Papel e papelão	5 540,70	3,03	1 324,80	192,10	4,10
Borracha	1 114,50	0,61	817,30	293,10	102,00
Couros, peles e similares	102,00	0,06			2 778,90
Química	88 952,80	48,58	47 219,70	38 954,20	
Farmacêutica e veterinária	138,40	0,08	73,00	65,40	

## **Resíduos perigosos em S Paulo**

*Resíduos perigosos na Região Metropolitana de São Paulo  
(Cetesb, 1990).*

Tipo de indústria	Geração (ton/ano)	Geração %	Tratamento (ton/ano)	Estocagem (ton/ano)	Disposição no solo (ton/ano)
Perfumaria, velas e sabões	143,80	0,08	83,80	60,00	284,30
Plásticos	1 323,90	0,72	978,60	61,00	0,50
Têxtil	2 461,30	1,34	2 322,60	138,20	
Vestuário e calçados	0,40	0,00	0,30	0,10	744,00
Alimentícia	979,40	0,53	221,30	14,10	
Bebidas	0,40	0,00	0,40		
Fumo	4,30	0,00	4,30		
Editorial e gráfica	156,00	0,09	156,00		27,30
Diversas	247,50	0,14	110,30	109,90	
Serviços de comunicação	1,40	0,00		1,40	
Serviços de manutenção	20,30	0,01	10,60	9,70	
Comércio atacadista	207,60	0,11	198,00	9,60	
<b>TOTAL</b>	<b>83 117,20</b>	<b>100,00</b>	<b>105 996,90</b>	<b>5 637,80</b>	<b>20 382,50</b>
<b>PORCENTAGEM</b>	<b>100,00</b>		<b>57,88</b>	<b>30,98</b>	<b>11,13</b>

**Resíduos perigosos em S Paulo (Cont)**

Management method	Weight managed ( $\times 1000$ tons/y) <sup>a</sup>	Percent
Aqueous organic treatment <sup>b</sup>	117,000	56.0
Aqueous organic and inorganic treatment <sup>c</sup>	27,700	13.3
Disposal <sup>d</sup>	26,300	12.6
Other treatment <sup>e</sup>	17,900	8.6
Aqueous inorganic treatment <sup>f</sup>	8,370	4.0
Incineration	4,300	2.1
Fuel blending	2,440	1.2
Energy recovery (reuse as fuel)	1,910	0.9
Stabilization	1,020	0.5
Metals recovery for reuse	610	0.3
Sludge treatment <sup>g</sup>	481	0.2
Other recovery <sup>h</sup>	422	0.2
Solvents recovery <sup>i</sup>	356	0.2
Unknown (invalid code)	0.02	0.0
Total	208,000	100

<sup>a</sup>Rounded to three significant digits.

<sup>b</sup>Specific methods: biological treatment, carbon sorption, air/steam stripping, wet air oxidation.

<sup>c</sup>Specific methods: chemical precipitation/biological treatment, chemical precipitation/carbon sorption, wet air oxidation.

<sup>d</sup>Specific methods: deep well/underground injection, landfill, surface impoundments, land treatment/farming, other disposal.

<sup>e</sup>Specific methods: neutralization, evaporation, settling/clarification, phase separation.

<sup>f</sup>Specific methods: chrome reduction/precipitation, cyanide destruction/precipitation, cyanide destruction only, chemical oxidation/precipitation, chemical oxidation only, wet air oxidation, chemical precipitation/ion exchange, reverse osmosis.

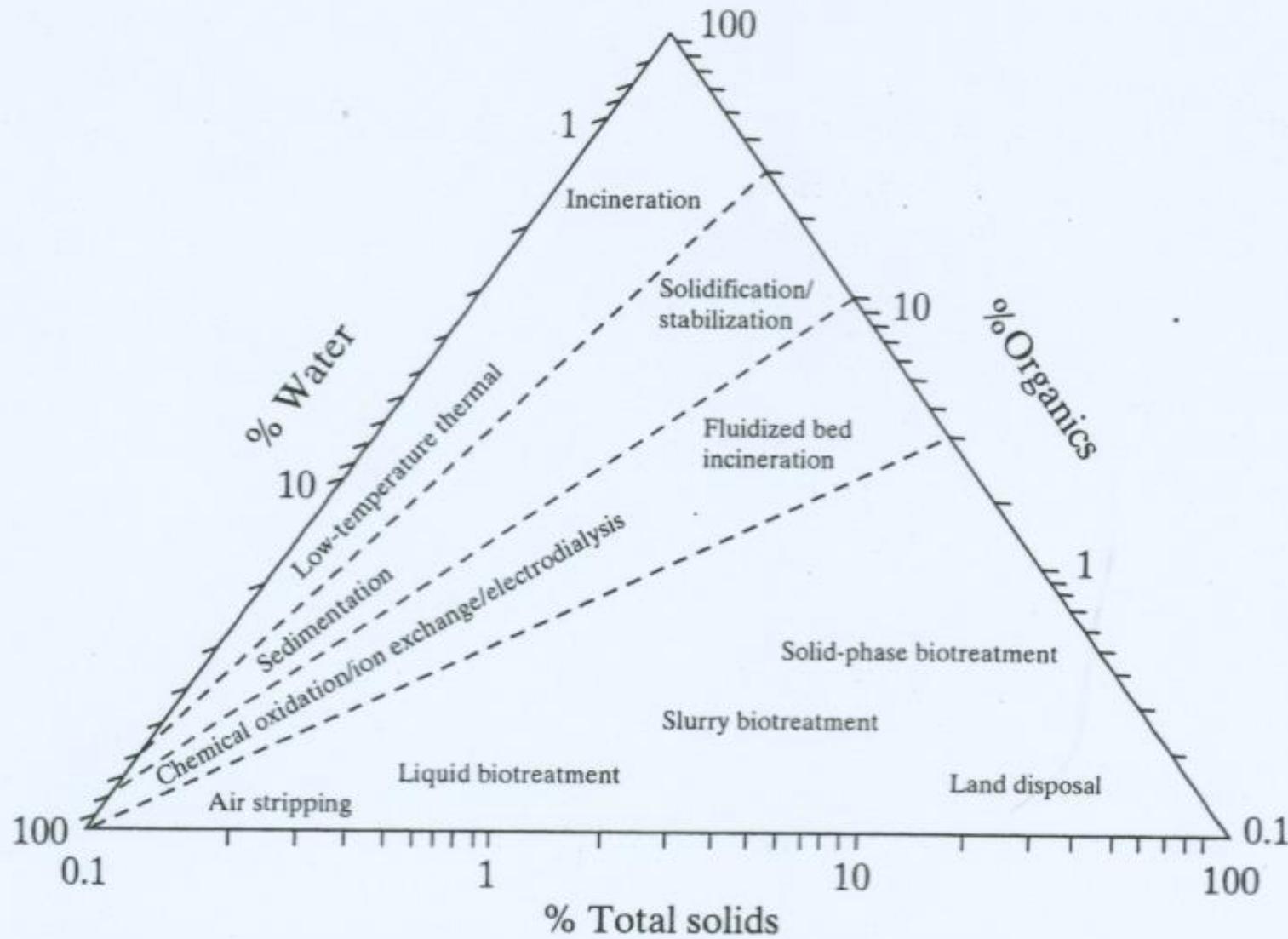
<sup>g</sup>Specific methods: sludge dewatering, lime addition, absorption/adsorption, solvent extraction.

<sup>h</sup>Specific methods: acid regeneration, waste oil recovery, nonsolvent organics recovery, etc.

<sup>i</sup>Specific methods: fractionation/distillation, thin film evaporation, solvent extraction.

Source: USEPA, 1997a.

## Métodos de tratamento de resíduos perigosos



## Métodos de tratamento de resíduos perigosos

# **Gerenciamento de resíduos sólidos**

## Source Reduction

- Reduce toxicity
- Less packaging
- Product reuse
- More durable products
- On-site mulching and composting

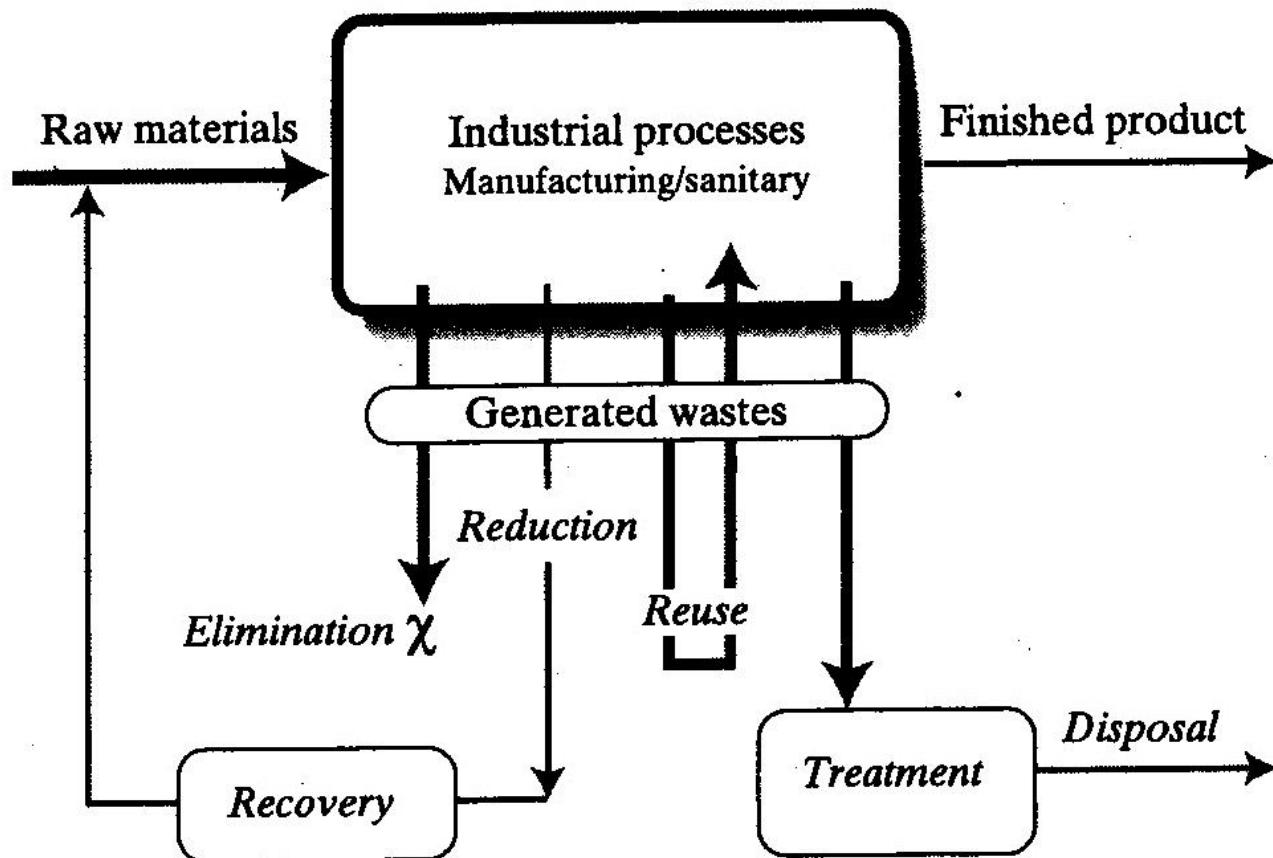
## Recycling

- Collection
- Processing
- Use of recycled materials in products
- Composting

## Disposal

- Combustion with energy recovery
  - Landfill
  - Incineration without energy recovery
- 

# Sistemas integrados de gerenciamento de resíduos sólidos



# Filosofia RRR

- **Reuso:** o uso de resíduos gerados por um processo em um outro processo sem ter havido tratamento ou processamento significativo (ex: solventes usados originalmente na produção de produtos de microeletrônica usados como solventes em produtos metálicos. Outro exemplo: reuso de sacolas plásticas ou garrafas de vidro;
- **Recuperação/reciclagem:** emprego de tratamento para extrair material de resíduo de um processo para usar naquele ou em um outro processo (ex; cobre e estanho da fabricação de circuitos impressos para uso em indústria eletromecânica, refazer garrafas de vidro a partir de garrafas quebradas.);
- **Remanufatura:** emprego de processos para restaurar um produto usado para em condição de (quase) novo, somente mudando alguns componentes;

## GREEN DESIGN

### WASTE PREVENTION

- Reduce: weight  
toxicity  
energy use
- Extend: service life

### BETTER MATERIALS MANAGEMENT

- Facilitate: remanufacturing  
recycling  
composting  
energy recovery

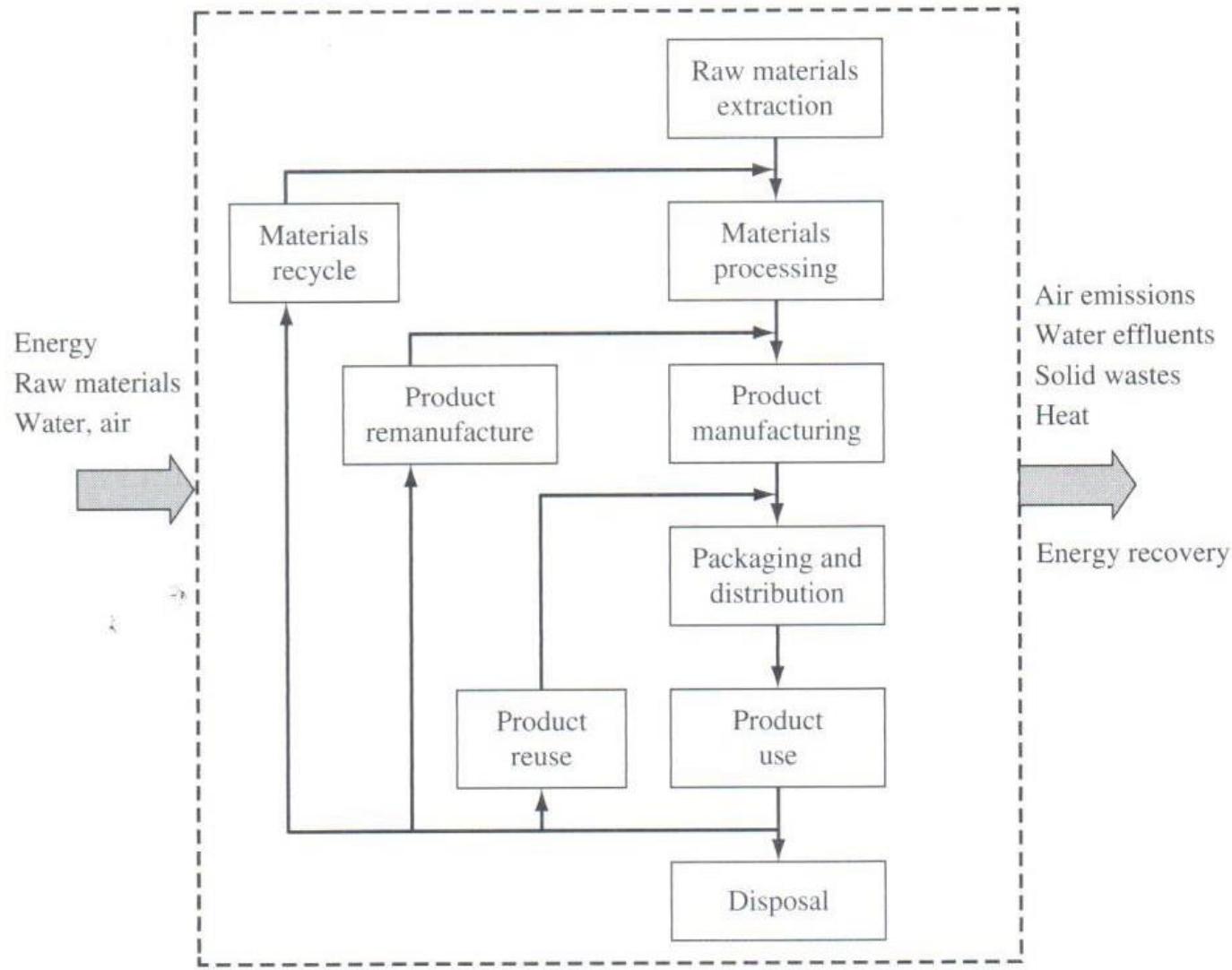
**Objetivos do projeto “verde”**

Type of container	Energy (kJ/L)	Air emissions (g/L)	Water emissions (g/L)	Solid waste (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> )
0.47 L (16 oz) refillable glass bottle used 8 times	4290	6.5	1.0	2.2
0.47 L (16 oz) nonrefillable glass bottle	9700	18.2	2.0	6.7
1 L (34 oz) nonrefillable glass bottle	10,200	19.8	2.1	7.5
0.29 L (10 oz) nonrefillable glass bottle	11,600	22.0	2.4	8.1
0.47 L (16 oz) PET bottle	8810	11.1	1.9	3.4
1 L (34 oz) PET bottle	7110	8.9	1.6	2.6
2 L (68 oz) PET bottle	5270	6.7	1.2	1.8
3 L (102 oz) PET bottle	5180	6.5	1.2	1.7
0.35 L (12 oz) aluminum can	9170	11.0	3.2	1.6

<sup>a</sup>At 1987 recycling rates.

Source: Rhyner et al. (1995) based on data from Sellers (1989).

## Impacto ambiental de 1 litro de refrigerante em vários tipos de recipientes



## Conceito de ciclo de vida de um dado produto

**8.3 g Paper Cup      1.9 g Polyfoam Cup**

*Raw Materials*

Wood and bark (kg)	21	0
Petroleum feedstock (kg oil)	0	2.4
Other chemicals (kg)	1.2	0.08

*Purchased Energy*

Process heat (kg oil)	1.8	1.9
Electricity (kg oil) <sup>a</sup>	2	0.15

*Water Effluent*

Volume (m <sup>3</sup> )	1	0.05
Suspended solids (g)	80	1
BOD (g)	90	0.4
Organochlorines (g)	20	0
Inorganic salts (g)	500	30
Fiber (g)	10	0

*Air Emissions*

Chlorine (g)	2	0
Chlorine dioxide (g)	2	0
Reduced sulfides (g)	10	0
Particulates (g)	20	0.8
Carbon monoxide (g)	30	0.2
Nitrogen oxides (g)	50	0.8
Sulfur dioxide (g)	100	7
Pentane (g)	0	80
Ethylbenzene, styrene (g)	0	5

*Recycle/Reuse Potential*

Reuse	Possible	Easy
Recycle	Acceptable	Good

*Ultimate Disposal*

Proper incineration	Clean	Clean
Heat recovery (MJ)	170	80
Mass to landfill (kg)	8.3	1.9
Volume in landfill (m <sup>3</sup> )	0.0175	0.0178
Biodegradability (landfill)	Yes	No

<sup>a</sup> Calculated using 33 percent efficient power plant burning residual fuel oil.

Source: Based on data in Hocking (1991).

## Determinação do ciclo de vida de uma xícara (para chá ou café) (para 1000 xícaras)