

# Plano Diretor para disposição final dos resíduos sólidos de São Paulo \*

Apresentação

Eng.º AURÉLIO ARAÚJO (\*\*)

## RESUMO

A cidade de São Paulo se depara, há muito tempo, com o problema da disposição final dos resíduos urbanos.

Já em 1953 comissão composta pelos eng.ºs José M. de Azevedo Netto, Paulo Sampaio Wilken e Rubens Fonseca Rodrigues sugeria "a organização de um Plano Geral... de modo a atender ao desenvolvimento da cidade pelo menos durante os próximos 20 anos".

A inexistência desse Plano, que ensejaria uma visão global de todos os aspectos e dimensões do problema, obrigou várias administrações, premidas pela necessidade de remover e dar destino ao lixo, a tatear em busca de soluções, creditando-se os acertos à intuição ou sorte dos administradores.

Quatro condições tornam extremamente temerária a prática de improvisação:

as dimensões do problema — em 1977 as unidades de disposição final receberam 6700 t/dia;

o agravamento geral das condições de poluição ambiental, impossibilitando o uso da solução prevalente até alguns anos, o lançamento a céu aberto nos "lixões", cuja participação no recebimento do lixo de São Paulo caiu de 58% em 1974 para 4% me 1977;

o constante e intenso aumento do preço do combustível, que torna relevante a participação do custo do transporte na escolha das soluções;

a marcante escassez de recursos da Municipalidade que evidencia a importância de soluções econômicas.

A etapa inicial do Plano Diretor consistiu de:

estudos de ocupação do solo que conduziram à previsão da distribuição espacial das fontes geradoras de resíduos;

determinação em laboratório da composição do lixo e dos parâmetros

de interesse ao dimensionamento dos vários tipos de unidades;

ampla análise técnico-econômica de toda a tecnologia disponível de forma a eleger as alternativas aplicáveis em São Paulo;

pesquisa dos possíveis locais para implantação dos vários tipos de unidades;

fixação dos custos operacionais e de investimentos para os diversos tipos de unidades.

A etapa final consistiu na otimização das possíveis combinações de alternativas, através de modelo matemático, objetivando à redução da soma dos custos de transporte, de investimento e de operação das várias unidades, levando em conta:

distribuição dos resíduos segundo os 57 espaços geradores em que foi dividida a cidade;

a distância das possíveis estações de transbordo (19) às unidades de destino final (44); distâncias dos incineradores e estações de compostagem aos aterros sanitários;

6 tipos de resíduos sólidos;

custo de transferência, tratamento e destino final associado a cada unidade;

(\*) Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria de Serviços e Obras, Departamento de Limpeza Urbana.

(\*\*) Secretário de Serviços e Obras da Prefeitura do Município de São Paulo.

máximas capacidades diárias possíveis das futuras instalações;

fixação da destinação final dos resíduos industriais em 2 aterros a NW e SE da cidade.

O Plano Diretor, já aprovado pelo Excelentíssimo Senhor Prefeito, termina em 1993 e prevê a destinação dos resíduos sólidos urbanos utilizando-se as instalações existentes e implementando-se 16 novos aterros e 5 (cinco) estações de transferência (uma ampliação).

Os novos aterros terão capacidade para 102 milhões de toneladas de resíduos e serão semelhantes aos atuais, apresentando, porém, maior proteção contra a poluição do aquífero subterrâneo. O estudo econô-

Destino Final	Início do Programa — 1979 (Ton./dia)	%	Fim do Programa — 1993 (Ton./dia)	%
Aterro Sanitário	8228	90,5	14.684	94,5
Compostagem	490	5,4	490	3,1
Incineração	370	4,1	370	2,4
<b>TOTAL</b>	<b>9088</b>	<b>100,0</b>	<b>15.444</b>	<b>100,0</b>
Est. Transferência	1398	15,4	5.085	37,3

mico revelou que as novas estações de transferência não deverão ser providas de sistemas de compactação.

O quadro acima mostra a destinação a ser dada aos resíduos sólidos de São Paulo.

O aumento do uso das estações de transferência decorre do progres-

sivo afastamento dos aterros sanitários.

O programa do quadriênio 1979/1982 para transporte, transbordo e destino final, requererá recursos de dois bilhões e trezentos milhões de cruzeiros (valor atualizado para o 1.º trimestre de 1978).

## GENERALIDADES

São Paulo, com uma população estimada em 7,7 milhões de habitantes, é a maior cidade do Brasil.

Além disso, é nela que se concentram parcelas preponderantes da produção industrial e da renda brasileiras, tudo o que contribui para que apresente a maior produção de resíduos sólidos do país.

Os serviços de limpeza pública são encargo do Departamento de Limpeza Urbana — LIMPURB, vinculado à Secretaria de Serviços e Obras da Prefeitura Municipal; e de 17 Administrações Regionais (AA.RR.). A divisão das tarefas é a seguinte:

**AA.RR.:** serviços de coleta de resíduos (residenciais, comerciais, pequenas indústrias, hospitalares e de feiras) e de varrição de ruas, nas suas respectivas áreas;

**LIMPURB:** tem função normativa, no que se refere aos aspectos globais e à coordenação dos serviços de coleta; e executiva, quanto ao tratamento e disposição final dos resíduos coletados.

Observe-se que embora os resíduos industriais devam ser dispostos em locais de destino final do LIMPURB, o seu transporte é encargo de quem os gerou, o mesmo prevalecendo em relação aos "resíduos diversos" (entulhos de obra, podas de árvores e jardins, terra, etc.).

Face ao rápido crescimento demográfico de São Paulo (2,2 milhões de habitantes em 1950, 6 milhões de

habitantes em 1970, com previsão de 11,7 milhões em 1990), a administração municipal enfrenta um verdadeiro desafio para coletar e dispor convenientemente os resíduos sólidos, aos menores custos possíveis.

Assim, embora a cidade esteja bem aparelhada para manter seus serviços de limpeza pública — sendo seguramente a mais bem dotada da América Latina em equipamentos e instalações para coleta, tratamento e destino final — há grande preocupação pelo equacionamento dos problemas para o futuro.

Por tal motivo, a Prefeitura confiou a uma empresa especializada de consultoria — SERETE S.A. Engenharia — a elaboração de um Plano Diretor para disposição final dos resíduos sólidos do Município de São Paulo, tendo o ano de 1993 como horizonte de planejamento.

## SERVIÇOS EXISTENTES DE COLETA DE RESÍDUOS E DE VARRIÇÃO DE RUAS

Até 1968 a Prefeitura efetuava toda a coleta de resíduos sólidos, exceto os de origem industrial e diversos. A partir de 1969 houve crescente participação de empresas particulares nesses serviços, mediante contratos de empreitada; em meados de 1977, cinco firmas coletaram 68% dos resíduos de origem residencial, comercial e de feiras, sendo remuneradas em função do peso. As mesmas dispõem de boa organização e

de equipamentos apropriados, com amplo predomínio dos caminhões compactadores, de diversos tipos.

Estima-se que em 1977 mais de 95% dos resíduos sólidos dos tipos acima foram coletados, caracterizando um excelente nível de atendimento à população da cidade. No decorrer desse ano foram confiados a firmas empreiteiras os serviços de coleta de resíduos hospitalares.

São Paulo tem 11.800 km de ruas, sendo 5.255 km pavimentadas e 6.545 km de terra. Em meados de 1977 a extensão total varrida era da ordem de 1.500 km; dois terços do peso total eram coletados por três empreiteiras e o resto pelas próprias AA.RR. Os serviços de varrição estão em fase de rápida expansão, face à constante assinatura de novos contratos.

Embora a coleta dos resíduos sólidos de origem industrial — quando a produção diária unitária supera os 100 litros — não seja feita pela Prefeitura, algumas empresas particulares oferecem os seus serviços aos interessados.

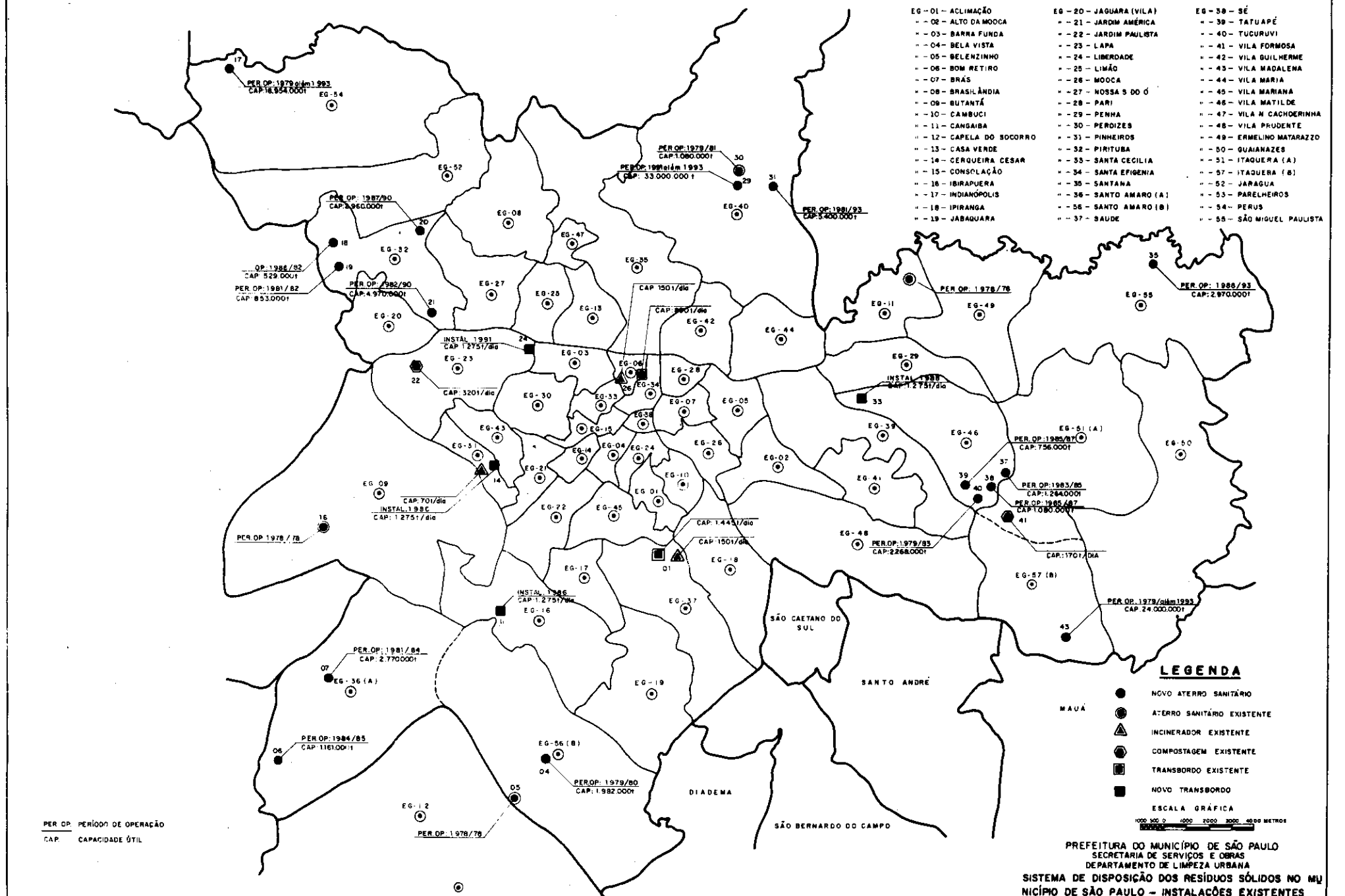
## AS INSTALAÇÕES EXISTENTES DE TRANSBORDO E DE DESTINO FINAL

O mapa anexo mostra a localização dessas instalações, que são as seguintes:

**Usinas de Incineração:** um Incinerador Nichols de 200 t/dia instalado em 1949 (Pinheiros) e dois incineradores Martin de 300 t/dia, cuja

**ESPAÇOS GERADORES**

- |                           |                         |                             |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| EG-01 - ACLIMAÇÃO         | EG-20 - JAGUARA (VILA)  | EG-38 - SÉ                  |
| -- 02 - ALTO DA MOCCA     | -- 21 - JARDIM AMÉRICA  | -- 39 - TATUAPÉ             |
| -- 03 - BARRA FUNDA       | -- 22 - JARDIM PAULISTA | -- 40 - TUCURUVI            |
| -- 04 - BELA VISTA        | -- 23 - LAPA            | -- 41 - VILA FORMOSA        |
| -- 05 - BELENZINHO        | -- 24 - LIBERDADE       | -- 42 - VILA GUILHERME      |
| -- 06 - BOM RETIRO        | -- 25 - LIMÃO           | -- 43 - VILA MADALENA       |
| -- 07 - BRÁS              | -- 26 - MOCCA           | -- 44 - VILA MARIA          |
| -- 08 - BRASILÂNDIA       | -- 27 - NOSSA S DO Ó    | -- 45 - VILA MARIANA        |
| -- 09 - BUTANTÁ           | -- 28 - PARÍ            | -- 46 - VILA MATILDE        |
| -- 10 - CAMBUCI           | -- 29 - PENHA           | -- 47 - VILA N CACHOEIRINHA |
| -- 11 - CANGAIBA          | -- 30 - PERDIZES        | -- 48 - VILA PRUDENTE       |
| -- 12 - CAPELA DO SOCORRO | -- 31 - PINHEIROS       | -- 49 - ERMELINO MATARAZZO  |
| -- 13 - CASA VERDE        | -- 32 - PIRITUBA        | -- 50 - QUAIANAZES          |
| -- 14 - CERQUEIRA CÉSAR   | -- 33 - SANTA CECÍLIA   | -- 51 - ITAQUERA (A)        |
| -- 15 - CONSOLAÇÃO        | -- 34 - SANTA EFIGÊNIA  | -- 52 - JARAGUA             |
| -- 16 - IBIRAPUERA        | -- 35 - SANTANA         | -- 53 - PARELHEIROS         |
| -- 17 - INDIANÓPOLIS      | -- 36 - SANTO AMARO (A) | -- 54 - PERUS               |
| -- 18 - IPIRANGA          | -- 37 - SAUDE           | -- 55 - SÃO MIGUEL PAULISTA |



operação teve início em 1959 (Ponte Pequena) e 1967 (Vergueiro). O peso anual incinerado é da ordem de 135.000 t.

□ **Estação de Transbordo:** junto ao incinerador de Ponte Pequena há uma estação de transbordo com compactação, com capacidade nominal de 1.000 t/dia, podendo transbordar umas 290.000 t/ano. Outra estação, de mesmo tipo, está sendo montada junto ao incinerador do Vergueiro, com capacidade para transbordar 530.000 t/ano.

□ **Usinas de Compostagem:** duas usinas sistema Dano, São Mateus e Vila Leopoldina, instaladas entre 1970 e 1974, com capacidades nominais de 200 e 400 t/dia de lixo, podendo tratar 186.000 t/ano; a produção do composto é de 50% do lixo tratado.

□ **Aterros Sanitários:** estão localizados na periferia do município, em Engenheiro Goulart (NE), Santo Amaro (SE), km 14,5 (W) e Vila Albertina (N); recebem, ao todo, perto de 200.000 t/mês. O primeiro deverá ser desativado, face à implantação de um parque ecológico; o segundo e o terceiro se segotarão em 1978 e o último em 1980.

Em 1977 a operação dos aterros sanitários e de uma usina de compostagem está a cargo de firmas empreiteiras e as instalações restantes sob a responsabilidade direta do LIMPURB.

### QUANTIFICAÇÃO DA GERAÇÃO ATUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os dados estatísticos abaixo mostram que de 1969 a 1976 houve sensível aumento dos pesos médios diários coletados de resíduos residenciais, comerciais e de feiras.

Esse aumento — a uma taxa geométrica implícita de 7,8% a.a., bem superior à expansão populacional, estimada em aproximadamente 4% a.a. — reflete, basicamente, a expansão e melhoria de serviços de coleta.

A grande variação da produção "per capita" de resíduos residenciais e comerciais, deve-se à elevada concentração de renda no município. Nos bairros predominantemente de "classe alta" o índice varia entre 0,6 e mais de 1,0 kg/hab./dia, caindo a valores da ordem de 0,27 kg/hab./dia em bairros periféricos, que abrigam populações de baixa renda.

□ resid. e comerciais:	3.937 t
□ de feiras:	294 t
□ hospitalares:	89 t
□ de varrição de ruas:	245 t
□ industriais:	2.813 t
□ diversos:	984 t
<b>Total:</b>	<b>8.362 t</b>

O mapa anexo mostra a distribuição geográfica dos indicadores de geração "per capita" de resíduos residenciais e comerciais, que diminuem do centro — a área de ocupação mais antiga — para a periferia. Essa concentração é evidente, também, quando se considera a densidade da produção total de resíduos sólidos, que é de pouco menos de 5 t/km<sup>2</sup> para o conjunto da cidade e alcança de 43 a 107 t/km<sup>2</sup> na zona central.

A tabela abaixo dá os pesos médios diários de resíduos residenciais comerciais e de feiras, coletados em novembro de 1976, por espaço, as populações estimadas e os coeficientes "per capita".

### PROJEÇÕES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Estas projeções foram feitas até 1993, desagregadas por tipo de resíduo, para 57 espaços diferenciados (7 distritos e 48 subdistritos em que se divide a cidade, com dois deles divididos em duas parcelas).

Inicialmente, elaboraram-se projeções demográficas, com base nos dados censitários (disponíveis a nível dos distritos e subdistritos), na legislação municipal sobre o uso do solo, na disponibilidade de lotes ociosos e acessibilidade às linhas de transporte de massa (a primeira linha do METRÔ foi inaugurada em 1975, estando a segunda em construção). Em 1993 a cidade teria perto de treze milhões de habitantes, embora em diversas áreas se deva verificar uma diminuição da população presente, face à deterioração do tecido urbano ou a alterações no uso do solo.

Estudaram-se as tendências de localização industrial, visando caracterizar os distritos e subdistritos em função das tendências de expansão das suas atividades industriais.

A metodologia para elaborar as projeções até 1993 foi a seguinte:

□ **resíduos residenciais, comerciais e de feiras:** consideraram-se as populações projetadas, por espaço, e os índices "per capita" estimados

### DADOS ESTATÍSTICOS

Ano	Residenciais e Comerciais			(t/dia)	
	Residenciais e Comerciais	Feiras	Totais		
1969	2.037	241	2.278	(100,0)	
1970	2.329	234	2.563	(112,5)	
1971	2.431	248	2.679	(117,6)	
1972	3.225	322	3.547	(155,7)	
1973	3.051	256	3.307	(145,2)	
1974	3.036	235	3.271	(143,6)	
1975	3.154	248	3.402	(149,3)	
1976	3.586	272	3.858	(169,4)	

FONTE: LIMPURB

Os valores mais elevados, superiores a 1,7 kg/hab./dia, ocorrem no centro comercial, área de reduzida população fixa, onde se desenvolvem intensas atividades comerciais e de serviços. Os índices inferiores, a 0,27 kg/hab./dia são de áreas onde a coleta é incompleta.

Elevando para 0,27 kg/hab./dia os indicadores que não alcançam esse valor, a produção média diária "per capita" de resíduos residenciais, comerciais e de feiras totaliza 0,573 kg/hab./dia, baixa em confronto com índices europeus e americanos.

Os resíduos hospitalares resultaram numa produção média de 2,86 kg/dia por leito hospitalar, variando, segundo os espaços, entre 0,91 e 4,69 kg/dia leito.

Os resíduos da varrição de 1.500 km de ruas tiveram uma produção média semanal de 1.144 kg/km.

Considerados todos os tipos de resíduos, a produção diária "per capita" foi de 1,13 kg.

Como resultado desses levantamentos, chegou-se às seguintes produções médias diárias de resíduos, em novembro de 1976.

PESOS MÉDIOS DIÁRIOS DE RESÍDUOS  
 Novembro de 1976

DISTRITOS E SUB-DISTRITOS	POPULAÇÃO ESTIMADA (hab.)	COLETA MÉDIA DIÁRIA (kg/dia)		COLETA MÉDIA "PER CAPITA" (kg/hab./dia)	
		Residenciais e Comerciais	de Feiras	Residenciais e Comerciais	de Feiras
Aclimação	49.700	29.598	4.044	0,596	0,081
Alto da Mooca	141.100	86.941	2.413	0,616	0,017
Barra Funda	28.400	37.311	6.651	1,314	0,234
Bela Vista	61.900	51.661	4.868	0,834	0,079
Belenzinho	46.300	55.784	1.548	1,205	0,033
Bom Retiro	25.300	20.470	3.858	0,809	0,152
Brás	50.600	62.459	5.132	1,234	0,101
Brasilândia	150.700	29.046	2.846	0,193	0,019
Butantã	249.400	125.813	9.653	0,504	0,039
Cambuci	48.000	44.751	3.334	0,932	0,069
Cangaíba	62.800	11.967	537	0,191	0,009
Casa Verde	98.300	53.749	5.267	0,547	0,054
Cerqueira César	50.600	56.933	5.722	1,126	0,113
Consolação	68.000	82.832	15.611	1,218	0,230
Ibirapuera	140.100	101.610	3.749	0,725	0,027
Indianópolis	79.600	72.822	4.238	0,915	0,053
Ipiranga	187.300	122.535	7.406	0,654	0,040
Jabaquara	247.500	108.267	6.315	0,437	0,026
Jardim América	50.100	68.243	3.216	1,362	0,064
Jardim Paulista	100.500	134.432	6.442	1,338	0,064
Lapa	138.000	117.034	9.278	0,848	0,067
Liberdade	63.500	63.713	12.008	1,003	0,189
Limão	83.600	40.343	3.954	0,483	0,047
Mooca	33.200	44.059	1.764	1,327	0,053
Nossa Senhora do Ó	189.100	57.646	5.700	0,305	0,030
Pari	29.600	50.446	4.578	1,704	0,155
Penha	164.600	92.180	4.142	0,560	0,025
Perdizes	112.800	92.442	7.604	0,820	0,067
Pinheiros	46.800	40.785	1.922	0,871	0,041
Pirituba	137.600	38.132	3.890	0,277	0,028
Santa Cecília	70.000	65.768	12.395	0,939	0,177
Santa Efigênia	37.400	45.437	8.563	1,215	0,229
Santana	236.800	125.332	9.105	0,529	0,038
Santo Amaro	591.900	232.731	5.722	0,393	0,010
Saúde	296.800	152.828	9.092	0,515	0,031
Sé	7.700	21.694	4.088	2,817	0,531
Socorro	221.700	74.993	2.024	0,338	0,009
Tatuapé	286.400	157.030	5.952	0,548	0,021
Tucuruvi	429.100	197.943	14.242	0,461	0,033
Vila Formosa	121.900	49.189	1.365	0,404	0,011
Vila Guilherme	101.500	41.436	2.976	0,408	0,029
Vila Jaguara	76.400	30.967	3.159	0,405	0,041
Vila Madalena	34.900	32.850	1.548	0,941	0,044
Vila Maria	123.500	84.272	6.052	0,682	0,049
Vila Mariana	83.400	96.952	5.643	1,162	0,068
Vila Matilde	219.327	67.121	3.570	0,306	0,016
Vila Nova Cachoeirinha	35.800	13.470	1.320	0,376	0,037
Vila Prudente	441.500	180.223	18.060	0,408	0,041
Ermellino Matarazzo	223.300	56.813	3.636	0,254	0,016
Guaianazes	147.800	6.558	1.068	0,044	0,007
Itaquera	300.100	49.563	7.391	0,165	0,025
Jaraguá	24.100	5.937	606	0,246	0,025
Parelheiros (1)	3.700	—	—	—	—
Perus	37.500	7.562	771	0,202	0,021
S. Miguel Paulista	297.800	48.977	8.041	0,164	0,027
<b>TOTAL</b>	<b>7.385.327</b>	<b>3.839.650</b>	<b>294.079</b>	<b>0,520</b>	<b>0,040</b>



(em t/dia)

TIPO DE RESÍDUO	ANO			
	1981	1985	1989	1993
Residenciais e comerciais	4.897	5.697	6.669	7.854
Feiras	359	413	479	559
Hospitalares	100	109	119	130
Varrição	452	634	868	1.138
Industriais	3.901	4.620	5.190	5.618
Diversos	806	686	585	498
<b>TOTAL</b>	<b>10.015</b>	<b>12.159</b>	<b>13.910</b>	<b>15.797</b>

para 1976, crescendo à razão de 1,5% ao ano;

□ **resíduos hospitalares:** consideraram-se as projeções demográficas, a relação de um leito para cada 250 habitantes e a geração média por leito observada em novembro de 1976, crescendo à taxa de 1,5% ao ano;

□ **resíduos de varrição:** admitiu-se a expansão dos serviços de varrição à taxa de 15,8% ao ano, igual àquela observada no período 1971/76; verificou-se que os algarismos projetados eram compatíveis com a máxima extensão possível do arruamento, em cada espaço;

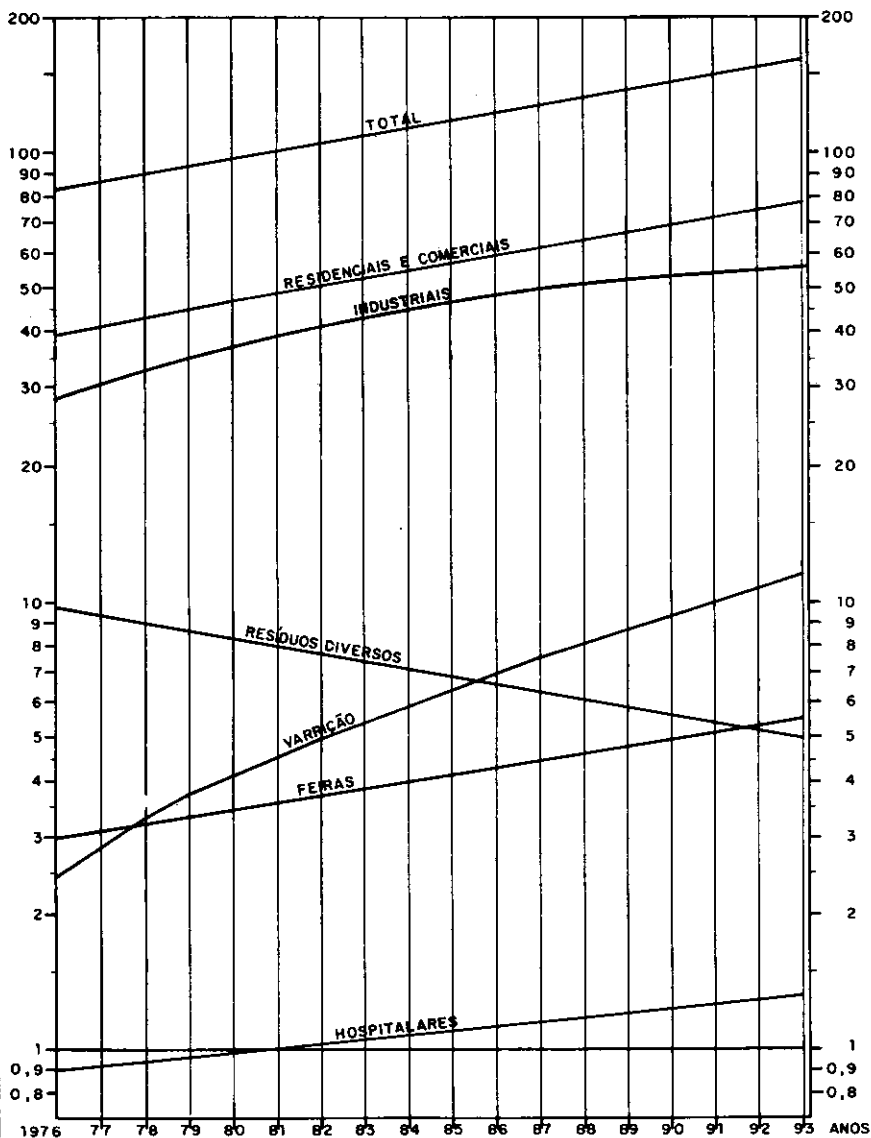
□ **resíduos industriais:** como a maior parte das novas indústrias que se implantam na Grande São Paulo o fazem fora da Capital, admitiu-se que a produção de resíduos sólidos industriais, embora crescente, teria taxas de aumento anual que diminuiriam de 10% a cada ano, de 8,1% entre 1976 e 1977, para 1,72% entre 1992 e 1993; a alocação espacial da produção entre os distritos e subdistritos foi feita em função da maior ou menor vocação dos mesmos para intensificação do uso do solo para fins industriais;

□ **resíduos diversos:** as projeções foram feitas para o município como um todo, por correlação com a curva de tendência das áreas licenciadas para construção, que é decrescente; a desagregação por espaço não foi feita, por ser praticamente imprevisível; além disso, este tipo de resíduo serve, em geral, como material de cobertura nos aterros sanitários.

Chegou-se aos valores totais, por tipo de resíduo, indicados na tabela e no gráfico, ambos ao lado.

PROJEÇÕES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO  
1976 - 1993

t / dia x 100



FONTE : SERETE

**CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

As tabelas anexas mostram os resultados de triagens e de análises de laboratório de amostras de resíduos sólidos. A matéria orgânica putrescível, papel e papelão representam pelo menos dois terços do peso total dos resíduos residenciais e comerciais, alcançando perto de 90% nos resíduos de feiras; os teores médios da umidade foram de 35% nos resíduos residenciais, 40% nos comerciais e 87% nos de feiras. Nos resíduos industriais, mais de 60% em peso correspondem à madeira, plástico e papel, e menos de 10% aos materiais metálicos. Nos resíduos diversos, mais da metade foi de entulho de obra e 36%, terra.

Os pesos específicos aparentes médios são os seguintes, em kg/m<sup>3</sup>:

<input type="checkbox"/> residenciais:	163-187
<input type="checkbox"/> comerciais:	149
<input type="checkbox"/> feiras:	204-216
<input type="checkbox"/> varrição:	378
<input type="checkbox"/> industriais:	507
<input type="checkbox"/> diversos:	318

O poder calorífico superior é da ordem de 4.000 kcal/kg.

Todos esses algoritmos mostram que a composição dos resíduos difere bastante em relação às principais metrópoles européias e americanas.

### RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DE INSTALAÇÕES PARA TRANSPORTE, TRANSBORDO, TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Admitindo que só se deveriam considerar alternativas para transbordo, tratamento e destino final econômicas, bem adaptadas às condições locais, e plenamente aprovadas pela experiência selecionaram-se as seguintes técnicas, para efeito de introdução num modelo matemático de otimização de custos, que orientasse a adoção das medidas a serem implementadas a prazo relativamente curto:

- transbordo, sem compactação;
- aterros sanitários;
- compostagem;
- incineração, sem geração de energia elétrica.

Os processos abaixo não foram considerados no elenco de possíveis decisões:

**Transbordo com compactação:** os custos totais (transbordo + transporte) resultaram ser superiores aos de um transbordo sem compactação.

**Incineração com geração de energia elétrica:** a decisão de gerar energia utilizando o poder calorífico dos resíduos sólidos deveria ser tomada pela Companhia Energética de São Paulo — CESP, em função de uma análise econômica. Em primeira análise, os custos do kW instalado e do kWh gerado não parecem ser muito convidativos.

**Produção de metano:** a decisão de captar este gás deveria ser adotada pela Companhia Municipal de Gás — COMGÁS, que vem realizando estudos no aterro do km 14,5. Do ponto de vista da disposição dos re-

### MÉDIAS COMPARADAS DOS COMPONENTES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

		(em %)			
		1971	1974	1976	
COMBUSTÍVEIS	MATERIAL ORG. NÃO PUTRESCÍVEL	Papel	21,8	19,4	21,8
		Papelão	4,1	4,7	7,8
		Madeira	1,9	1,9	0,8
		Trapos e estopas	3,4	3,2	1,5
		Couro	0,9	1,5	0,4
		Borracha	0,6	—	0,3
		Plástico duro	1,7	0,8	2,6
		Plástico mole	2,6	1,8	6,4
		Sub-total	37,0	33,3	41,6
	MAT. ORG. PUTRESCÍVEL	Verduras e frutas	42,7	19,0	23,2
		Folhagens/folhas	4,1	2,5	6,8
		Restos de alimentos	0,7	7,4	7,7
		Animais mortos	0,1	—	0,1
		Sub-total	47,6	28,9	37,8
SUB-TOTAL		84,6	62,2	79,4	
INCOMBUSTÍVEIS	METÁLICOS	Latas	3,9	6,4	5,3
		Metais ferrosos	0,2	0,5	0,1
		Metais não ferrosos	0,1	—	0,6
	Sub-total	4,2	6,9	6,0	
	OUTROS	Vidro	2,1	3,2	5,0
		Oso	0,1	0,2	—
		Terra e similares	9,0	27,5	9,6
Sub-total		11,2	30,9	14,6	
SUB-TOTAL		15,4	37,8	20,6	
TOTAL		100,0	100,0	100,0	

sólidos, o aproveitamento do metano não alteraria sensivelmente a natureza do problema.

**Reciclagem:** as características dos resíduos coletados, aliadas ao estágio atual de consolidação das técnicas de reciclagem integral, aos elevados custos das instalações e aos preços das matérias-primas passíveis de recuperação, não recomendam a adoção destas técnicas, a curto prazo. Trata-se, todavia, de uma alternativa promissora para o futuro.

**Pirólise:** é uma técnica não consolidada; as experiências em laboratório dão bons resultados, mas empreendimentos em escala industrial não tem sido bem sucedidos.

**Compactação em blocos:** além de ser uma técnica recente, leva a custos unitários muito elevados em relação a aterros sanitários.

**Trituração:** tem custo relativamente alto, em comparação com aterros sanitários.

Selecionados os possíveis processos, definiram-se os respectivos custos de investimento e operacionais, por tonelada de lixo tratada; estimaram-se, também, custos unitários de transporte, considerando caminhão coletor-compactador, carretas (para transporte entre estações de transbordo e locais de destino final) e caminhões basculantes (para o transporte de rejeitos de usinas de compostagem).

Pesquisas em planta permitiram pré-selecionar 100 áreas possíveis de receberem novos aterros sanitários, estações de transbordo, incineradores e usinas de compostagem; em função de observações feitas no campo, inclusive por sobrevôo de



COMPONENTES FÍSICOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (1976)

(em %)

COMPONENTES	RESIDENCIAL POR CLASSE DE RENDA			FEIRAS POR ÁREAS DE CLASSES DE RENDA			COMERCIAL
	ALTA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	MÉDIA	BAIXA	
Papel	18,33	19,62	19,20	2,20	7,83	1,65	32,08
Papelão	11,36	4,47	5,15	5,32	1,45	0,47	12,73
Madeira	1,52	1,29	0,35	8,25	8,69	—	0,30
Trapos	1,06	0,94	3,14	—	—	—	0,12
Couro	1,21	—	0,44	—	—	—	—
Borracha	1,52	—	—	—	—	—	—
Ossos	—	—	—	—	—	—	—
Plástico duro	2,27	3,06	2,53	—	—	—	2,55
Plástico mole	4,39	5,52	6,54	0,40	1,16	0,47	9,34
Verduras e frutas	19,55	21,74	29,84	60,16	50,72	90,35	16,92
Folhagens e folhas	9,85	11,52	4,19	19,55	23,77	4,71	2,43
Resto de alimentos	5,45	7,52	8,12	—	—	—	9,22
Animais mortos	—	—	—	1,33	—	—	0,81
Latas	3,18	5,99	6,54	—	—	—	4,43
Metais ferrosos	0,15	—	0,26	—	—	—	—
Metais não ferrosos	2,43	0,47	—	—	—	—	—
Vidro	6,52	8,46	3,84	—	—	—	1,39
Terra e similares	11,21	9,40	9,86	2,79	6,38	2,35	7,88
Outros	—	—	—	—	—	—	—
TOTAIS	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FONTE: SERETE

helicóptero, relativas a diversas condições restritivas que não apareciam nas plantas, e do custo dos terrenos. selecionaram-se as seguintes áreas, situadas dentro dos limites do município para evitar eventuais situações conflitantes de ordem institucional.

18 áreas para aterros sanitários, com capacidade total de 108 milhões de toneladas de resíduos;

18 áreas para incineradores;

03 áreas para usinas de compostagem;

17 áreas para estações de transbordo.

Mediram-se, nas plantas, as seguintes distâncias reais de transporte:

dos centros de massa dos espaços geradores aos pontos de transbordo, tratamento ou destino final;

das estações de transbordo aos locais de tratamento e destino final;

das usinas de compostagem e incineradores aos aterros sanitários.

A otimização dos custos de transporte — excluída a coleta — tra-

tamento e destino final foi feita utilizando um modelo de programação linear, que incluía as diversas variáveis do problema.

A análise crítica dos resultados levou às seguintes recomendações, para implementação de novas facilidades:

Ano	Novos Aterros	Novos Transbordos (1)
1979	04 - 17 - 40 - 43	
1981	07 - 19 - 31	
1982	21	
1983	37	
1984	06	
1985	38 - 39	
1986	18	11 - 14
1987	20	
1988	35	33
1991	29	24 - 01 (2)
Número total	16	4 + 1 ampliação

(1) Capacidade nominal de 1.500 t/dia.

(2) Ampliação da capacidade atual para 1.250 t/dia, no mínimo.

O mapa das instalações existentes mostra, também, a localização das instalações futuras; para os aterros, indicam-se os períodos de operação e para as outras instalações, as capacidades nominais.