

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS DETERMINATION OF GRAVIMETRIC COMPOSITION

¹Fábio Rogério Carvalho Frésca

²Érica Pugliesi

³Luciana Miyoko Massukado

⁴Valdir Schalch

¹Geógrafo. Especialista em Educação Ambiental (CRHEA/EESC-USP). Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP

²Farmacêutica Bioquímica. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP

³Engenheira Civil. Especialista em Educação Ambiental (CRHEA/EESC/USP). Mestre em Engenharia Urbana (UFSCar), Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP

⁴Engenheiro Químico. Doutor em Hidráulica e Saneamento – EESC/USP. Professor livre docente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP. Coordenador do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER/USP).

Endereço: Rua Delfino Penteadado, 202. São Carlos – SP – Brasil. CEP 13560-100. Tel (16) 3371-5690 E-mail: fabio@splendour.com.br, lumassukado@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados obtidos no estudo da caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares (RSD), realizada no município de São Carlos/SP. A investigação foi conduzida no aterro sanitário e nas três centrais de triagem. No aterro, os resultados mostraram que 59.08% , em peso, são matéria orgânica; 20.83% são resíduos recicláveis e 20.09% são considerados rejeitos. Já nas centrais de triagem, 47,41%, em peso, correspondem ao papel e papelão, 21.60% a plásticos; 12.25% a vidros; 7.63% a metal e alumínio; 5.30% a embalagem cartonada; e 5.79% a rejeitos. Os resíduos encaminhados para essas centrais representam apenas 10% dos resíduos passíveis de reciclagem, demonstrando o potencial de expansão da coleta seletiva. Pode-se inferir também que aproximadamente 80% dos RSD, que chegam ao aterro, poderiam ser reaproveitados, seja por meio da reciclagem ou compostagem.

ABSTRACT

This paper presents the results of household waste physical characterization carried out in São Carlos city, state of São Paulo. The research has been developed in the municipal landfill and in the three waste sorting facilities. In the first case, the results showed that 59.08% by weight are organic matter; 20.83% are recyclable waste and 20.09% are rejects. In the case of the sorting facilities the results indicated that 47.41% by weight, correspond to the paper and cardboard; 21.60% to plastics; 12.25% to glasses; 7.63% to metal and aluminum; 5.30% to carton packaging, and 5.79%

are rejects. The waste taken to the sorting facilities represents 10% of the waste available for recycling, demonstrating the potential for the expansion of the municipal curbside collection program. Furthermore, one can verify that approximately 80% of household waste disposed in the landfill could be either recycled or composted.

Palavras-chave: composição gravimétrica, caracterização física, resíduos sólidos domiciliares.

Key words: gravimetric composition, physical characterization, household waste

1. INTRODUÇÃO

O espaço geográfico brasileiro vem se modificando devido ao desenvolvimento tecnológico, à expansão industrial, ao acelerado processo de urbanização e ao crescimento populacional. Estes fatores acarretam, direta ou indiretamente, o aumento da geração de resíduos sólidos. Tratar e destinar adequadamente tal quantidade de resíduos tem sido um grande desafio para os municípios brasileiros.

Dentre os vários tipos de resíduos sólidos destacam-se os resíduos sólidos domiciliares (RSD) que correspondem a 55% (125.281 t/d) do total de resíduos (228.413 t/d) coletados no Brasil (IBGE, 2002). Neste artigo, o termo resíduos sólidos domiciliares – RSD - é utilizado como referência aos resíduos que são gerados nos domicílios. Incluem-se também nesta categoria os resíduos produzidos em estabelecimentos comerciais e industriais cujo volume seja compatível ao estabelecido pela legislação municipal no que se refere à produção máxima diária para ser coletado pelo serviço de limpeza urbana municipal.

Quando os RSD são depositados de forma inadequada cria-se uma série de problemas ambientais, tais como a poluição do solo, da água e do ar. Sob este ponto de vista, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos devem buscar soluções que minimizem os impactos decorrentes da crescente produção de resíduos.

Qualquer estratégia de gestão de resíduos deve ser iniciada pelo estudo dos tipos de materiais e da quantidade produzida. A este estudo denomina-se caracterização física sendo a composição gravimétrica o seu resultado. A composição gravimétrica dos resíduos é uma importante ferramenta para a gestão integrada, pois é a premissa básica para se iniciar estudos da viabilidade de implantação de tecnologias para o tratamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos (Chung e Poon, 2001; Massukado, 2004; Zeng et al, 2005; Fresca, 2007). Entretanto, ainda são poucos os municípios brasileiros que realizam a caracterização

de seus resíduos, seja pela ausência de pessoal técnico qualificado, seja por dificuldades orçamentárias ou até mesmo pelo desconhecimento da importância desta atividade.

Com relação aos resíduos recicláveis encaminhados às centrais de triagem, os resultados da sua caracterização exercem influências sobre o dimensionamento das centrais, seja com relação à área que as mesmas deverão possuir, seja na escolha da quantidade, tipo e capacidade dos equipamentos e ainda no potencial de geração de trabalho e renda para os cooperados.

Para o delineamento da metodologia utilizada na caracterização, verificou-se, por meio da revisão de literatura, que não há um consenso referente à quantidade necessária de amostra a ser caracterizada.

Segundo diversos autores (Tchobanoglous et al, 1993; Zeng et al, 2005; Mancini et al, 2007.), a quantidade ideal da amostra de resíduos a ser caracterizada deve pesar no mínimo 91 kg, pois valores menores tendem a produzir distorções muito grandes no resultado da composição dos resíduos. Com relação à quantidade máxima a ser caracterizada é estabelecido o peso de 140 kg, o qual é justificado pelo fato de que quantidades acima deste valor produzem pouco acréscimo na variância do resultado final da composição gravimétrica (Zeng et al, 2005; Mancini et al, 2007).

De acordo com Chung e Poon (2001) em Hong Kong e na Alemanha a definição da amostra é dada pelo volume e não pelo peso. Desta forma, a amostra deve ter aproximadamente 1 m³, o que correspondeu, em seu estudo, a aproximadamente 190 kg.

Cabe salientar que a definição do tamanho da amostra dependerá também do orçamento, recursos humanos e tempo disponível para a realização do estudo.

Gestão dos Resíduos Sólidos em São Carlos

O município de São Carlos está localizado na região central do Estado de São Paulo, possui área territorial de 1.132 km² e densidade demográfica de 188,44 hab/km². Atualmente a população está estimada em 220.425 habitantes, apresentando crescimento médio de 1,94 % ao ano (SEADE, 2007).

A gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de São Carlos/SP estão sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de São Carlos - PMSC, especificamente a cargo do Departamento de Política Ambiental, vinculado à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia - SMDSCT. Dentro desse departamento existe, desde 2001, uma divisão dedicada especialmente à gestão de resíduos sólidos.

São Carlos coleta atualmente uma média de 145 t/d de resíduos sólidos domiciliares. Embora a gestão destes resíduos seja de responsabilidade da prefeitura, os serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final são terceirizados a uma empresa privada, a um custo de R\$ 104,33/t.

A coleta de RSD abrange 100% da área urbana a qual está dividida em 15 setores. Nos três setores centrais a frequência de coleta é diária, pois correspondem a aproximadamente 40% da área habitada da cidade e também são responsáveis por 50% do total de resíduos coletados. Nos demais setores e nos dois distritos pertencentes ao município, Água Vermelha e Santa Eudóxia, a coleta de RSD ocorre em dias alternados.

A coleta seletiva no município foi implementada em 2002 sendo atualmente realizada por três cooperativas de catadores com apoio da PMSC. São coletados em torno de 3 t/d de resíduos recicláveis em 60% da área urbana. O custo de operação da coleta seletiva (transporte, equipamentos de proteção individual, energia elétrica, manutenção e recursos humanos) é de R\$ 205,28 por tonelada.

Em 2006 foi iniciado um projeto piloto de coleta dos resíduos orgânicos provenientes de restaurantes, lanchonetes, mercados e varejões, sendo estes encaminhados para a horta municipal a fim de serem compostados. Atualmente são recolhidos cerca de 1,5 t/d provenientes de 50 estabelecimentos. O custo de operação deste sistema (coleta, transporte e operação da compostagem) é de R\$ 84,00 por tonelada (PMSC, 2007).

A forma de disposição final dos RSD é o aterro sanitário, localizado na Fazenda Guaporé, zona rural do município, distante da sede municipal em 15 km. Segundo dados do último Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado de São Paulo, no ano de 2006, o aterro sanitário de São Carlos obteve nota 9,0, o que significa estar operando em condições adequadas (CETESB, 2007).

METODOLOGIA

O estudo da composição gravimétrica dos RSD foi realizado em duas situações: a) resíduos da coleta regular que chegam ao aterro sanitário municipal e; b) resíduos da coleta seletiva encaminhados às centrais de triagem.

Resíduos da coleta regular com destino ao aterro sanitário

A coleta regular dos RSD do município é dividida em quinze setores, que abrangem toda a área urbana do município de São Carlos, sendo também atendidos os distritos de Santa Eudóxia e Água Vermelha (Fig. 01).



Figura 01: Mapa da setorização da coleta regular de São Carlos/SP

Definiu-se como unidade amostral o setor de coleta sendo que para cada setor foram realizadas duas caracterizações, perfazendo um total de 30 coletas durante o ano de 2005. As coletas foram divididas em dois períodos: inverno e verão. O objetivo da caracterização em dois períodos distintos foi o de verificar se existem diferenças significativas na geração de resíduos quando submetidos a diferenças sazonais.

SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP OF HOUSEHOLD WASTE IN SÃO CARLOS/SP

A metodologia utilizada para caracterizar os resíduos que chegam ao aterro sanitário considerou os modelos utilizados por Gomes (1999) e IPT/CEMPRE (2000) e seguiu também as orientações da norma NBR 10.007 (ABNT, 2004). O procedimento para caracterização foi:

- 1) *Descarga do caminhão:* os resíduos foram descarregados em local previamente delimitado, formando um monte de aproximadamente 10 toneladas;
- 2) *Espalhamento:* os resíduos foram espalhados com auxílio de uma pá carregadeira. Nesta etapa, os resíduos volumosos foram retirados e registrados;
- 3) *Amostra:* Foram escolhidos pontos aleatórios para retirar os sacos, ainda fechados, e desta forma, poder compor a amostra composta (soma das parcelas individuais do resíduo estudado, obtida em pontos, profundidades e momentos distintos). Todos os sacos selecionados foram colocados sobre uma lona plástica. Os sacos plásticos foram rasgados e os resíduos espalhados. Estas parcelas foram misturadas de forma a obter uma amostra homogênea, que ao final pesava aproximadamente 400 kg.
- 4) *Quarteamento:* Em seguida, procedeu-se a separação desta amostra, ou seja, os resíduos sobre a lona foram divididos em quatro montes de aproximadamente 100 kg e em cada monte se realizou o quarteamento. Deste quarteamento, desprezaram-se duas partes e mantiveram-se as outras duas, restando no total, oito montes de 25 kg, ou seja, 200 kg. Esta quantidade de amostra foi considerada como representativa do total coletado pelo caminhão;
- 5) *Caracterização:* os resíduos que restaram na lona foram, então, separados e acondicionados em sacolas previamente identificadas e classificados em sete categorias: matéria orgânica (restos de alimentos, folhas vegetais, fezes de animais); papel e papelão (derivados da celulose); plástico filme; plástico duro; alumínio e metal; embalagem cartonada longa vida e rejeitos. As parcelas dos resíduos foram pesadas e a porcentagem de cada material sobre o peso total foi calculada.

A Figura 02 esquematiza o procedimento utilizado para a caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares que chegam ao aterro sanitário.

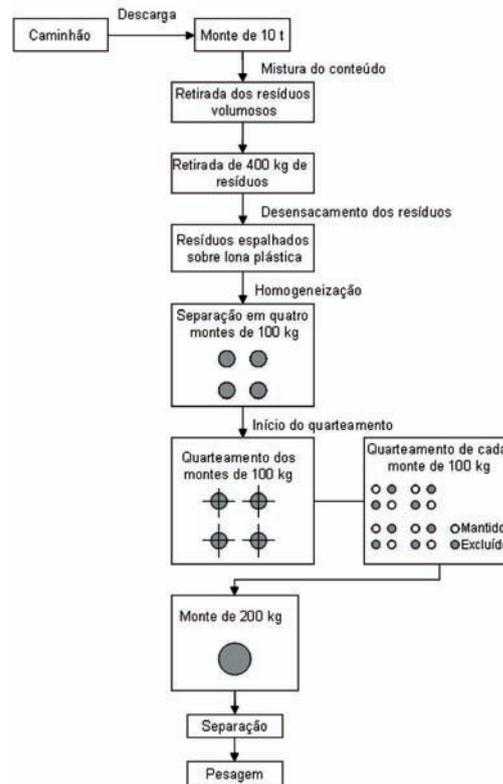


Figura 02: Procedimentos para a caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares

Resíduos da coleta seletiva com destino às centrais de triagem

Conforme mencionado a coleta seletiva abrange cerca de 60% da área urbana e está dividida em três regiões, sendo que cada região ficou sob a responsabilidade de uma cooperativa de catadores. Cada região foi dividida em setores, que não coincidem com os da coleta regular. A frequência da coleta seletiva é de uma vez por semana em cada um dos setores.

Similarmente à coleta regular, a unidade amostral foi definida para cada setor, totalizando 26 caracterizações. As caracterizações foram realizadas nas três centrais no inverno e em uma central no verão. O procedimento para caracterização foi:

- 1) *Descarga do caminhão:* os resíduos coletados seletivamente foram descarregados em local previamente delimitado na central de triagem.
- 2) *Triagem:* o material que chega à área de triagem é colocado sobre a bancada para a sua separação, que foi dividido nas categorias papel e papelão; plástico filme; plástico duro; alumínio e metal; vidro; embalagem cartonada longa vida e rejeitos.
- 3) *Caracterização:* o material separado foi acondicionado

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS
DETERMINATION OF GRAVIMETRIC COMPOSITION

em sacos de rafia e pesado para então se fazer o cálculo da porcentagem sobre o total coletado.

no aterro sanitário, são informações importantes para se conhecer o potencial de reaproveitamento dos materiais que são aterrados. A Tabela 01 a seguir apresenta o resultado da caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares, porcentagem em peso, que são encaminhados ao aterro sanitário municipal.

RESULTADOS

Os resultados da caracterização física, realizada

Tabela 01: Composição gravimétrica, porcentagem em peso, dos resíduos sólidos domiciliares encaminhados ao aterro sanitário municipal de São Carlos/SP no ano de 2005.

Setor	TIPO DE MATERIAL							
	Matéria Orgânica (%)	Papel e papelão (%)	Embalagem cartonada (%)	Vidro (%)	Metal e alumínio (%)	Plástico Rígido (%)	Plástico Filme (%)	Rejeitos (%)
1	67,10	4,90	0,93	2,20	1,89	3,27	9,21	12,42
2	54,95	11,14	0,87	1,35	1,59	4,01	7,41	20,96
3	47,24	9,49	0,82	2,47	1,22	3,41	7,88	26,30
4	60,82	6,43	0,57	1,51	1,66	3,31	9,69	17,63
5	51,76	6,17	0,96	1,56	1,36	4,20	6,76	22,30
6	72,41	3,52	0,87	1,13	1,07	2,00	7,07	12,57
7	63,72	4,01	1,13	0,81	1,38	2,18	6,20	20,82
8	61,95	2,73	1,34	0,69	1,26	2,15	6,73	24,17
9	53,96	8,66	0,87	2,39	1,01	2,13	7,18	23,40
10	57,20	5,95	1,54	2,45	1,54	2,14	9,39	20,11
11	68,08	4,07	0,77	1,01	1,08	1,94	6,32	17,81
12	42,55	9,22	1,03	2,75	1,19	3,34	6,95	23,60
13	62,33	8,23	0,77	1,56	1,44	3,39	6,70	17,34
14	57,21	6,49	0,95	0,93	1,03	2,31	9,36	22,87
15	64,97	5,58	0,67	2,30	0,90	2,23	7,63	17,01
Média	59,08	6,44	0,94	1,67	1,31	2,84	7,63	20,09
Desvio padrão	8,10	2,46	0,25	0,69	0,28	0,76	1,20	4,26

SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP OF HOUSEHOLD WASTE IN SÃO CARLOS/SP

Os resultados apresentados na Tabela 01 indicam que:

- Dos RSD encaminhados ao aterro sanitário de São Carlos, a matéria orgânica (59,08%) foi a mais representativa, seguida pelos materiais passíveis de reciclagem, plásticos (10,47%), papel e papelão (6,44%), vidro (1,67%), metal e alumínio (1,31%) e embalagem cartonada (0,94%).
- Também observou-se a presença dos materiais denominados de rejeitos com participação de 20,09%, que, são aqueles materiais que ainda não possuem tecnologia ou viabilidade econômica para serem reciclados ou que, em virtude da homogeneização durante a caracterização, ficam muito misturados, tornando impossível sua separação.
- Os resíduos que mais contribuíram para a parcela rejeitos foram as fraldas descartáveis, borrachas,

madeiras, resíduos de banheiro e tecidos. Cabe salientar que na parcela rejeitos também estavam presentes papéis picados, papéis de bala, pedaços de plásticos e pequenos metais, que devido à homogeneização da amostra não foi possível proceder a sua separação.

- Por meio desta caracterização pode-se inferir que cerca de 80% dos resíduos sólidos encaminhados ao aterro sanitário poderiam ser reaproveitados, seja via reciclagem (20%) ou compostagem da fração orgânica (60%).

A Tabela 02 apresenta os setores que obtiveram maior e menor índice de geração de cada tipo de resíduo caracterizado nesta pesquisa. A matéria orgânica foi predominante em todos os setores caracterizados apresentando valores entre 42,55% e 72,41%. A embalagem cartonada e o vidro foram os resíduos que tiveram menor representatividade na composição gravimétrica de todos os setores.

Tabela 02: Setores com maior e menor índice de geração para cada tipo de resíduo caracterizado no aterro sanitário de São Carlos/SP em 2005

Tipo de resíduo	Maior índice de geração		Menor índice de geração	
	Setor	%	Setor	%
Matéria Orgânica (59,08%)	06	72,41	12	42,55
Papel e papelão (6,44%)	02	11,14	08	2,73
Embalagem cartonada (0,94%)	10	1,54	04	0,57
Vidro (1,67%)	12	2,75	08	0,69
Metal e alumínio (1,31%)	01	1,89	15	0,90
Plástico rígido (2,84%)	05	4,20	11	1,94
Plástico filme (7,63%)	03	9,69	01	6,20
Rejeitos (20,09%)	03	26,30	01	12,42

A menor quantidade de matéria orgânica gerada no setor 12 é explicada pela coleta ser realizada em uma região industrial. Na caracterização deste setor notou-se a presença de muitos materiais recicláveis e rejeitos, tais como luvas de procedimento, copos plásticos, papel higiênico e papel picado.

O setor 08 compreende os bairros Antenor Garcia, Presidente Collor e Cidade Aracy que são tipicamente de baixa renda. Neste sentido, observa-se que tanto

o descarte de papel e papelão quanto o de vidro encontram-se bem abaixo da média, indicando duas possíveis causas. A primeira é a hipótese da população do bairro não gerar estes tipos de resíduos e a segunda é de que a quantidade gerada é previamente separada pelos próprios moradores para que os mesmos façam a sua comercialização.

A Tabela 03 resume as porcentagens médias, em peso, dos resíduos caracterizados no verão e inverno.

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS
DETERMINATION OF GRAVIMETRIC COMPOSITION

Tabela 03: Composição gravimétrica média, porcentagem em peso, dos resíduos sólidos domiciliares caracterizados no inverno e verão no aterro sanitário de São Carlos/SP em 2005.

Tipo de resíduo	Inverno (%)	Verão (%)
Matéria Orgânica	60,06	58,11
Papel e papelão	6,78	6,10
Embalagem cartonada	0,91	0,96
Vidro	1,64	1,70
Metal e alumínio	1,23	1,38
Plástico rígido	2,76	2,92
Plástico filme	6,43	8,84
Rejeitos	18,16	22,02

Pode-se inferir que a mudança de estação não teve influência na composição dos resíduos de São Carlos. A explicação refere-se ao fato que em geral, no Brasil, as estações do ano são muito semelhantes, sendo que as temperaturas médias oscilam pouco, portanto os hábitos de consumo praticamente permanecem constantes. Na presente pesquisa, a variação média da temperatura inverno-verão foi de 5,5 °C; sendo a menor diferença de temperatura igual a 3 °C e a maior igual a 9 °C.

Os resíduos coletados seletivamente e que são encaminhados para as centrais de triagem a caracterização foi também realizada nas duas estações, inverno e verão. Porém, no verão a caracterização dos resíduos só foi possível em uma central, devido ao aumento da quantidade

de resíduos coletados no fim do ano aliado ao número reduzido de trabalhadores nas outras duas cooperativas.

Com relação à quantidade coletada verificou-se uma menor produção dos resíduos recicláveis no inverno, quando foram coletadas 16,9 toneladas no período de uma semana. Já no verão, esta quantidade aumentou para 21,95 toneladas, significando um aumento de aproximadamente 30%. No entanto, não houve variação significativa na composição destes resíduos pelos mesmos motivos explicitados para a caracterização realizada no aterro sanitário.

A Tabela 04 apresenta a caracterização, porcentagem em peso, dos resíduos coletados seletivamente pelas cooperativas e encaminhados para as centrais de triagem.

Tabela 04: Composição gravimétrica dos resíduos encaminhados para as centrais de triagem de São Carlos/SP no ano de 2005.

Cooperativa/ Resíduo	A (%)		B (%)	C (%)	Média	Desvio Padrão
	Inverno	Verão	Inverno	Inverno		
Plástico rígido	15,48	18,56	17,72	18,5	17,57	1,44
Plástico filme	3,15	4,01	3,79	3,03	3,50	0,48
Vidro	14,88	10,49	13,19	13,97	13,13	1,89
Embalagem cartonada	4,77	4,84	5,78	6,56	5,49	0,85
Latas de alumínio	1,61	1,84	1,42	0,78	1,41	0,46
Metal e outros alumínios	11,05	4,18	5,57	7,56	7,09	2,98
Papel e papelão	44,12	51,60	47,24	39,26	45,56	5,20
Rejeitos	4,93	4,47	5,29	10,32	6,25	2,73
Total	99,99	99,99	100,00	99,98		

SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP OF HOUSEHOLD WASTE IN SÃO CARLOS/SP

Ao comparar a Tabela 04 com a Tabela 01 pode-se observar que os índices de participação dos plásticos rígidos e filmes na coleta seletiva, sofrem uma inversão quando comparados aos índices da coleta regular. Na coleta seletiva, os plásticos rígidos têm maior incidência que os filmes. E no aterro sanitário, os plásticos filmes é maioria, quanto comparado aos plásticos rígidos, pois geralmente são utilizados para acondicionar os resíduos, o que diminui também o seu aparecimento na coleta seletiva.

Discussão dos resultados

Segundo informações da PMSC (2006), no ano de 2005, foram depositados no aterro sanitário municipal 49.280 toneladas de resíduos sólidos domiciliares. Utilizando os resultados da caracterização dos resíduos no aterro, pode-se afirmar que naquele ano foram dispostas 29.100 toneladas de matéria orgânica; 3.170 toneladas de papel e papelão; 464 toneladas de embalagens cartonadas; 823 toneladas de vidro; 645

toneladas de metal e alumínio; 1400 toneladas de plástico rígido; 3.760 toneladas de plástico filme e 9.918 toneladas de outros.

Pensando-se na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), conclui-se que 39.360 toneladas dos resíduos apresentam potencial para serem reaproveitados (via reciclagem e compostagem) e utilizados como novos insumos para a indústria.

Segundo Fehr (2007), estes resíduos passíveis de reaproveitamento e que continuam a ser depositados nos aterros são chamados de resíduos educacionais. Estes resíduos são definidos como aqueles descartados pela falta de conscientização da população ou pelo desconhecimento que certos materiais podem ser reaproveitados, como é o caso da matéria orgânica.

Outra importante análise dos resultados pode ser observado na Tabela 05 a qual compara os resultados da caracterização dos resíduos sólidos domiciliares realizada em 1989 por Gomes (1989) e em 2005 por Fresca (2007), ambos para o município de São Carlos.

Tabela 05: Comparação entre a composição gravimétrica, em peso, dos resíduos sólidos domiciliares em 1989 e 2005.

Tipo de resíduos	Composição gravimétrica (%) em peso	
	1989	2005
Matéria Orgânica	56,70	59,08
Papel e Papelão	21,30	6,44
Plásticos	8,50	10,47
Metal e Alumínio	5,40	1,31
Vidro	1,40	1,67
Embalagem cartonada	---	0,94
Rejeitos	6,70	20,09

Observa-se que mesmo com o aumento no consumo e geração de resíduos passíveis de reciclagem, como no caso dos plásticos, em ambas as caracterizações a maior parcela dos resíduos aterrados ainda é a matéria orgânica, que em condições de anaerobiose se degradam produzindo gás metano e chorume, ambos considerados graves poluentes ambientais.

Verificou-se também redução na disposição final do papel e papelão, de 21,30% para 6,44%, fenômeno que pode ser explicado pela inserção da coleta seletiva no município, cuja venda representa 50% do total encaminhado às centrais de triagem. Outros motivos para a redução deste valor é a substituição de papéis

pelas novas tecnologias, como por exemplo, maior acesso aos computadores e internet e também pela ação dos catadores informais que atuam no município.

A redução na participação em peso do metal e alumínio pode ser justificada pelo fato de que na última década o índice de reciclagem, principalmente para as latas de alumínio, cresceu de 37% em 1991 para 94,4% em 2006, impulsionando o mercado formal e informal de comercialização deste resíduo (ABAL, 2008; ABRALATAS, 2008). Este fator explica também porque o alumínio tem pouca representatividade na coleta seletiva (1,41%).

Em função da introdução e expansão do mercado

para embalagens cartonadas na década de 90 notou-se o aparecimento deste material na disposição final dos RSD (0,94%) e na coleta seletiva (5,49%).

CONCLUSÃO

Para o caso de São Carlos/SP, a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares demonstra que mais da metade dos resíduos encaminhados ao aterro sanitário é matéria orgânica. Desta forma, sugere-se que o poder público municipal invista mais esforços no tratamento da fração orgânica dos resíduos, transformando o seu atual projeto piloto em um programa municipal tal como é coleta seletiva.

Com relação aos resíduos potencialmente recicláveis, apesar da coleta seletiva ter iniciado suas atividades em 2002, a quantidade de resíduos recicláveis desviada do aterro sanitário ainda é irrisório (10 % dos resíduos passíveis de reciclagem). Para ampliar a abrangência da coleta seletiva, hoje em torno de 60% da área urbana, é necessário reestruturar o programa de coleta seletiva através da reorganização das cooperativas investindo em treinamento, tecnologia, marketing e educação ambiental.

Em função de as coletas serem realizadas por uma empresa terceirizada cuja roteirização leva em consideração variáveis técnicas (distâncias percorridas, fluxo de veículos e tipo de ocupação), os setores não estão agrupados de acordo com sua classe sócio-econômica. Neste caso, um setor pode abranger diferentes bairros de classes sócio-econômicas distintas. Portanto, para se obter um resultado que relacione o tipo e quantidade de resíduos gerados e a classe sócio-econômica do gerador seria necessário modificar a metodologia da caracterização que ao invés de caracterizar os resíduos por setores, estes seriam caracterizados por bairro.

A partir dos resultados da caracterização física dos RSD observou-se que apenas 20% do total coletado deveriam ser dispostos no aterro sanitário enquanto o restante poderia ser reaproveitado pela compostagem e reciclagem. Para tanto, é necessário a existência de políticas públicas que incentivem ou até mesmo obriguem o desenvolvimento destas atividades. Espera-se que a aprovação do Projeto Lei (1991/2007) que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos seja um marco para o avanço sustentável/consciente deste setor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas e aos

alunos do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Resíduos Sólidos (NEPER) pelo auxílio nas caracterizações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). Reciclagem do alumínio. Disponível em http://www.abal.org.br/industria/estatisticas_recicla_latas.asp?canal=8. Acessado em: 17 de janeiro de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE LATAS DE ALTA RECICLABILIDADE (ABRALATAS). Reciclagem. Disponível em: http://www.abralatas.com.br/reciclagem_brasil.asp. Acessado em: 17 de janeiro de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma NBR 10.004** : Resíduos sólidos – classificação. São Paulo, 2004. 71 p.

_____. **Norma NBR 10.007** : Amostragem de resíduos sólidos. São Paulo, 2004. 21 p.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. (1999). **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, São Paulo: EDUSP, 1999. 109 p.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares – Relatório síntese 2006. São Paulo: CETESB, 2007. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp> > Acessado em maio 2007.

CHUNG, S.; POON, C. 2001. Characterization of municipal solid waste and its recyclable contents of Guangzhou. *Waste Management and Research*, v. 19, p. 473-485.

D'ALMEIDA; VILHENA (Org). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2. edição. São Paulo: IPT, 2000. 370 p.

FEHR, M. A Case Study of decentralized household waste management with complete material balance typical of emerging economy contexts. **Proceedings Sardinia 2007**. Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy. 2007.

FRESCA, F.R.C. Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia

Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE DADOS – SEADE. Perfil municipal. Disponível em <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>. Acessado em: 10 de janeiro de 2008.

GOMES, L.P. Estudo da Caracterização Física e da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários. 1989. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)- Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

MANCINI, S.D. et al. Recycling potencial of urban solid waste destined for sanitary landfills: the case of Indaiatuba, SP, Brazil. *Waste Management and Research*, v. 25, p. 517-523.

MASSUKADO, L.M. Sistema de Apoio à Decisão: Avaliando cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia. Informações de custos do sistema de resíduos sólidos domiciliares. Contato pessoal. Jan/2007.

SCHALCH, V. Estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. 2002. Tese (Livre Docência). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEINSEN, H.; VIGIL, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGrawHill, New York.

ZENG, Y. et al. (2005). Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri. *Waste Management and Research*. V. 23, p. 62-71.