

# Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Fortaleza/CE Dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia/CE

**Gemmelle Oliveira Santos**

gemmelle@ifce.edu.br  
Instituto Federal de  
Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará (IFCE)

**Francisco Suetônio Bastos**

**Mota**  
suetonio@ufc.br  
Universidade Federal do  
Ceará (UFC)

## Resumo

Foram realizados ensaios de campo durante o segundo semestre de 2009, numa célula em operação do aterro sanitário que recebe os resíduos sólidos de Fortaleza/CE. Com o apoio de uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150Kg, uma lona de 12m<sup>2</sup> e um tambor de 100L retiraram-se as amostras após acompanhamento da chegada do caminhão ao aterro e consequente despejo dos resíduos recém coletados. Trabalhou-se com dez amostras diferentes (12,5, 50, 75, 100, 125, 150, 250, 300, 500 e 750Kg). Os resultados apontam que, em média, 47,5% (em massa) dos resíduos sólidos domiciliares depositados no aterro sanitário são de material orgânico, 14,2% são papel/papelão, 8,7% são plástico filme, 7,0% são plástico rígido (incluindo PET), 6,4% são outros (fraldas, areia, absorventes, pedaços de isopor, entre outros), 3,3% são metais, 3,2% são trapos, 3,0% são borracha, 2,6% são embalagem tetrapak, 2,2% são madeira e 2,1% são vidro. Estes dados denunciam o grande desperdício por parte da população fortalezense e, por outro lado, representam todo um cenário de possibilidades sociais, econômicas e ambientais, já que a maior parte dos resíduos selecionados possui potencial para compostagem e reciclagem (economizando recursos naturais, criando novos postos de trabalho, prejudicando menos o ambiente e construindo novos valores sociais).

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos. Determinação Gravimétrica. Aterro Sanitário.

## Abstract

There were realized field trials during the second half of 2009, in an operating cell of the landfill that receives solid waste from Fortaleza/CE. Supported by a platform scale with capacity up to 150Kg, a 12m<sup>2</sup> canvas and a 100L barrel, the samples were removed after the arrival of the truck in the landfill attendance and consequent eviction of the newly waste collected. Worked up with ten different samples (12.5, 50, 75, 100, 125, 150, 250, 300, 500 and 750Kg). The results show that, on average, 47.5% (by weight) of solid waste deposited in landfill are organic materials, 14.2% are paper / cardboard, 8.7% are plastic film, 7.0% are hard plastic (including PET), 6.4% are others (diapers, sand, Sanitary Pad, Styrofoam etc.), 3.3% are metals, rags are 3.2%, 3.0% are rubber, 2.6% are packaging tetrapak, 2.2% are wood and glass are 2.1%. These data show the great wastage by part of the population in Fortaleza and, on the other hand, represent a whole scenario of social, economic and environmental possibilities, as most of the selected waste has the potential for composting and recycling (saving natural resources, creating new jobs, damaging less the environment and building new social values).

**Keywords:** Solid Wastes. Gravimetric Determination. Sanitary Landfill.

## 1 Introdução

Como um dos produtos finais da lógica de desenvolvimento vigente, dos avanços tecnológicos, do crescimento populacional e do consumo, os resíduos sólidos despontam nas cidades brasileiras como um verdadeiro desafio à gestão pública e à sociedade, já que sua má gestão proporciona enormes gastos públicos, severos impactos ambientais (ao ar, ao solo, às águas etc.) e à saúde pública (ALVES; SANTOS, 2009a).

Nesse contexto, a temática dos resíduos sólidos tende a assumir cada vez mais espaço na discussão social, na mídia e nos programas de governo, porque o problema está tanto nas quantidades produzidas – segundo o IBGE (2002) são produzidas diariamente cerca de 126 mil toneladas de resíduos sólidos no Brasil enquanto que a ABRELPE (2008) aponta para 150 mil toneladas/dia – como na diversidade de resíduos (domiciliares, comerciais, industriais, de serviços de saúde, de transporte, de atividade agrícola etc.).

Os problemas relacionados com a geração e o destino dos resíduos sólidos domiciliares, especialmente nas grandes cidades, ainda permanecem sem receber a devida atenção, conforme extensa revisão da literatura feita por Santos (2008). Apesar desse reconhecimento, o destino dos resíduos sólidos, em 70% dos municípios brasileiros, ocorre de forma inadequada (PEREIRA NETO, 2007) e, frequentemente, o sistema utilizado é a disposição final sobre o solo, notadamente em lixões, em áreas que não contam com a infraestrutura básica necessária à diminuição da poluição do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas.

Nesse contexto, a temática dos resíduos sólidos tende a assumir cada vez mais espaço na discussão social, na mídia e nos programas de governo, porque o problema está tanto nas quantidades produzidas – segundo o IBGE (2002) são produzidas diariamente cerca de 126 mil toneladas de resíduos sólidos no Brasil enquanto que a ABRELPE (2008) aponta para 150 mil toneladas/dia – como na diversidade de resíduos (domiciliares, comerciais, industriais, de serviços de saúde, de transporte, de atividade agrícola etc.).

Os problemas relacionados com a geração e o destino dos resíduos sólidos domiciliares, especialmente nas grandes cidades, ainda permanecem sem receber a devida atenção, conforme extensa revisão da literatura feita por Santos (2008). Apesar desse reconhecimento, o destino dos resíduos sólidos, em 70% dos municípios brasileiros, ocorre de forma inadequada (PEREIRA NETO, 2007) e, frequentemente, o sistema utilizado é a disposição final sobre o solo, notadamente em lixões, em áreas que não contam com a infraestrutura básica necessária à diminuição da poluição do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas.

Sisinno (2002) complementa esta discussão, ao afirmar que:

“além dos grandes depósitos oficiais de resíduos, deve-se destacar a ocorrência de pequenos e ‘móveis’ depósitos clandestinos. Esses depósitos – na maior parte dos casos – estão localizados em regiões distantes e pouco urbanizadas e oferecem riscos ao equilíbrio ambiental e à saúde humana, uma vez que não se conhece a natureza dos resíduos depositados, sendo que muitos desses resíduos podem conter substâncias com potencial de causar sérios danos aos sistemas vivos”.

Na tentativa de se minimizar as consequências da má gestão dos resíduos sólidos é que se observa o crescimento de estudos, pesquisas e projetos, nos últimos anos, voltados à implementação de sistemas integrados, ou seja, que contemplem o reduzir, o reciclar, o reutilizar, o acondicionamento, a coleta, o transporte, o tratamento e o descarte ambientalmente seguro dos rejeitos dessa cadeia.

Neste sentido, estudos sobre aspectos quali-quantitativos dos resíduos sólidos gerados são fundamentais para orientar decisões. Conforme Santos (2008):

“do ponto de vista qualitativo, os resíduos sólidos podem ser analisados por meio da determinação de variáveis físicas, químicas e biológicas. Entre as variáveis físicas destacam-se a geração per capita, a composição gravimétrica, o peso específico, o teor de umidade e a compressibilidade. Entre as químicas destacam-se o potencial hidrogeniônico (pH), a composição química e a relação carbono/nitrogênio, e entre as biológicas a determinação da população microbiana e dos agentes patogênicos”.

O conhecimento da composição gravimétrica, tema deste estudo, possibilita o aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto. Segundo Alves e Santos (2009b), essa variável é uma informação básica para várias atividades, como monitoramento de aterros sanitários, implementação da coleta seletiva e análise de viabilidade de usinas de compostagem e reciclagem. Ela, quando realizada por regiões da cidade, ajuda, na perspectiva de Castilhos Júnior et al. (2003), a efetuar um cálculo mais justo da tarifa de coleta e destinação final dos resíduos.

Por outro lado, Melo e Jucá (2000) afirmam que essa variável física constitui uma informação importante na compreensão do comportamento dos resíduos, aterrados ou não, e expressa, em percentual, a presença de cada componente em relação ao peso total da amostra dos resíduos. Assim, realiza-se a composição gravimétrica, separando os resíduos por tipo de material e calculando a participação (em percentual) de cada uma deles em relação à amostra inicial.

Conforme Chernicharo et al. (2003), a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos, em especial no que diz

respeito à determinação de sua composição gravimétrica, torna-se uma etapa essencial, possibilitando o reconhecimento de sua carga poluente e de suas potencialidades econômicas associadas à recuperação de alguns de seus materiais constituintes.

Em termos metodológicos, é hegemônico na literatura (ABNT, 1987; MANDELLI, 1997; PASQUALETTO et al. 2006; ASSIS et al. 2007; MATTEI; ESCOSTEGUY, 2007) a recomendação do quarteamento como método principal quando da realização da composição gravimétrica em resíduos sólidos.

Em termos gerais, o método consiste em: (1) seleção de uma amostra representativa; (2) disposição desta amostra sobre uma lona para realização do rompimento dos recipientes que acondicionam os resíduos; (3) mistura destes resíduos seguida da divisão dos mesmos em quatro 'montes'; (4) separação de duas partes opostas para serem descartadas e duas partes para sofrerem novamente homogeneização; (5) separação em quatro partes da amostra restante e escolha de uma para realização da pesagem e determinação da composição gravimétrica.

Os componentes mais utilizados em estudos sobre composição gravimétrica variam de acordo com os objetivos do trabalho. Conforme o IBAM (2001), matéria orgânica, papel, papelão, plástico rígido, plástico maleável, PET, metal ferroso, metal não ferroso, alumínio, vidro claro, vidro escuro, madeira, borracha, couro, pano/trapo, ossos, cerâmica, agregado fino são os componentes recomendados. Porém, o próprio IBAM (2001) reconhece que muitos técnicos tendem a simplificar, considerando apenas alguns componentes, tais como papel/papelão, plásticos, vidros, metais, matéria orgânica e outros.

A experiência dos autores desse artigo tem mostrado que o ideal é realizar a determinação da composição gravimétrica várias vezes em diferentes épocas do ano, pois a composição dos resíduos varia de acordo com a estação do ano, períodos festivos, períodos de férias, itinerário das coletas, entre outros critérios. Além desses aspectos, Castilhos Júnior et al. (2003) trazem que as características quali-quantitativas dos resíduos sólidos podem variar em função de vários aspectos, como os sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si.

Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia, procurando contribuir, desta forma, para o processo de gestão e gerenciamento dos mesmos.

Este trabalho diferencia-se de outros já realizados, pois determinou a composição dos resíduos que são depositados no aterro sanitário, informação importante para os estudos sobre chorume, produção e aproveitamento de gases, entre outros.

## **2 Material e Métodos**

A pesquisa foi realizada com os resíduos sólidos domiciliares gerados em Fortaleza/CE e destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC).

O ASMOC ocupa uma área equivalente a 123 hectares dos quais 78,47 são destinados ao recebimento e confinamento dos resíduos sólidos, dentre outros setores (SANTOS, 2007). Desse confinamento e conseqüente degradação anaeróbia, há a produção de chorume e gases que precisam de tratamento para se mitigar a poluição ambiental. Esse aterro recebe os resíduos de Fortaleza desde 1998 (um dos motivos pelo qual foi escolhido como objeto de estudo dessa pesquisa), mas também recebe os resíduos sólidos gerados no município de Caucaia desde 1991 (data que atesta seu início de operação).

Os ensaios em campo ocuparam parte de uma célula em operação do aterro sanitário e os principais instrumentos utilizados foram uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150Kg, uma lona de 12m<sup>2</sup>, um tambor de 100L para pesagem dos resíduos e uma máquina fotográfica para registro das etapas (Figura 1).



Figura 1: Vista da lona, da balança e do tambor utilizados

Como a maioria dos estudos sobre a composição gravimétrica dos materiais presentes nos resíduos sólidos brasileiros é realizada em amostras obtidas dos resíduos recém coletados (CUSSIOL; ROCHA; LANGE, 2006), resolveu-se inovar ao se trabalhar com resíduos recebidos em aterro sanitário, retirando-se amostras logo após o acompanhamento da chegada do caminhão coletor ao local e o conseqüente despejo dos resíduos na área vizinha à lona estendida (Figura 2). Assim, os resíduos estudados só receberam a compactação promovida pelo próprio caminhão.



Figura 2: Vista do montante de resíduos estudados e descarregados pelo caminhão coletor

Foram realizados ensaios com 10 amostras diferentes em outubro de 2009, sendo todas produtos do quarteamento de amostras iniciais, como mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Descrição das Amostras Iniciais Tomadas e Analisadas Após Quarteamento

Nº da Amostra	Amostra Inicial (Kg)	Amostra Analisada (Kg)
1	100	12,5
2	400	50
3	600	75
4	800	100
5	1.000	125
6	1.200	150
7	2.000	250
8	2.400	300
9	4.000	500
10	6.000	750

Em todos os dias de caracterização, as atividades tiveram início às 14h e se estenderam até as 18h, e os materiais foram quantificados na forma de percentuais (massa/massa).

As amostras analisadas foram coletadas em dias consecutivos (exceto final de semana) a partir de uma segunda-feira (12/10/2009) e, pelo fato do quarteamento (Figura 3) separar amostras que podem ser consideradas 'grosseiras', foi necessário realizar uma pesagem final da amostra para aferição real da quantidade de resíduos utilizada (Figura 4), podendo-se, assim, chegar a um valor mais fidedigno da composição gravimétrica.



**Figura 3:** Vista do segundo processo de quarteamento dos resíduos sólidos domiciliares



**Figura 4:** Vista do processo de aferição do peso da amostra final

### **3 Resultados e discussão**

De uma forma geral, não foram observadas grandes mudanças na participação de cada tipo de resíduo selecionado em função do tamanho da amostra analisada, o que aponta para um fiel processo de homogeneização, quarteamento e repesagem dos resíduos. É importante considerar que tanto a coleta pelas ruas, quanto o despejo dos resíduos pelo caminhão, por si só, já iniciam certo processo de homogeneização da amostra, o que facilita o processo. A Tabela 2 traz os resultados da caracterização, de acordo com o tamanho da amostra analisada.

**Tabela 2:** Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares Depositados no Aterro Sanitário de Caucaia/CE. 2009.

Tipo de Material	Composição Gravimétrica (%)										Média
	Amostra de 12,5Kg	Amostra de 50Kg	Amostra de 75Kg	Amostra de 100Kg	Amostra de 125Kg	Amostra de 150Kg	Amostra de 250Kg	Amostra de 300Kg	Amostra de 500Kg	Amostra de 750Kg	
Matéria Orgânica	46,0	47,6	42,7	50,0	42,4	49,0	50,0	49,7	48,2	49,8	47,5
Papel/Papelão	15,6	14,0	16,0	13,0	15,2	14,0	14,0	12,7	13,4	13,8	14,2
Plástico Filme	8,0	8,0	7,9	9,8	10,9	8,7	8,4	8,7	8,4	8,3	8,7
Plástico Rígido	6,4	8,0	7,3	6,8	8,4	8,1	6,8	6,3	6,4	5,5	7,0
Outros	7,2	8,0	8,1	6,0	6,3	6,7	5,2	5,9	5,0	5,5	6,4
Metal	3,2	3,6	3,3	2,9	3,3	3,0	3,2	3,0	3,2	3,8	3,3
Trapos	3,2	2,4	4,0	1,9	3,8	2,1	2,4	4,1	4,6	3,6	3,2
Borracha	4,0	3,2	3,5	2,1	3,8	2,7	2,4	3,0	2,8	2,2	3,0
Tetra Pak	2,8	2,2	3,1	2,5	2,4	2,7	2,4	2,3	2,4	2,8	2,6
Madeira	2,0	1,6	2,0	3,0	2,1	1,5	2,0	2,0	3,4	2,3	2,2
Vidro	1,6	1,6	2,1	2,0	1,9	1,7	3,2	2,7	2,2	2,4	2,1

Considerando as médias alcançadas, observou-se que:

- (a) 47,5% (em massa) dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE são de material orgânico (ex.: restos de alimentos, cocos, podas domésticas);
- (b) 14,2% são papel/papelão (ex.: papel branco, misto, jornais, revistas, caixas de eletrodomésticos e eletroeletrônicos);
- (c) 8,7% são plástico filme (ex.: sacos de supermercados, invólucros de alguns alimentos);
- (d) 7,0% são plástico rígido (ex.: garrafas de óleo de cozinha, de energéticos, vasilhas de margarinas, de bebidas lácteas, pedaços de brinquedos, PET);
- (e) 6,4% são outros (ex.: fraldas, areia, absorventes, pedaços de isopor, pedaços de cerâmica, ossos);
- (f) 3,3% são metais (ex.: latas de leite em pó, cereais, cervejas, refrigerantes, energéticos, óleo, achocolatados, conservas);
- (g) 3,2% são trapos (ex.: couro, pano);
- (h) 3,0% são borracha (ex.: chinelas, ligas);
- (i) 2,6% são embalagem tetra pak (ex.: caixas de leite, sucos, achocolatados);
- (j) 2,2% são madeira (ex.: pedaços de compensado, ripas, fórmicas, MDF);
- (l) 2,1% são vidro (ex.: garrafa de vinho, cerveja, refrigerante, pedaços de prato, de xícara, de espelho, frasco de perfume, de alimento);

A Figura 5 traz uma vista geral de alguns dos materiais selecionados.

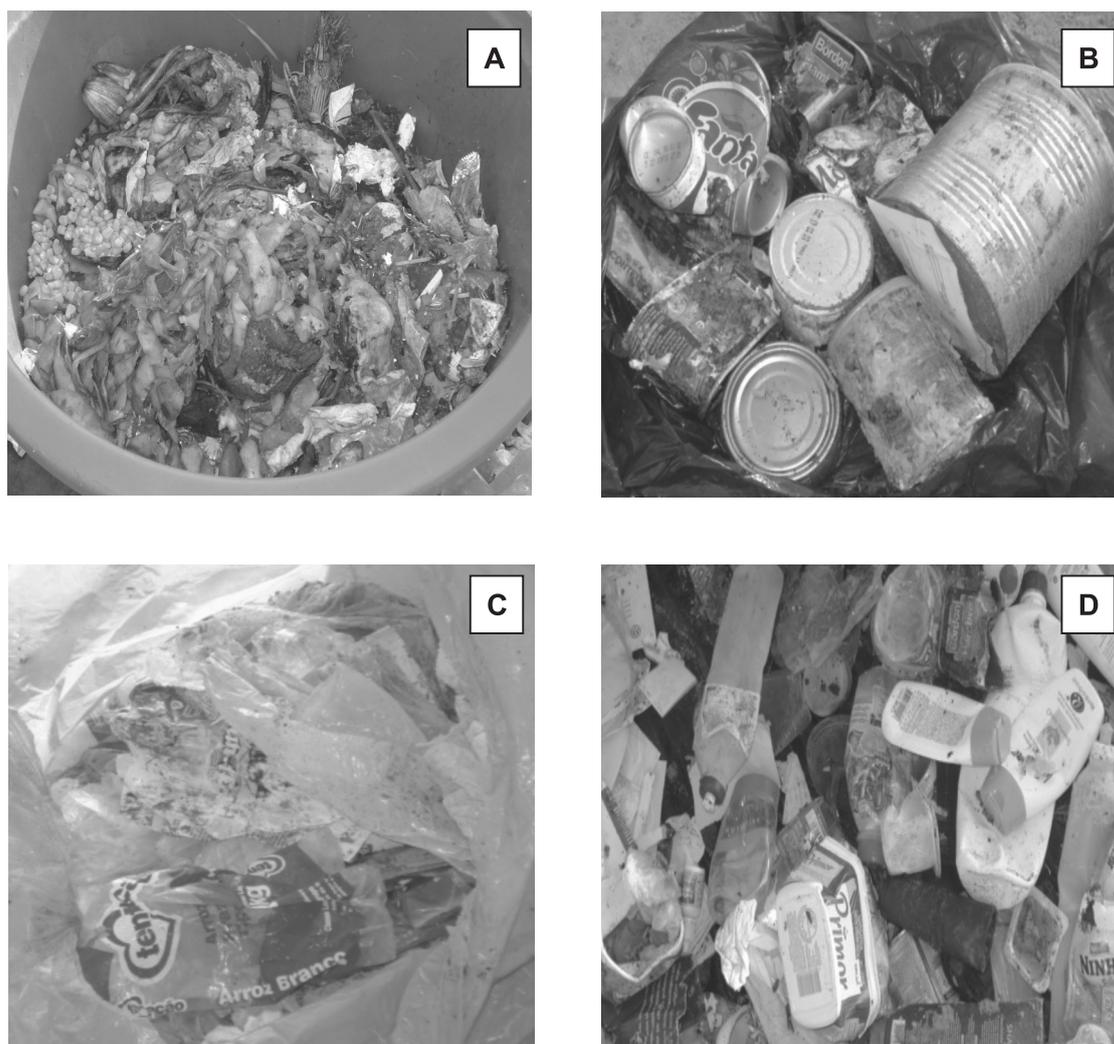


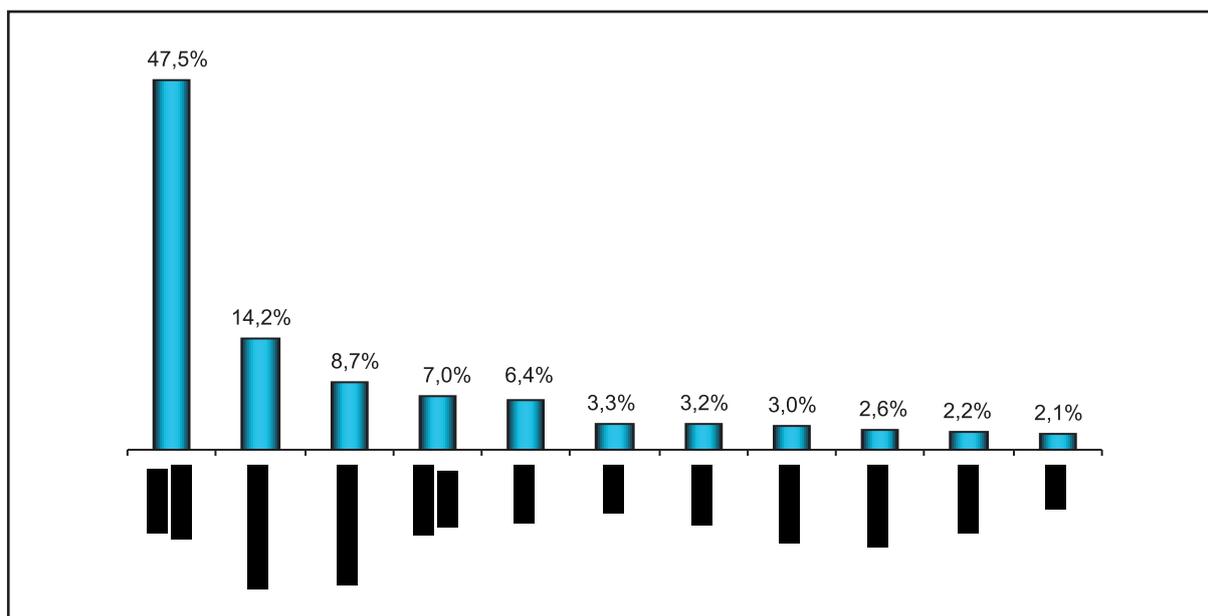
Figura 5 - Vista geral de alguns materiais selecionados no aterro sanitário de Caucaia, CE. 2009.  
(A = matéria orgânica, B = metais, C = plástico filme, D = plástico rígido)

Alguns dos dados encontrados se aproximam da composição dos resíduos domiciliares gerados no Brasil, porém, esses dados variam de acordo com a literatura, como se observa na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos no Brasil conforme a Literatura

Autores/Ano	Composição Gravimétrica (%)				
	Matéria Orgânica	Vidro	Metal	Plástico	Papel
Roth, Isaia e Isaia (1999)	67%	3,0	3,0	6,5	19,8
IBAM (2001)	65%	3,0	4,0	3,0	25%
ABRELPE (2008)	57%	2,0	2,0	16,0	13,0

A Figura 6 mostra a distribuição percentual média de cada componente determinado entre os resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE. É importante ressaltar a influência dos catadores nos resultados obtidos, já que os mesmos retiram os materiais de interesse antes mesmo dos resíduos serem coletados e, com isso, a tendência é que a quantidade real produzida seja maior que a encontrada.



**Figura 6:** Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares Depositados no Aterro Sanitário de Caucaia, Ce. 2009.

Em Fortaleza/CE, são escassas as pesquisas sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares. Os trabalhos mais fundamentados sobre o tema foram escritos por EMLURB (1997), Firmeza (2005), Lessa e Mota (2008). Porém, é praticamente impossível realizar uma comparação dos resultados aqui alcançados com todos os dados dos autores, em função: (1) das diferentes metodologias adotadas; (2) das diferenças entre os tipos de resíduos investigados. EMLURB (1997) encontrou 47,19% de matéria orgânica, 14,56% de papel/papelão, 10,69% de plástico, 4,71% de outros, 4,18% de tetra pak, 3,92% de metais, 2,33% de madeira e 2,15% de vidro.

Dos componentes investigados por Firmeza (2005) pôde-se extrair, para efeito comparativo, que o autor encontrou 45,49% de matéria orgânica. Entre os recicláveis, 8,84% de vidro, 7,23% de metais, 32,53% de papel e 50,89% de plástico. Os demais itens investigados neste trabalho não foram objeto de interesse do referido autor. Já Lessa e Mota (2008) encontraram 46,4% de matéria orgânica, 9,7% de plástico (somando plásticos moles e duros), 4,1% de filme (somando resíduos sólidos domiciliares com resíduos comerciais), 3,7% de trapos, 3,1% de papel, 2,7% de vidro, 2,5% de metais (somando ferro, aço e alumínio) e 2,2% de borracha.

Apesar do cuidado que se deve ter ao comparar resultados de composição gravimétrica de resíduos sólidos entre cidades, foram considerados, na Tabela 4, alguns dados de trabalhos recentes encontrados na literatura nacional. O mais importante do resgate dessa literatura é: (1) mostrar que não há uniformidade nos componentes investigados, com cada autor, buscando os itens de seu interesse; (2) ratificar que cada cidade possui resíduos típicos.

Pela Tabela 4 se constata que os únicos componentes comuns a todos os trabalhos revisados foram matéria orgânica, plástico, vidro e outros, mostrando a diversidade de itens investigados. Na obtenção de uma média para estes componentes, encontrar-se-iam 56,8% (em massa) de material orgânico, 8,7% de plástico, 1,8% de vidro e 13,5% de outros.

#### 4 Considerações finais

Inicialmente, é importante destacar que não foram encontradas publicações sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE destinados ao aterramento sanitário. Portanto, este trabalho representa uma contribuição no sentido de reduzir a lacuna existente.

Por um lado, os dados alcançados denunciam o grande desperdício por parte da população fortalezense e, por outro, representam todo um cenário de possibilidades sociais, econômicas e ambientais, já que a maior parte dos resíduos selecionados possui potencial para compostagem e reciclagem (economizando recursos naturais, criando novos postos de trabalho, prejudicando menos o ambiente e construindo novos valores sociais).

Tabela 4 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos em Várias Cidades Brasileiras

AUTOR(es)/ Ano	Composição Gravimétrica (%)																
	MO	M	MF	MNF	Papel	P	F	PP	PI	V	B	TP	T	Ma	Fr	C	O
Flores Neto et al. (2004)	63,95	-	1,64	0,25	2,14	2,22	-	-	9,06	0,89	0,32	-	5,89	0,64	7,85	4,11	0,81
Aquino et al. (2007)	42,34	3,87	-	-	-	-	-	17,36	16,27	2,97	-	-	-	-	-	-	17,20
Ruberg e Serra (2006)	61,00	2,0	-	-	11,0	-	-	-	15,0	1,0	-	-	-	-	-	-	7,0
Nunesmaia et al. (2004)	56,65	1,31	-	-	-	-	-	3,56	13,57	0,94	-	0,52	2,87	0,94	-	-	19,40
Frésca (2007)	59,8	1,31	-	-	-	-	7,63	6,44	2,84	1,67	-	0,94	-	-	-	-	20,09
Freitas (2007)	54,1	1,7	-	-	-	-	-	5,3	12,8	1,9	-	-	-	-	-	-	23,63
Barreto (2007)	55,49	1,14	-	-	6,26	1,16	5,30	-	4,74	0,78	-	-	2,33	-	-	8,80	9,65
Reis e Silveira (2005)	43,83	0,22	3,18	0,59	2,75	1,94	5,35	-	4,24	3,44	0,29	1,60	3,53	0,73	-	-	20,29
Cunha e Carneiro (2007)	52,03	1,96	-	-	-	-	-	4,01	9,22	0,82	-	-	-	-	-	-	31,96
Bridi (2009)	52,10	-	2,0	0,46	11,26	3,75	7,57	-	4,84	1,91	0,05	1,27	2,78	0,87	-	-	11,00
Simões et al. (2004)	65,46	2,65	-	-	10,11	-	-	-	11,27	2,36	-	-	-	-	-	-	8,12
Mattei e Escosteguy (2007)	41,2	3,0	-	-	-	-	27,5	7,8	4,7	1,2	-	-	-	-	-	-	14,6
Silva e Callado (2007)	55,55	4,6	-	-	-	10,5	-	-	5,1	2,7	2,0	-	-	2,4	-	-	12,8
Silva et al. (2007)	75,43	-	0,85	0,23	-	-	-	4,2	6,1	1,26	-	-	-	2,8	-	-	7,4
Catapreta e Simões (2008)	53,22	1,99	-	-	16,63	-	-	-	17,60	2,45	0,99	-	-	2,71	-	-	3,63
Henriques (1999)	53,10	3,25	-	-	-	-	-	19,12	11,77	2,69	-	-	2,10	2,52	-	-	5,45
Nóbrega et al. (2007)	68,0	1,17	-	-	0,69	1,48	-	-	3,26	1,91	1,39	-	0,28	0,13	-	4,65	17,22
Média da Literatura	56,8	2,1	1,9	0,4	7,7	3,5	10,7	8,5	8,7	1,8	0,8	1,1	2,8	1,5	7,9	5,9	13,5

Legenda: MO = Matéria Orgânica, M = Metal, MF = Metais Ferrosos, MNF = Metais Não Ferrosos, P = Papelão, F = Filme, PP = Papel/Papelão, PI = Plástico, V = Vidro, B = Borracha, TP = Tetra Pak, T = Trapos, Ma = Madeira, Fr = Fralda, C = Coco, O = Outros.

Pela falta de uniformidade nos itens a serem investigados quando se trabalha com composição gravimétrica de resíduos sólidos, é fundamental a criação de um instrumento (a exemplo de uma norma da ABNT) que estabeleça os parâmetros mínimos a serem caracterizados nesses tipos de estudo, facilitando procedimentos operacionais em trabalhos posteriores e possibilitando comparações mais centradas, entre os resíduos.

Outra importante contribuição desta pesquisa diz respeito ao descarte da hipótese de se alcançar grandes diferenças na participação de cada tipo de resíduo em função do tamanho da amostra, pois não foram verificadas tais influências. Com essa constatação, trabalhos futuros poderão ganhar em economia de tempo e recursos financeiros e humanos, otimizando o processo de determinação da composição gravimétrica de resíduos sólidos. Cabe destacar que as etapas realizadas (acompanhamento do caminhão, homogeneização dos resíduos, quarteamento e, principalmente, repesagem) foram as principais responsáveis pela obtenção de resultados semelhantes, independentemente do tamanho da amostra.

Fica como recomendação para trabalhos futuros realizar o processo de repesagem da amostra separada durante o quarteamento, já que essa pesquisa mostrou que a quantidade de resíduos prevista naquele processo é diferente da real, podendo influenciar no cálculo do percentual de cada resíduo separado.

Por fim, o conhecimento da composição dos resíduos possibilitou verificar quais materiais entram no aterro sanitário estudado e permitiu inferir sobre a viabilidade da implantação da coleta diferenciada dos produtos recicláveis e orgânicos.

O conhecimento da composição dos resíduos depositados no aterro é importante na realização de estudos sobre chorume, produção e aproveitamento de gases, entre outros.

## Referências

- ALVES, C. B.; SANTOS, G. O. A coleta seletiva de resíduos sólidos: do planejamento a prática. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., 2009, Recife. *Anais...* Recife: ABES, 2009a. 1 CD-ROM.
- ALVES, C. B.; SANTOS, G. O. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos recicláveis de um condomínio residencial de Fortaleza/CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. *Anais...* Recife: ABES, 2009b. 1 CD-ROM.
- AQUINO, D. A. et al. Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos no município de Ananindeua da região metropolitana de Belém do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. 1 CD-ROM.
- ASSIS, C. M. et al. *Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em municípios do Vale do Jequitinhonha (MG) 2007*. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufjf.br/documentos/24CBES/III-323.pdf>>. Acesso: 11 set. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2008*. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2008.pdf>>. Acesso em: 3 dez 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-10.004: classificação dos resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 1987.
- BARRETO, I. M. C. B. N. A composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e os indicadores de uma gestão sustentável. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - POR UMA GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL, 9., 2007, Palmas. *Anais...* Palmas: ABES, 2007. 1 CD-ROM.
- BRIDI, E. *Otimização na coleta domiciliar de resíduos sólidos urbanos pela implantação de uma segunda estação de transbordo em Porto Alegre-RS*. 2009. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.com.br/Eliana%20%20bridi.ppt#256>>. Acesso em: 3 dez. 2009.
- CASTILHOS JÚNIOR, A. B. de et al. *Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte*. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. Projeto PROSAB.
- CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. *Avaliação temporal das características dos resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte, Brasil*. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 31., 2008, Santiago. *Anais...* Santiago: ABES, 2008. 1 CD-ROM.
- CHERNICHARO, C. A. L. et al. Avaliação de metodologia de amostragem para caracterização física de resíduos sólidos urbanos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. *Anais...* Joinville: ABES, 2003. 1 CD-ROM.
- CUNHA, E. R.; CARNEIRO, P. F. N. Diagnóstico e proposta de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos da sede do município de Curuçá/PA. *Estudos Tecnológicos*, São Leopoldo, v. 3, n.1, p. 37-46, 2007. Disponível em: <http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs/63.pdf>. Acesso: 20 ago. 2009
- CUSSIOL, N. A. de M.; ROCHA, G. H. T.; LANGE, L. C. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da Regional Sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1183-1191, 2006.
- EMPRESA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. *Caracterização dos resíduos sólidos de Fortaleza/CE*. Fortaleza, 1997.
- FIRMEZA, S. M. *A Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza como fator determinante do seu potencial reciclável*. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais)- Universidade Federal do Ceará, 2005.
- FLORES NETO, J. P. et al. *Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa, PB*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 2004, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2004. 1 CD-ROM.
- FREITAS, L. F. S. *Potencial econômico da reciclagem de resíduos sólidos urbanos na Bahia: uma abordagem insumo-*

produto. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Economia)-Universidade Federal da Bahia, 2007.

FRÉSCA, F. R. C. *Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física*. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

HENRIQUES, V. M. *Estudo da composição gravimétrica e físico-química dos resíduos sólidos domiciliares do município de Vitória-ES*. 1999. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*: 2000. Rio de Janeiro, 2002. 431 p.

LESSA, E. R.; MOTA, S. Estudo da caracterização física dos resíduos sólidos com características domiciliar e comercial em Fortaleza/CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

MANDELLI, S. M. C. *Variáveis que Interferem no comportamento da população urbana no manejo de resíduos sólidos domésticos no âmbito das residências*. 1997. 267 f. Tese (Doutorado em Educação e Metodologia do Ensino)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. *Eng. Sanit. Ambient.* [online], v.12, n. 3, p. 247-251, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n3/a14v12n3.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

MELO, V. L. A.; JUCÁ, J. F. T. Estudos de referência para diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABES, 2000.

NÓBREGA, C. C. et al. *Estudo sobre as características físicas dos resíduos sólidos gerados na cidade de Pedras de Fogo - Paraíba*: dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Belo Horizonte: 2007. 1 CD-ROM.

NUNES MAIA, M. F. et al. O lixo revela a cultura de um povo: estudo de caso: Salvador/Bahia/Brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, San Juan, Porto Rico. *Anais...*, San Juan, Porto Rico: AIDIS, 2004.

PASQUALETTO, A. et al. Caracterização Física dos resíduos sólidos domésticos do Município de Caldas Novas, GO. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30, 2006, Punta del Este. *Anais...* Punta del Este: AIDIS, 2006.

PEREIRA NETO, J. T. *Gerenciamento do lixo urbano*: aspectos técnicos e operacionais. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 129 p.

REIS, M. F. P.; SILVEIRA, D. A. Caracterização dos resíduos orgânicos domiciliares do município de Porto Alegre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS: ABES, 2005. 1 CD-ROM.

ROTH, B. W.; ISAIA, E. M. B. I.; ISAIA, T. Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. *Ciência e Ambiente*, Santa Maria, RS, n. 18, p. 25-40, jan./jun. 1999.

RUBERG, C.; SERRA, G. Destinação de resíduos sólidos domiciliares em megacidades: uma análise do município de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - GESTÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3., 2006, São Pedro. *Anais...* São Paulo: OZ Produtora, 2006. Disponível em: <[http://www.rbciamb.com.br/images/online/08\\_artigo\\_1\\_artigos123.pdf](http://www.rbciamb.com.br/images/online/08_artigo_1_artigos123.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2009.

SANTOS, G. O. *Análise histórica do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza como subsídio às práticas de educação ambiental*. 1990. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)-Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

*Gemmelle Oliveira Santos e Francisco Bastos Suetônio Mota*

SANTOS, G. O. *Resíduos sólidos domiciliares, ambiente e saúde: (inter)relações a partir da visão dos trabalhadores do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza-CE*. 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SILVA, C. O.; CALLADO, N. H. Caracterização dos resíduos sólidos urbanos da cidade de União dos Palmares/Al. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

SILVA, V. D. et al. Caracterização física e química dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

SIMÕES, G. F. et al. Recalques em resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário de Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004, Natal. *Anais...* Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM, 2004.

SISINNO, C. L. S. *Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no estado do Rio de Janeiro: avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para a ambiente e para a saúde humana*. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública)-Fundação Oswaldo Cruz/Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2002.

## **Sobre os autores**

### **Gemmelle Oliveira Santos**

Doutorando em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do Departamento de Química e Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), Campus Fortaleza.

### **Francisco Suetônio Bastos Mota**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC). Membro da Academia Cearense de Ciências.