



Análise comparativa de estudos sobre a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos gerados em diferentes municípios brasileiros.

Israel Lobato Rocha¹, Maria Ivanilda de Aguiar²

¹Acadêmico do curso tecnólogo em Gestão Ambiental - IFPI. Bolsista do PIBIC/IFPI. e-mail: israellobato@hotmail.com

²Professora do IFPI – Campus Corrente, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – UFC. e-mail: ivanilda@ifpi.edu.br

Resumo: O crescente aumento da população associado a maior geração de produtos, resulta na geração cada vez maior de resíduos sólidos urbanos. A gestão desses resíduos é um problema para a maioria das cidades brasileiras, que quase sempre não tem um adequado sistema de gestão de seus resíduos. Muito se tem discutido que a gestão eficiente de resíduos sólidos necessita de uma coleta seletiva voltada para o incentivo à reciclagem. No entanto, para que os programas de coleta seletiva municipais sejam mais eficientes é indispensável estudos prévios sobre a composição física dos resíduos sólidos gerados em cada cidade do país. O objetivo deste trabalho foi analisar alguns estudos que fazem a caracterização física de resíduos sólidos urbanos, especificamente a composição gravimétrica, o peso específico e a geração per capita. Avaliou-se 16 trabalhos científicos relacionados com a caracterização física dos resíduos sólidos gerados em diferentes cidades do país. Observou-se que os estudos utilizam como método de amostragem o quarteamento ou método similar. Os municípios pesquisados tem população variando de 6197 a 100826 habitantes, geram de 619 a 48300 kg/dia, com geração *per capita* de 0,39 e 0,62 kg/hab./dia. Os valores de peso específico variaram de 171,46 a 262,81 kg/m³ e a composição gravimétrica média foi de 54% de material orgânico, 15% de plástico, 12% de papel/papelão, 3% de metal, 2% de vidro e 14% de outros materiais. O conhecimento da caracterização física dos resíduos sólidos urbanos, principalmente sua composição gravimétrica e geração total, é fundamental para a implantação de um programa de gestão de resíduos municipal eficiente, uma vez que permite identificar a quantidade e potencial reciclável dos materiais descartados pela população. No entanto, poucos municípios brasileiros fazem a caracterização física de seus resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Composição gravimétrica; geração per capita de RSU; peso específico; reciclagem; gestão de RSU

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população, que se aglomera desordenadamente em densas áreas urbanas, associado ao consumo indiscriminado dos recursos provenientes da natureza, resulta na geração cada vez maior de resíduos sólidos urbanos (GOMES, 2009; PASCOAL Jr; OLIVEIRA FILHO, 2010). Neste cenário de crescimento acelerado, surge uma preocupação acerca da forma mais adequada para a disposição final destes materiais, de forma que atenda os princípios do desenvolvimento sustentável.

O acúmulo de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários e, principalmente nos lixões a céu aberto, que estão em pleno funcionamento em 50,8% dos municípios brasileiros (IBGE, 2010), causa sérios problemas socioambientais. Estes vêm sendo associados com a contaminação dos lençóis freáticos pelo chorume, a poluição atmosférica que prejudica moradores próximos a estas áreas. Isso tem gerado discussões acerca de como encontrar alternativas viáveis para uma diminuição quantitativa do volume de lixo gerado pela população, através de ações que visem uma reutilização dos resíduos sólidos.

Estudo recente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), mostra que em 2009 o Brasil perdeu 8 bilhões de reais por não fazer o aproveitamento adequado dos resíduos sólidos gerados pela população (TRIGUEIRO, 2012). A maioria dos municípios brasileiros sequer dispõe de programas de coleta seletiva, que contribuem para a geração de renda advinda das praticas de reciclagem.



Para que os programas de coleta seletiva municipais sejam mais eficientes, é indispensável que se façam estudos prévios sobre a composição física dos resíduos sólidos gerados em cada cidade do país. A determinação da composição física dos resíduos sólidos produzidos por uma população é de primordial importância para qualquer projeto relacionado à gestão dos resíduos sólidos (OLIVEIRA, 1999). Com esses resultados, encontram-se dados precisos sobre os tipos de materiais com maior potencial de reciclagem no município em estudo. Segundo Naval e Gondim (2000), a partir da determinação da composição física dos resíduos sólidos é possível elaborar projetos que visem o aproveitamento dos materiais potencialmente reaproveitáveis.

No entanto, observa-se uma grande dificuldade em se fazer a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos, visto que o manejo desses materiais torna-se uma tarefa complexa pela quantidade e heterogeneidade de seus componentes (IBAM, 2001). E, as técnicas de amostragem utilizadas nem sempre são adequadas para as diversas realidades encontradas nos municípios brasileiros.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar alguns estudos que fazem a caracterização física dos RSU, especificamente a composição gravimétrica, o peso específico e a geração *per capita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Fez-se uma pesquisa bibliográfica dos trabalhos científicos relacionados com a caracterização física dos resíduos sólidos gerados em diferentes cidades do país; bem como os principais resultados de cada estudo. Ao total foram avaliados 16 trabalhos, destes, 6 são artigos publicados em revistas científicas, 3 são artigos ou resumos publicados em congressos, 6 são monografias, dissertações ou tese e 1 artigo de meio eletrônico. Em cada trabalho avaliado observou-se o tamanho da população do município em estudo, os desafios, a metodologia utilizada, a composição gravimétrica, o peso específico e a geração per capita dos RSU. Os trabalhos analisados foram realizados em todas as regiões do Brasil, onde os levantamentos foram realizados entre 1996 e 2009.

2.1. Método de amostragem

Todos os trabalhos pesquisados fazem a caracterização física dos resíduos utilizando o método de quarteamento ou similar. De acordo como Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE/IPT (2000) esse método consiste em:

Um processo de mistura pelo qual uma amostra bruta é dividida em quatro partes iguais (os quartis), sendo tomados dois quartis opostos entre si para consistir uma nova amostra, descartando-se os dois restantes. As partes não descartadas são novamente misturadas e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume final desejado.

O quarteamento permite a homogeneização do material favorecendo uma amostragem mais eficiente e com isso permite projeções mais precisas para os municípios avaliados. Após o quarteamento, o material contido na amostra é separado por tipo e caracterizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores que podem interferir no volume total de resíduos são: econômicos, número de habitantes por município, nível educacional, condições climáticas, bem como as questões de natureza cultural (SCHNEIDER, et. al., 2003; IPT/CEMPRE, 2000). Neste sentido, é importante que se encontre a técnica de amostragem mais eficaz para cada realidade.

Na execução de estudos de caracterização do RSU, a parceria com a prefeitura é importante pois pode facilitar a logística do trabalho, pois permite a amostragem em locais (galpões) antes que os materiais sejam depositados nos lixões e/ou aterros (MAGALHÃES, 2008). Certos trabalhos utilizam como amostragem um ou mais bairros, para fazer a projeção de todo um município (DELUCA; GRANDI, 2007; ALCANTARA, 2010). Em outros estudos a amostra é retirada diretamente no local de disposição final, desta forma consideram os resíduos de toda a cidade (CUNHA; CARNEIRO, 2004; TABALIPA; FIORI, 2004). Já outros selecionam como amostragem, algumas famílias classificadas de acordo com a renda, de forma que a amostragem contenha pessoas de todos os níveis sociais (CARVALHO, 2005).



3.1. Caracterização física

Todos os resíduos sólidos possuem características físicas, químicas e biológicas. Destas, a caracterização física é a mais importante. Sem o seu conhecimento, é praticamente impossível se efetuar a gestão adequada dos serviços de limpeza urbana (IBAM, 2001). De acordo IBAM (2001), na caracterização física são utilizadas as variáveis: peso específico, composição gravimétrica, teor de umidade e geração per capita dos resíduos sólidos urbanos.

3.1.1. Peso específico aparente

Conforme o IBAM (2001) “peso específico aparente é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m³”, conforme a equação (01):

$$\text{Peso específico} = \frac{\sum \text{peso dos resíduos}}{\text{volume do recipiente}} \quad (01)$$

IBRAM (2001) refere o peso específico padrão para resíduos sólidos domésticos de até 230 kg/m³. Considerando essa referência, os valores do peso específico observados nos trabalhos pesquisados, estão adequados ao padrão dos resíduos sólidos domésticos. Com exceção do observado em Pato Branco-PR, que foi de 262,81 kg/m³ (TABALIPA; FIORI, 2004), os demais valores variaram de 171,46 a 216, 07 kg/m³. Desses, o menor valor foi observado em Hidrolândia-GO (CARVALHO, 2005), enquanto que o maior ocorreu em Bela Vista – GO (JÚNIO; PASQUALETTO, 2005). Já nos municípios de Curuçá – PA e Dores do Campo-MG foram observados valores intermediários aos citados acima (CUNHA; CARNEIRO, 2004; MAGALHÃES, 2008).

Os valores de peso específico são influenciados pela composição gravimétrica dos resíduos, sendo que quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos maior será o peso específico do RSU. Por outro lado, valores mais elevados de peso específico podem ser indicativos de práticas relacionadas com a coleta seletiva de materiais recicláveis como plásticos, papelão e vidro, que ao serem retirada dos resíduos, os conferem proporcionalmente maiores teores de material orgânico e consequentemente maiores pesos específicos, devido maior teor de umidade deste material (CARNEIRO, 2006).

3.1.2. Geração per capita

A geração *per capita* é a quantidade de lixo gerada por habitante de um determinado lugar (GOMES, 2009). Encontra-se esse parâmetro com a divisão do peso total do lixo pelo número de habitantes da localidade em análise, conforme equação (02):

$$\text{Geração per capita (kg/hab.)} = \frac{\text{Peso total lixo diário (kg)}}{\text{População (hab.)}} \quad (02)$$

O manual do IBAM (2001) estima que os municípios com população de até 200 mil habitantes, possuem a geração *per capita* de até 0,60 kg/hab./dia. Neste sentido, os a maioria dos municípios descritos, estão conforme o padrão nacional; excetuando Bela Vista – GO e Caldas Novas – GO, que apresentam valores relativamente elevados (Tabela 01).

De acordo com Moraes (2003), “a taxa de geração *per capita* de resíduos urbanos tem crescido ano a ano, e só, recentemente, a ideia de sua diminuição vem tomando corpo”. Esse mesmo autor destaca que a redução da geração de resíduos é um dos parâmetros que se deve priorizar para uma gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos. Desta forma é fundamental a conscientização da população para reduzirem a geração de resíduos e maximizarem o reaproveitamento de seus materiais.



Tabela 01 – Geração *per capita* dos RSU gerados em alguns municípios brasileiros.

Município	RSU (kg/dia)	População (hab.)	Geração <i>per capita</i> (kg/hab./dia)
Bela Vista – GO	4321,4	6196,5	0,69
Botucatu – SP	48300,0	100826,0	0,48
Cáceres-MT	1351,8	2460,0*	0,54
Caldas Novas – GO	12906,0	18000,0	0,72
Cocal do Sul – SC	6450,0	14563,0	0,44
Dores de Campos - MG	3236,0	8299,0	0,39
Hidrolândia – GO	222,9	487,0*	0,46
Leopoldina-MG	16615,7	39399,0	0,42
Pato Branco – PR	30000,0	62234,0	0,48

Fonte: Júnio e Pasqualetto (2005); Oliveira, et al.(1998); Alcântara (2010); Pasqualetto, et al. (2006); Souza e Guadagnin (2009); Magalhães (2008); Carvalho (2005); Faria (2005); Tabalipa e Fiori (2004).

* População amostral. RSU: Resíduos sólidos urbanos; hab.:habitantes.

3.1.3. Composição gravimétrica

Neste procedimento, é feita a triagem dos materiais por tipo de resíduo (Papel/papelão, plástico, matéria orgânica, metal, vidro e outros). Posteriormente, calcula-se o percentual de cada material em relação ao peso total da amostra (TABALIPA; FIORI, 2004), conforme a seguinte fórmula (03):

$$\text{Material (\%)} = \frac{\text{Peso do material (kg)}}{\text{Peso total da amostra (kg)}} \times 100 \quad (03)$$

Os dados da composição gravimétrica dos RSU são importantes para que um município estabeleça seu programa de coleta seletiva (ALCÂNTARA, 2010), pois estes proporcionam o conhecimento do potencial de reciclagem de cada tipo de material.

Observou-se que nas cidades estudadas, a maior quantidade de resíduos é de natureza orgânica (Tabela 02; Figura 01), seguindo o padrão observado por Brasil (2011) para a média nacional. Este fato ressalta o potencial de reutilização dos resíduos, uma vez que a maioria desses, adequadamente compostados poderiam ser utilizados para geração de adubos orgânicos e de energia. Nesse sentido, só com a compostagem dos resíduos orgânicos reduzir-se-ia mais de 50% do material depositado nos aterros, aumentando sua vida útil e diminuindo seus custos operacionais (INÁCIO; MILLER, 2009).

O gerenciamento de resíduos urbanos tem se concentrado em programas de coleta seletiva, no reaproveitamento e/ou geração de tecnologias de reciclagem de materiais como vidro, papel, plásticos, alumínio entre outros, que, de acordo com os trabalhos pesquisados representam 2, 12 e 15%, respectivamente, do total gerado. A fração orgânica dos resíduos sólidos urbano é a que gera grandes volumes de chorume e gás metano, além de atrair vetores de doenças (INÁCIO; MILLER, 2009).

Tabela 02 – Composição gravimétrica dos RSU gerados em alguns municípios brasileiros.

Município	Materiais em %						
	Ano	Papel/Papelão	Plástico	Vidro	Metal	Orgânico	Outros
Bela Vista-GO	2005	19,00	18,76	1,93	3,75	52,90	3,66
Botucatu-SP	1997	7,61	8,41	1,99	3,86	74,11	4,02
Braganey-PR	2007	22,50	45,00	6,00	18,50	8,00	-
Cáceres-MT	2009	9,27	13,16	3,23	2,41	60,45	11,48
Caldas Novas-GO	2004	13,36	12,76	1,62	2,14	58,61	11,51
Campina Grande-PB	2009	5,00	11,00	4,00	3,00	66,00	11,00
Castelo Branco-PR	2006	12,00	14,00	6,00	6,00	45,00	17,00
Cocal do Sul-SC	2009	15,77	17,77	3,75	3,57	37,41	21,73
Curuçá-PA	2004	4,01	9,22	0,82	1,96	52,03	31,96
Dores de Campos-MG	2008	11,00	17,00	2,00	1,00	58,00	11,00
Foz do Iguaçu-PR	2004	8,80	3,92	1,72	1,16	69,60	14,80
Hidrolândia-GO	2005	8,17	13,23	2,47	2,11	67,92	6,10
Leopoldina-MG	2004	14,55	16,50	1,39	2,05	48,14	17,37
Pato Branco - PR	2004	16,74	13,70	1,33	1,89	49,65	16,69
São Carlos - SP	2005	7,38	10,47	1,67	1,31	59,08	20,09
Vitória -ES	1996	19,12	11,77	2,69	3,25	53,10	10,07

Fonte: Júnio e Pasqualetto (2005); Oliveira, et al.(1998); Deluca e Grandi, (2007); Alcântara (2010); Pasqualetto, et al. (2006); Araújo (2011); Souza; D'Oliveira (2009), Souza e Guadagnin (2009); Cunha e Carneiro, (2007); Magalhães (2008); Antunes e Prates (2009); Carvalho (2005); Faria (2005); Tabalipa e Fiori (2004); Frésca (2007); Braga, et al. (2000).

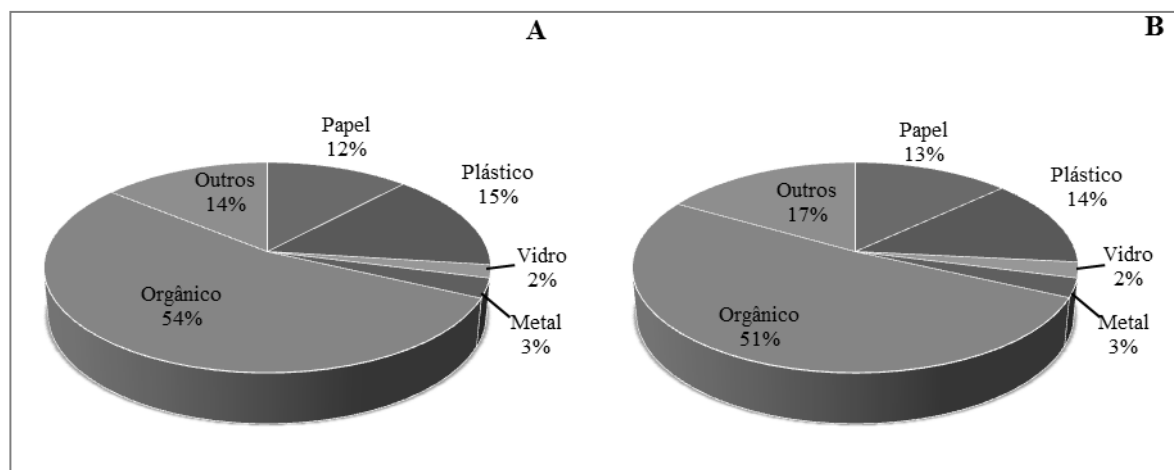


Figura 01 – Média da composição gravimétrica dos trabalhos analisados (A) e média nacional (B).
Fonte: Brasil (2011).

4. CONCLUSÕES

O conhecimento da caracterização física dos resíduos sólidos urbanos, principalmente sua composição gravimétrica e geração total, é fundamental para a implantação de um programa de gestão de resíduos municipal eficiente, uma vez que permite identificar a quantidade e potencial reciclável. No entanto, poucos municípios brasileiros fazem a caracterização física de seus RSU.

A caracterização física dos resíduos sólidos urbanos permite identificar que mais de 50% dos resíduos são constituídos de material orgânico, dos quais, grande parte poderia ser utilizada para produção de adubos, por meio de compostagem. Por outro lado, a coleta seletiva de materiais como plástico, papel/papelão, vidro e metais, que juntos representam aproximadamente 32% dos resíduos, pode constituir-se como fonte de renda por meio da reciclagem desses materiais.



REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, A. J. de O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT.** 2010. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). UNEMAT, Cáceres, 2010.
- ARAÚJO, E. P. **Estudo do comportamento de bactérias aeróbias e anaeróbias totais na biodegradabilidade de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB.** 2011. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, 2011.
- BRAGA, F. S.; HENRIQUES, V. M.; NÓBREGA, C. C. Estudo da composição dos resíduos sólidos domiciliares em Vitória- ES. **Limpeza Pública**, São Paulo, v. 55, p. 11 – 24, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Versão Preliminar para Consulta Pública.** Brasília, 2011.
- BORDINHAO, R. R. S.; ANTUNES, E. M.; PRATES, K. V. M. C. Caracterização dos Resíduos Sólidos no município de Foz do Iguaçu. In: VI Congresso de Meio Ambiente da Asociación de Universidades Grupo Montevideo. **Anais eletrônicos.** São Carlos, 2009. Disponível em: <www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-173.pdf> Acesso em 19/06/2012
- CARNEIRO, P.F.N. **Caracterização e avaliação da potencialidade econômica da coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos municípios de Belém e Ananindeua-PA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- CARVALHO, P. L. de. **Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Hidrolândia-GO.** 2005. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Católica de Goiás. 2005.
- CUNHA, E. R.; CARNEIRO, P. F. N. Diagnóstico e Proposta de Gestão Integrada dos resíduos Sólidos urbanos do Município de Curuçá-PA. **Estudos Tecnológicos**, p. 37 - 46, 04 jun. 2007.
- DELUCA, A. P. T. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no Bairro Bragantina e Centro do município de Braganey-PR.** 2007. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Faculdade Assis Gurgacz, 2007.
- FARIA, M. R. A. Caracterização do resíduo sólido urbano da cidade de Leopoldina-MG: proposta de implantação de um centro de triagem. **Revista APS**, v.8, n.2, p. 96-108, jul./dez. UFJ F – MG, 2005.
- 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, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-09042008-111912/>>. Acesso em: 2012-06-19.
- GOMES, P. C. G. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Puc-Rio. Rio de Janeiro**, 2009. 73 p. Monografia (Especialização em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica - Rio de Janeiro, 2009.
- INÁCIO, C.T, MILLER, P.R.M. **Compostagem: ciência e pratica para gestão de resíduos orgânicos.** Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA SOLOS, 2009. 156p
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

