

# DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO PELO MÉTODO DA PESAGEM HIDROSTÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ATERRO SANITÁRIO DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA CATURRITA

**Mainara Santiago Callegaro**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria  
mainaracallegaro@gmail.com

**Jonathan Ngoyi Lubamvu**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria  
Jonathanlubamvu@gmail.com

**Gabriela Pippi Denardin Salamoni**

Doutorado em Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria  
gabipippi@hotmail.com

**Rinaldo J. B. Pinheiro**

Professor/Pesquisador do programa de graduação e pós-graduação de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria  
rinaldo@ufsm.br

**Resumo.** *A caracterização geomecânica dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU é fundamental para o entendimento do comportamento quanto a deformação, resistência e degradação. A determinação dos parâmetros físicos dos resíduos frescos na maioria das situações não é realizada e adota-se valores da literatura que nem sempre não representativos das condições locais de cada aterro. Portanto, a partir da composição gravimétrica de amostras coletadas durante a execução da Fase D2/4 do aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduo da Caturrita determinou-se do peso específico (in situ), o teor de umidade, a absorção e o peso específico dos sólidos (em laboratório), com objetivo de caracterizar as condições iniciais dos resíduos aterrados que são fundamentais para previsão da compressibilidade do maciço. Como não existe procedimento normalizado para determinação deste parâmetro, será utilizado o método da pesagem hidrostática, que é utilizado também em mecânica dos solos na realização dos ensaios para obter o peso específicos dos grãos.*

**Palavras-chave:** *Resíduos Sólidos Urbanos. Peso específico. Pesagem hidrostática*

## 1. INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos – RSU são formados por componentes das mais diversas origens, apresentando uma grande heterogeneidade dos seus constituintes, tanto com relação aos tipos de materiais, como na variedade de formas e dimensões. Para o projeto e operação dos aterros sanitários, onde são depositados os RSU, é fundamental conhecer o comportamento mecânico, hidráulico e bioquímico da massa de resíduos.

Neste contexto, o objetivo deste estudo determinar o peso específico pelo método da pesagem hidrostática dos RSU do aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduo da Caturrita, localizado no município de Santa Maria/RS.

A determinação do peso específico dos sólidos será das diversas frações que constituem o resíduo. A partir da composição gravimétrica de amostras coletadas durante a execução da Fase D2/4 do aterro propõe-se a

determinação do peso específico (in situ), do teor de umidade, da absorção e do peso específico dos sólidos (em laboratório), caracterizando-se assim as condições iniciais dos resíduos aterrados.

Conhecer as características dos resíduos é de grande importância, uma vez que alguns resíduos se degradam mais facilmente que outros. O estado inicial dos resíduos é requerido porque as propriedades mecânicas, forma e tamanho dos componentes mudaram como resultado das condições de disposição (compactação) e tensão devida à aterragem e à deformabilidade de algumas partículas e, em longo prazo, devido ao processo de decomposição.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Resíduos sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 10.004 (2004) – define o lixo como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semissólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional".

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles gerados pela comunidade, com exceção de resíduos industriais, de mineração e agrícolas. Incluem os resíduos de origem doméstica e resíduos procedentes de: comércio, escritórios, serviços, limpeza de vias públicas, mercados, feiras e festejos bem como móveis, materiais e eletrodomésticos inutilizados. Esses resíduos se constituem numa mistura heterogênea de materiais sólidos que podem ser parcialmente reciclados e reutilizados, vêm se constituindo em um dos maiores problemas da sociedade moderna.

### 2.2 Característica dos RSU e de aterros de RSU

As características dos resíduos sólidos variam para cada cidade, para cada bairro até, em função de diversos fatores, como o porte, a atividade dominante (industrial, comercial e turística), os hábitos da população (principalmente quanto à alimentação e forma de se vestir), ao clima e ao nível educacional. (XAVIER DE BRITO,1999).

As características dos resíduos podem ser reunidas em três grupos, a saber: características físicas, químicas e biológicas.

Destes três grupos, aquele que mais interfere no dimensionamento do Sistema de Coleta e da disposição é o das características físicas por influenciar intensamente todos os aspectos da gestão de resíduos sólidos.

O aterro de RSU é um ecossistema complexo, no qual processos físicos, químicos e biológicos promovem a degradação da matéria orgânica com geração de efluentes líquidos e gasosos, modificando a pressão no interior da massa de resíduos. (ALCANTARA, 2007).

Logo, a quantificação das propriedades mecânicas desses materiais é uma tarefa difícil dada a influência da composição heterogênea do RSU, a presença de componentes com diferentes formas e dimensões o que dificulta, sobremaneira, a obtenção de amostras de boa qualidade, a definição do tamanho das amostras e os tipos de ensaios mais adequados para serem utilizados.

**Composição em peso ou composição gravimétrica.** Uma das características de maior influência nas propriedades geomecânicas dos RSU. Expressada pelo potencial de cada componente em relação ao peso total da amostra. Quanto maior a quantidade de um determinado componente, mais as características gerais do maciço se assemelham às características desse componente.

O teor de materiais putrescíveis é particularmente importante, pois influi na geração de chorume e gás, no desenvolvimento de pressões neutras no interior do maciço

sanitário, no teor de unidade, na resistência e na compressibilidade dos RSU.

**Peso específico.** Uma das características determinantes no comportamento geotécnico de qualquer aterro é o estado de tensões induzido pelo peso próprio dos materiais que o constituem. Desta forma, torna-se incoerente o estudo do comportamento mecânico de qualquer material aterrado sem que seja conhecido seu peso específico.

O peso específico dos RSU depende principalmente da composição gravimétrica (elevados teores de materiais leves ou putrescíveis acarretam menor peso específico), da distribuição granulométrica (resíduos triturados podem formar arranjos mais densos do que resíduos *in natura*) e do grau de compactação (resíduos compactados são mais densos do que resíduos soltos) (BOSCOV, 2008; BABU et al., 2014). A espessura da camada de cobertura diária também influencia a densidade dos RSU (aplicação de uma sobrecarga).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A Central de Tratamento de Resíduos de Santa Maria, localiza-se na Estrada Geral da Caturrita, distrito da Boca do Monte, Santa Maria/ RS, possui capacidade para atender os municípios da Região Central do Estado. Opera em uma área de 24 hectares e tem capacidade para receber 2,5 milhões de toneladas de resíduos.

Figura 1. Localização da área D2/4 no CRVR Unidade Santa Maria



O local especificado desta pesquisa, “Figura 1”, apresenta uma área de 9.792m<sup>2</sup> (célula de 64m x 153m) e uma altura de aproximadamente 25m, dividida em 5 níveis de 5m.

### 4. METODOLOGIA

O peso específico é função de diversos fatores, dentre os quais a compactação, a granulometria e a gravimetria têm papel importante. Dada a importância da composição gravimétrica no peso específico dos resíduos dispostos nos aterros, foi feita a análise gravimétrica previamente.

Segue a metodologia utilizada para o ensaio de composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos que constituem a fase D2/4 e a metodologia utilizada para o ensaio de peso específico dos mesmos, levando em consideração a porcentagem média de resíduos presentes nesta fase.

#### 4.1 Composição Gravimétrica

A determinação da composição gravimétrica foi por meio da execução de ensaios de duas cavas a cada altura de 5m de resíduos dispostos no aterro.

O ensaio consistiu na abertura de uma cava com largura e comprimento entre 0,60 e 0,90m, de mesmo valor de profundidade. Após a retirada do material resultante da cava realizou-se um trabalho de mistura e homogeneização da pilha de resíduos com o auxílio de pás, visando a obtenção de uma massa visivelmente uniforme. A partir daí, foi feito o quarteamento das amostras de forma a reduzir a quantidade inicialmente coletada pela metade. O procedimento obedecido neste quarteamento consistiu na separação em 4 partes com aproximadamente mesmo peso e foi desprezado em seguida duas partes “vis-à-vis”.

As duas partes restantes foram então novamente misturadas e homogeneizadas para novo quarteamento, resultando em quatro montes. Assim como no primeiro quarteamento

foram descartadas duas partes e as restantes misturadas. Deste quarteamento, resultou uma amostra de aproximadamente 40kg, que foram classificados conforme a “Tabela 1”.

Tabela 1. Componentes dos RSU submetidos ao ensaio para determinação do peso específico

N	Componente do RSU
1	Couro/Borracha/Madeira
2	Embalagem Longa Vida
3	Metal Ferroso
4	Metal não Ferroso
5	Matéria Orgânica
6	Osso
7	Papelão
8	Papel Fino
9	Plástico Mole
10	Plástico Rígido
11	Tecido/ Trapo
12	Vidro Reciclável

#### 4.2 Peso específico

A determinação do peso específico das frações sólidas dos RSU foi obtida por meio de realização de ensaios em laboratório similares aos utilizados em mecânica dos solos para obter o peso específico de grãos. O método utilizado foi o da pesagem hidrostática, e consistiu das seguintes etapas:

Definição dos componentes a serem investigados, buscando conduzir os ensaios em amostras de resíduos identificados na caracterização do RSU dispostos na fase em estudo “Tabela 1”. Após a definição dos RSU realizou-se a pesagem dos mesmos, para obtenção das massas das amostras.

Em seguida, pesou-se a proveta e a proveta com adição de 500ml de água destilada. Após a obtenção destes dados iniciou-se os ensaios para cada componente de RSU. Realizou-se a imersão da amostra previamente pesada anteriormente e uma nova pesagem foi

efetuada, obtendo-se assim o peso do conjunto total.

Para finalizar, escoar-se a água destilada e, novamente, realiza-se a pesagem do recipiente com a amostra do resíduo. O resíduo é seco em estufa por um período inicial de 24 horas a 65°.

A determinação do peso específico dos componentes (partículas ou grãos) dos RSU, por meio da “Equação (1)”.

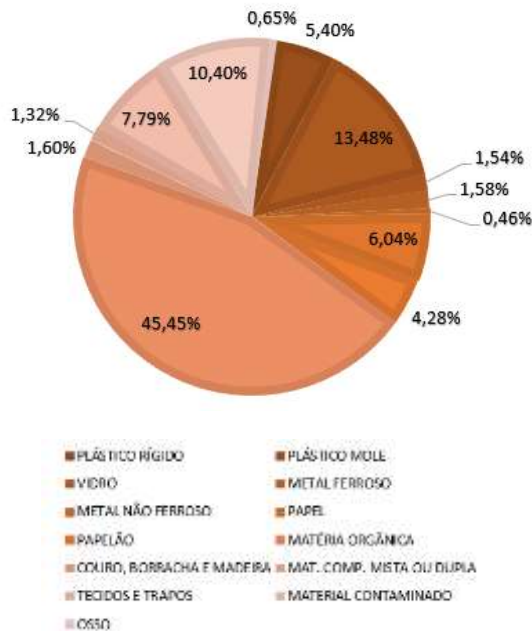
$$\rho_s = \frac{M_s}{M_1 - M_2 + M_s} \times \gamma_{H_2O} \quad (1)$$

Em que:  $\rho_s$  = peso específico das partículas sólidas dos RSU (g/cm<sup>3</sup>);  $M_s$  = massa seca das partículas sólidas dos RSU a 65°C (g);  $M_1$  = peso da proveta com 500 ml de água destilada (g);  $M_2$  = peso do conjunto proveta + água destilada + amostra das partículas sólidas dos RSU (g);  $\gamma_{H_2O}$  = peso específico da água (g/cm<sup>3</sup>).

#### 5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

A Central de Tratamento de Resíduos da Caturrita recebe resíduos de aproximadamente 52 municípios da região central do Rio Grande do Sul. Ao todo foram dispostos 97.324t de RSU na fase D2/4. A segregação e a pesagem dos diversos componentes dos RSU para determinação da composição gravimétrica, realizadas a partir de amostras da massa de resíduos dispostos na fase em estudo resultaram no gráfico apresentado na “Figura 2”.

Figura 2. Composição média dos RSU dispostos na fase D2/4



A composição de RSU dispostos na Central de Tratamento da Caturrita apresentou elevada variação, confirmando a grande heterogeneidade destes materiais. Os materiais classificados no grupo referente a matéria orgânica constituem o componente principal dos resíduos utilizados no experimento.

Na “Tabela 2” são apresentados os resultados para a massa específica das partículas dos RSU, assim como a comparação destes resultados com alguns referenciados na literatura.

O peso específico da amostra composta, um conjunto de vários materiais na proporção média que se encontra no aterro, e obteve-se o peso específico de 0,51g/cm<sup>3</sup> o que é muito próximo do valor do peso específico da matéria orgânica, isso se deve ao fato de que a matéria orgânica se encontra na maior proporção neste aterro.

Tabela 2. Determinação da massa específica das partículas dos RSU ( $\rho_s$ )

N	Componente do RSU	Massa Específica	Literatura <sup>(1)</sup>
		g /cm <sup>3</sup>	
1	Couro/Borracha/Madeira	1,12	0,95/1,04/0,45
2	Embalagem Longa Vida	0,78	-
3	Metal Ferroso	3,17	7,86
4	Metal não Ferroso	2,40	2,73
5	Matéria Orgânica	0,55	-
6	Osso	1,54	-
7	Papelão	0,92	0,87
8	Papel Fino	0,92	0,57
9	Plástico Mole	0,98	0,92
10	Plástico Rígido	0,93	0,92
11	Tecido/ Trapo	1,34	1,55
12	Vidro	2,34	2,47

(1) Miller & Clesceri (2003); Lide (1999).

## 6. CONCLUSÃO

A composição gravimétrica dos RSU apresentou teores na faixa de 45,45% de

matéria orgânica, seguido por plástico mole, 13,48%, o alumínio foi o material em menor porcentagem encontrado, 0,65%. Com o decorrer do tempo, a porcentagem dos materiais degradáveis presentes nos RSU tende

a diminuir, em função da biodegração e consequentemente a porcentagem dos materiais não degradáveis ou dificilmente degradáveis tende a aumentar. O estudo confirmou a variedade de materiais presentes nos RSU, assim como a variedade na composição desses materiais, com amostras bastante divergentes quando comparadas umas com as outras, assim como encontrado na literatura.

O peso específico encontrado para os resíduos plástico mole, plástico rígido e vidro estão condizentes com o apresentado na literatura. Os demais resultados mostraram-se não condizente com aqueles descritos por Lide (1999) e Miller & Clesceri (2003), isto, vem apoiar a hipótese de que os valores da literatura nem sempre são representativos para todos os aterros pois eles variam para cada aterro.

Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

\_\_\_\_\_. NBR 10.004 (2004) – Resíduos sólidos - Classificação

Bosco, Maria E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2008

CALLE, J. A. C. **Comportamento Geomecânico de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CARVALHO, M. F. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos**. 1999. 299 f. Tese (Doutorado em Geotecnia)–Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação**. 2008. 316 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)–