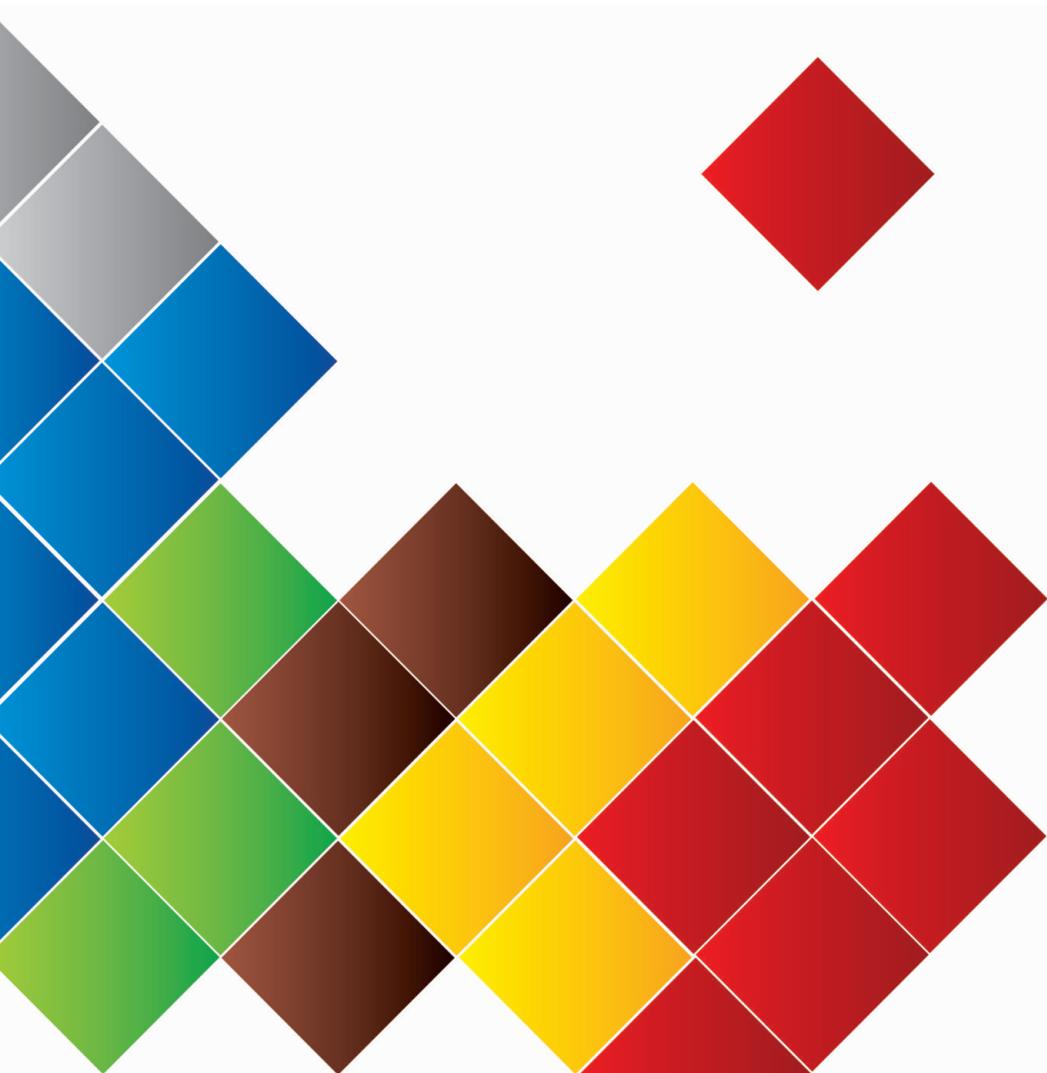


CARTILHA DE ORIENTAÇÕES

---

# Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Urbanos



Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Fundação Estadual do Meio Ambiente  
Diretoria de Gestão de Resíduos  
Gerência de Resíduos Sólidos Urbanos

Cartilha de Orientações

**Estudo Gravimétrico de  
Resíduos Sólidos Urbanos**

Belo Horizonte  
2019

## **Fundação Estadual do Meio Ambiente**

### **Governo do Estado de Minas Gerais**

Romeu Zema Neto – Governador

### **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD**

Germano Luiz Gomes Vieira – Secretário

### **Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam**

Germano Luiz Gomes Vieira – Presidente

### **Diretoria de Gestão de Resíduos – DGER**

Renato Teixeira Brandão – Diretor

### **Gerência de Resíduos Sólidos Urbanos – GERUB**

Denise Marília Bruschi – Gerente

Júlia Nunes Costa Gomes – Analista Ambiental

Ana Carolina Rocha Torres - Estagiária

### **Instituto de Gestão de Políticas Sociais – GESOIS**

Termo de Parceria Nº 48/2018

Vera Christina Vaz Lanza – Coordenadora Geral

Raissa Bottecchia Luna – Gerente de Projetos

Bruna Monteiro Diniz – Analista Ambiental

Carolina Monteiro Barros – Analista Ambiental

David Villanueva Fernandez Neto – Estagiário

F981c Fundação Estadual do Meio Ambiente

Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte:

Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019

27p. : il.

1. Estudo gravimétrico - resíduos sólidos. 2. resíduos sólidos urbanos. I. Título.

CDU: 628.4:32

# SUMÁRIO

1. Apresentação .....	04
2. Introdução .....	05
3. Objetivo .....	06
4. Definição de Resíduos Sólidos Urbanos.....	07
5. Definição de Estudo Gravimétrico .....	08
6. Planejamento do Estudo Gravimétrico .....	10
7. Caracterização Física - Composição Gravimétrica .....	12
7.1. Primeiro Passo.....	13
7.2. Segundo Passo.....	14
7.3. Terceiro Passo.....	14
7.4. Quarto Passo.....	15
7.5. Quinto Passo.....	15
7.6. Sexto Passo.....	16
7.7. Sétimo Passo.....	17
7.8. Oitavo Passo.....	17
7.9. Nono Passo.....	18
7.10. Décimo Passo.....	18
8. Determinação de Peso Específico .....	20
9. Determinação da Geração Per Capita .....	21
10. Resultados .....	22
11. Exemplos .....	23
12. Referências .....	25

# 1. APRESENTAÇÃO

Esta cartilha visa, primordialmente, orientar as administrações municipais no melhor conhecimento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados em seu território, a fim de que possam melhorar a sua gestão em consonância com as Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos.

O estudo gravimétrico é ferramenta simples, mas de extrema importância para subsidiar a definição de estratégias locais e regionais que atendam à hierarquização de ações que atuem desde a “não geração”, seguindo pela reutilização, reciclagem, tratamento, e apenas a parcela de mais difícil recuperação, o “rejeito”, seja enviada para a disposição final.

Haverá o dia em que muito pouco ou nada será considerado rejeito mas, com certeza, passo primordial para isso será o conhecimento das frações que compõem os resíduos que geramos no dia a dia. Bom aprendizado pelas páginas desta cartilha.

**Germano Luiz Gomes Vieira**

*Presidente da Feam  
Secretário do SISEMA*

## 2. INTRODUÇÃO

**A** Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Nº 12.305 de 2010 reúne um conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a gestão integrada e gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos (RSU) facilita o gerenciamento de resíduos, uma vez que possibilita uma maior compreensão da quantidade e qualidade dos resíduos gerados nos municípios a partir da análise da composição gravimétrica, geração per capita e peso específico dos RSU.

Conforme mencionado por Monteiro et al. (2001), a composição gravimétrica traduz o percentual de cada resíduo em uma amostra coletada, e isso faz com que o município conheça a composição dos seus resíduos sólidos, podendo ocorrer variação de uma localidade para a outra em função de características sociais, econômicas, culturais, geográficas e climáticas, ou seja, dentro de um município podem haver características gravimétricas distintas.

O estudo gravimétrico é de extrema importância para que o município consiga dimensionar e buscar soluções para os problemas relacionados aos resíduos sólidos, assim como, planejar ações que visem sua minimização.

Diante disso, esta cartilha tem como objetivo orientar tecnicamente os agentes municipais para realização do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos gerados na cidade.

### 3. OBJETIVO

A realização do estudo gravimétrico contribuirá para o conhecimento das condições e proposição de gerenciamento adequado dos resíduos, com foco na sustentabilidade ambiental para o desenvolvimento socioeconômico da cidade e nas alternativas para propiciar a viabilidade do aproveitamento dos resíduos, por meio de processos de tratamento, tais como compostagem ou reciclagem.

## 4. DEFINIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**R**esíduos sólidos urbanos são materiais, substâncias, objetos ou bens descartados, resultantes de atividades humanas em sociedade, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos municipais incluem diversas categorias como o lixo doméstico, dejetos de quintal, resíduos comerciais, institucionais, restos de construção e de demolição, rejeitos de limpeza e manutenção de ruas, animais mortos, resíduos volumosos, veículos abandonados e resíduos de esgotos, dentre outros.

Existe variação significativa na porcentagem dos principais componentes dos RSU de uma região para outra, que geralmente está relacionada com os níveis de desenvolvimento econômico, tecnológico, sanitário e cultural da região. Observa-se, em geral, que em localidades cujo desenvolvimento socioeconômico seja menos expressivo, a porcentagem de matéria orgânica é maior, quando comparada a locais mais desenvolvidos.

## 5. DEFINIÇÃO DE ESTUDO GRAVIMÉTRICO

O estudo gravimétrico, constituído por composição gravimétrica, geração per capita e peso específico dos RSU de um município permite conhecer as principais características e composições dos resíduos produzidos em determinada localidade, identificando a porcentagem dos materiais existentes em sua constituição.

Alguns fatores influenciam na composição gravimétrica, tais como, o local, os hábitos, o nível educacional da população, as atividades econômicas dominantes, o desenvolvimento econômico, e as condições do clima local. A análise gravimétrica apresenta as porcentagens das várias frações que compõem os resíduos, tais como, papel, papelão, madeira, trapo, couro, plástico, matéria orgânica, metal, vidro e borracha.

Os resultados obtidos no levantamento da composição gravimétrica permitem avaliar preliminarmente as possibilidades de redução na geração e reaproveitamento dos componentes passíveis de reciclagem, valorização energética e orgânica dos resíduos sólidos, implantação de coleta diferenciada, adequação de instalações e melhores alternativas para destinação final de cada tipo de resíduo.

A geração *per capita* é expressa em kg/hab.dia, logo, representa um valor médio de geração de resíduos por habitante. Esta análise pode ser feita por município ou por regiões do município e pode ser vista como uma informação de planejamento e de monitoramento do gerenciamento de RSU daquela população.

Por exemplo, se o município criou uma campanha de redução de resíduos, a geração *per capita* pode ser avaliada em várias etapas para verificar os efeitos da campanha sobre a população geradora de resíduos.

O peso específico, expresso em  $\text{kg/m}^3$  representa o espaço que determinada massa de resíduos ocupa. Logo, é uma informação importante para o planejamento da frota necessária para a coleta de resíduos (seja de caminhões ou de carrinhos de catadores de materiais potencialmente recicláveis), bem como para o planejamento dos locais de armazenamento, tratamento e disposição final desses resíduos.



## 6. Planejamento DO Estudo Gravimétrico

O planejamento do estudo gravimétrico deverá ser realizado a fim de que se estabeleça uma padronização da metodologia a ser utilizada no processo de coleta e triagem das amostras.

Deverá ser realizada a seleção dos bairros onde os resíduos serão coletados. Esta escolha deverá ser baseada nas características de cada área, procurando assim representar bairros típicos que englobem regiões residenciais de baixa, média e alta renda, além daquelas com características comerciais, industriais e manufatureiras.

Importante lembrar que é comum a coleta de resíduos que se caracterizam como assemelhados aos urbanos em áreas com perfil industrial.

A coleta dos resíduos para amostragem deverá ser realizada diretamente nos domicílios e/ou estabelecimentos, antes da coleta pelo veículo coletor, evitando, assim, a compactação dos resíduos pelo caminhão e a seleção prévia pelos catadores de materiais recicláveis, o que poderia descaracterizar o volume, umidade ou composição dos resíduos em estudo.

É importante coletar os resíduos pelo período mínimo de uma semana, além de programar os dias em que essa ação poderá ser mais expressiva, para que se possa ter um panorama completo da quantidade e composição dos resíduos. Além disso, é necessário saber se o município realiza coleta seletiva e, em caso positivo, será necessário programar a realização da coleta de amostras também nesses dias.

Eventos festivos também alteram a geração de RSU, logo, caso a coleta das amostras seja realizada em épocas de natal, feriado, férias, festas cívicas ou populares e eventos municipais, essa informação deverá

estar expressa no resultado do estudo gravimétrico, assim como outras quaisquer ocorrências e circunstâncias extraordinárias, que possam de alguma forma influenciar na composição dos resíduos. Em alguns casos, a data da coleta de amostra de materiais precisará ser alterada, como exemplo, após a chuva. Os resíduos estarão mais úmidos do que realmente são e poderá haver alteração do peso.

É importante lembrar que as pessoas envolvidas na execução do processo de levantamento da composição gravimétrica dos resíduos deverão usar equipamentos de proteção individual, tais como luvas, óculos, máscaras, aventais e botas.



## 7. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A caracterização física determina a quantidade, em porcentagem, de cada tipo de resíduo que se encontra na massa total dos resíduos sólidos urbanos (RSU) da região analisada. Essa caracterização é realizada por meio do ensaio da composição gravimétrica.



Para fazer a composição gravimétrica, recomenda-se o método do quarteamento, que tem como objetivo a obtenção de uma amostra representativa, ou seja, a coleta de uma parcela do resíduo a ser estudada que, quando analisada, apresente as mesmas características e propriedades de sua massa total.

De acordo com a ABNT NBR 10007:2004, o quarteamento é o processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para construir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado. Esse método será explicado passo a passo.



## MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Equipamentos de proteção individual (EPI)
- Balança
- Tambores de metal ou bombonas de plástico de peso e volume conhecidos
- Sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos separados
- Veículo para coleta do material
- Lona para despejar o material a ser triado
- Papel e caneta para anotação dos resultados
- Pás e enxadas

### 7.1. Primeiro Passo

Realizar a coleta porta a porta dos resíduos de uma determinada área/região, para evitar que haja extravio ou compactação dos resíduos pelo veículo coletor.

Caso o município realize a coleta seletiva, a amostra extraída a partir dos materiais recicláveis deverá ser homogeneizada com a amostra adquirida a partir da mistura dos resíduos coletados de forma convencional, de modo que a amostra final contenha a representação de todas as categorias de resíduos. Portanto, a amostra proveniente do quarteamento dos resíduos recolhida no dia de coleta seletiva deverá ser processada juntamente com os resíduos da coleta convencional.



*Lembrete!*  
*No momento da coleta, não compactar os resíduos*

## 7.2. SEGUNDO PASSO

Descarregar os resíduos coletados em lona num pátio, preferencialmente, pavimentado. Se possível em local coberto.



*Observação!*  
*Obter uma massa total*  
*mínima de 1600 Kg*



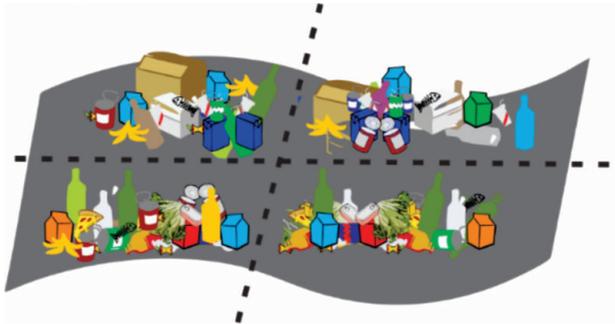
## 7.3. TERCEIRO PASSO

Logo depois, romper manualmente as sacolas para homogeneização dos resíduos, com auxílio de pás e enxadas, e dar início ao quarteamento.



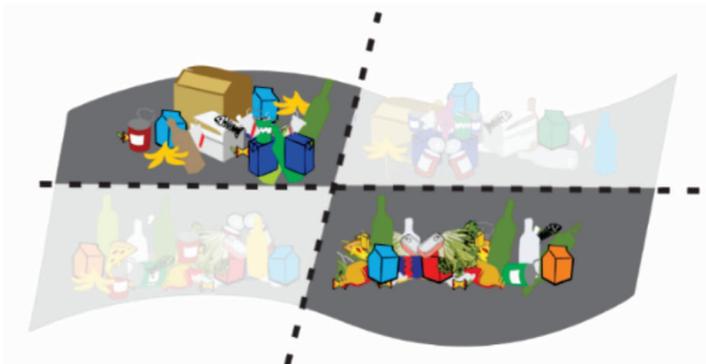
## 7.4. QUARTO Passo

A partir dos resíduos homogeneizados, deverão ser traçadas duas linhas imaginárias dividindo os resíduos em quatro montes, aparentemente iguais.



## 7.5. QUINTO Passo

Deverão ser retiradas duas dessas partes (vis-à-vis).

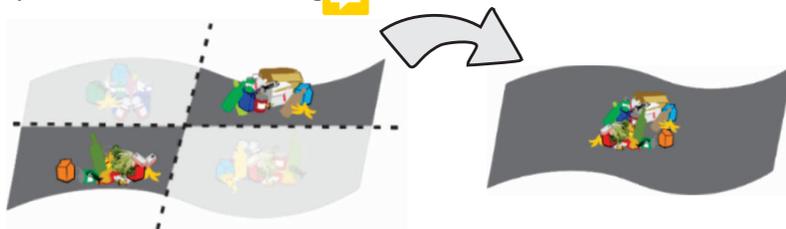


### *Dica!*

*Selecionar duas partes opostas que serão descartadas e retorná-las para o caminhão*

## 7.6. SEXTO PASSO

Homogeneizar as duas partes restantes e dividir em quatro partes novamente, repetindo o processo até se obter uma amostra com peso de aproximadamente 400 kg 



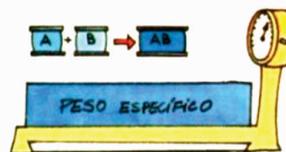
Pronto! Está definida nossa amostra a ser estudada.

O método do quartearmento encontra-se ilustrado nas figuras a seguir.

Equipamentos de proteção individual

Pátio pavimentado ou com lona e se possível coberto

Rasgar sacos plásticos, de papel ou papelão



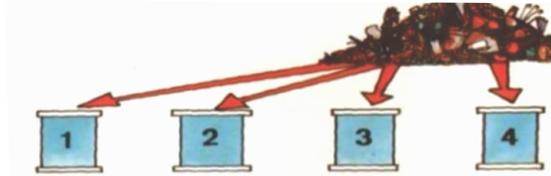
### Coleta de Amostra

1) Para o início do trabalho de amostragem, deve-se escolher um determinado volume de lixo provenientes de pontos diferentes da cidade.

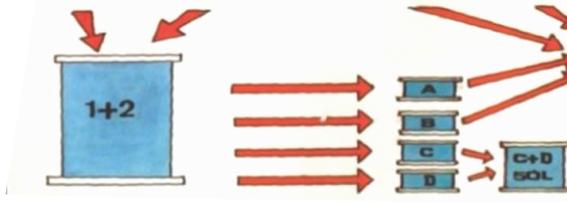
2) Proceda-se então a mistura (homogeneização) do lixo descarregado



3) Após a mistura, retira-se da massa quatro parcelas iguais que, separadas do volume inicial, serão novamente misturadas e colocadas em quatro tambores.



4) Das quatro partes, duas serão descartadas e as outras duas restantes juntadas entre si e, após nova mistura, quarteadas novamente.



## 7.7. Sétimo PASSO

### Pesagem do total de resíduos da amostra

Após a conclusão do quarteamento dos resíduos, deve-se realizar a pesagem do total da amostra. Foi realizado o quarteamento até o peso de aproximadamente 400kg. Agora, é necessário verificar qual o peso real da amostra final.



## 7.8. Oitavo PASSO

### Triagem dos resíduos

Após a pesagem do total da amostra, deverá ser realizada a triagem dos resíduos em uma mesa ou bancada



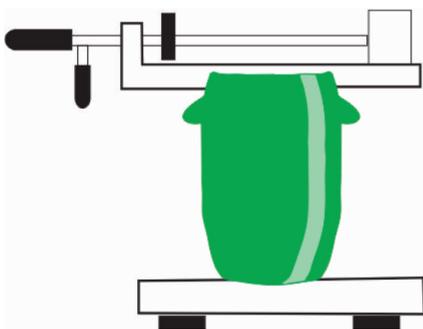
Ao realizar a triagem os resíduos deverão ser armazenados por tipologia em recipientes/tambores ou sacos plásticos identificados.



## 7.9. *Nono* PASSO

### **Pesagem de cada componente**

Após a separação, cada material deverá ser pesado separadamente, para obter-se a representatividade em peso de cada material na amostra



*Lembrete!  
Calibrar a balança e descontar  
as taras dos recipientes*

## 7.10. *Décimo* PASSO

### **Porcentagem de cada material na amostra**

Para verificar a porcentagem de cada material na amostra é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Percentual de cada categoria (\%)} = \frac{\text{peso de cada fração (kg)}}{\text{peso total da amostra}} \times 100$$

Percentual de cada categoria = percentual de cada classe/tipologia de resíduo presente na amostra.

Peso de cada fração = Peso dos resíduos de cada classe/tipologia triada no Oitavo e pesada no Nono Passo.

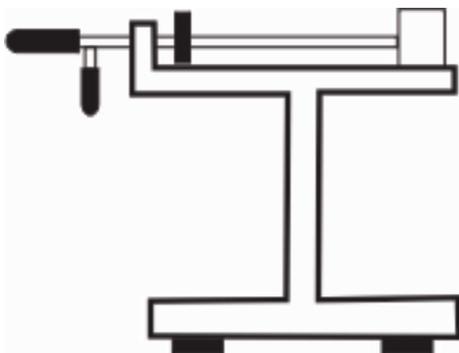
Peso total da amostra = Peso do total da amostra obtido no Sétimo Passo.

## 8. DETERMINAÇÃO DE PESO ESPECÍFICO

O peso específico é o peso dos resíduos em função do volume por eles ocupados. Esse parâmetro quantitativo reflete a densidade dos resíduos e varia muito com a sua composição. Normalmente é utilizado para dimensionar veículos coletores e equipamentos de compactação.

Salienta-se que o parâmetro do peso específico se refere ao resíduo solto, então deve-se evitar a compactação, a fim de não descaracterizar demasiado a forma com que a população os disponibiliza para a coleta. A sua determinação pode ser realizada procedendo-se à pesagem de uma fração da amostra acondicionada em um recipiente de volume conhecido, sem promover a sua compactação.

Desta forma, o resultado encontrado é o peso dessa fração, dividido pelo volume do recipiente. Podem ser realizadas várias medidas e calculada uma média.



$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{peso líquido do lixo (kg)}}{\text{volume da amostra (m}^3\text{)}} \times 100$$

## 9. DETERMINAÇÃO DA GERAÇÃO PER CAPITA

**G**eração per capita é a quantidade de resíduos gerada por habitante num determinado período de tempo. É informação fundamental para subsidiar o planejamento de todo o sistema de gerenciamento dos resíduos, uma vez que possibilita projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor, e até mesmo o dimensionamento dos veículos a serem utilizados na coleta.



$$\text{Geração} = \frac{\text{peso total de resíduos de um dia } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right)}{\text{número de habitantes (hab)}}$$

## 10. RESULTADOS

Os resultados do estudo gravimétrico dos municípios são primordiais para que se possa realizar um planejamento e gerenciamento dos RSU de qualidade. Auxiliam na identificação das áreas com maior potencial para implantação da coleta seletiva e na quantificação dos resíduos que poderiam ser reciclados ao invés de encaminhados para a disposição final.

Com o estudo gravimétrico é possível relacionar a geração dos resíduos com os aspectos socioeconômicos da população e escolher quais estratégias seriam mais adequadas para cada região. Com a interpretação dos dados é possível analisar a influência das estações do ano e da população flutuante na quantidade e qualidade dos resíduos gerados, além de evidenciar a importância e até mesmo a necessidade de definição de tratamentos diferenciados para cada região ou período, de acordo com as flutuações das suas características.

Alguns dos erros frequentes que ocorrem ao se realizar o estudo gravimétrico dos RSU são:



- A utilização de metodologias inadequadas para realização da amostragem;
- Seleção de bairro ou região que não represente bem a área do município analisada;
- A não homogeneização dos resíduos oriundos de bairros que realizam a coleta seletiva;
- Mistura de resíduos de locais e dias diferentes;
- Não realizar a triagem adequadamente das diversas parcelas que compõem os resíduos.

## 11. EXEMPLOS

A seguir serão apresentados exemplos do estudo da gravimetria em alguns municípios de Minas Gerais.

### Salinas

Foi realizado estudo gravimétrico dos RSU no município de Salinas, Minas Gerais, no ano de 2009. Foram analisados três setores da área urbana, selecionados por apresentarem maior concentração populacional. Depois de selecionadas as áreas de pesquisa, aplicaram-se questionários à população da região para analisar a sua situação socioeconômica.

Posteriormente, as amostras de resíduos foram coletadas três vezes por semana entre março e abril de 2009. Essa época do ano foi escolhida para evitar distorções nas amostras por questões de férias e datas festivas. A metodologia utilizada para realizar a composição gravimétrica foi a do quarteamento.

Por meio da interpretação dos dados verificou-se que, nas regiões pesquisadas, a maioria das famílias tinha maior poder aquisitivo e melhor grau de instrução. A quantidade de resíduos com potencial para reciclagem nessa região - vidro, plástico, metal e outros era grande. Já nas regiões onde havia mais famílias com o poder aquisitivo e grau de instrução menores, observou-se a predominância da fração de matéria orgânica nos resíduos.

Essa análise gravimétrica indicou como resultados, percentuais significativos de resíduos que poderiam ser reciclados (cerca de 33,85%) e encaminhados para a compostagem ou outro processo de tratamento dos resíduos orgânicos (cerca de 46,45%).

Esses dados evidenciaram a viabilidade da implantação da coleta seletiva na cidade e da construção de uma Usina de Triagem e Compostagem (COSTA et al, 2012).



## Nova Ponte

Foi realizado estudo gravimétrico dos resíduos do município de Nova Ponte, Minas Gerais, em abril de 2013.

Foram selecionadas ruas de todos os bairros da cidade, realizadas coletas de amostras e utilizado o método do quarteamento para análise do material. Coletaram-se amostras nesses locais durante 3 dias durante uma semana.

Esse estudo mostrou como resultado uma grande quantidade de matéria orgânica, cerca de 40,54%, que poderia ser tratada e inserida na cadeia produtiva, além de cerca de 15,85% dos resíduos recicláveis - papelão, papel, plástico, vidro, pet, alumínio e metais.

Esse resultado também mostrou a viabilidade e a necessidade da construção de uma Usina de Triagem e Compostagem no município (SIQUEIRA et al, 2016).

## 12. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 71 p.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: 19 de dez. de 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010.

CARVALHO, J. L. V.; JESUS, S. C. e PORTELLA, R. B. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do centro da cidade de Barreiras – Bahia**. Disponível em: <<http://www.chaourbano.com.br/visualizarartigo.php?id=65>> Acesso em: 18 dez 2018.

COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA JUNIOR, M. F. **Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, p.73 - 90, 2012.

Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Gravimetria\\_JF\\_VERS%C3%83O-FINAL.pdf](http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Gravimetria_JF_VERS%C3%83O-FINAL.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2016

MENEZES, Rosana Oliveira. **Análise Estatística da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domésticos do Município de Juiz de Fora - MG com Base no Perfil Socioeconômico**. 2016. 28 f. TCC (Graduação).

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 19 de dez. de 2018.

SIQUEIRA, H. E. et al. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG)**. Revista DAE. p.39-52, 2016.



**feam**  
FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE

