



## III-090 - ANÁLISE DA METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE 23 MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

**Nathale Andrade Batista** <sup>(1)</sup>

Urbanista pela Universidade do Estado da Bahia, Mestranda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia e Pesquisadora do Grupo de Resíduos Sólidos e Efluentes – GRSE da Universidade Federal da Bahia.

**Viviana Maria Zanta** <sup>(2)</sup>

Engenheira Civil com ênfase em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Doutora em Resíduos Sólidos pela Universidade de São Paulo. Líder do Grupo de Resíduos Sólidos e Efluentes – GRSE da Universidade Federal da Bahia.

**Endereço** <sup>(2)</sup>: Rua Arisitides Novis, 02 Federação CEP: 40210-630 Brasil - Tel: (71) 32839454 - e-mail: [zanta@ufba.br](mailto:zanta@ufba.br)

### RESUMO

O presente trabalho analisou a metodologia utilizada pelo Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e os resultados obtidos com a caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares das sedes urbanas de 23 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - BHRSF. A análise possibilitou reconhecer algumas falhas na metodologia utilizada e inconsistências nos procedimentos de caracterização física dos resíduos, como a falta de informação quanto à justificativa para os tamanhos das amostras e a falta de padronização dos grupos de materiais analisados na composição gravimétrica. Os resultados apresentaram valores de taxa de geração *per capita* variando entre 0,48 kg/hab.dia e 0,98 kg/hab.dia, valores de peso específico de 98,63 kg/m<sup>3</sup> a 323,09 kg/m<sup>3</sup>. Como pontos positivos pode-se destacar a escolha da amostragem porta a porta e o cuidado nas orientações dadas aos residentes participantes do levantamento, o que possibilitou a estimativa da taxa de geração e não de produção de resíduos sólidos. Para se ter maior confiabilidade nos dados há necessidade de refinamentos de alguns pontos da metodologia utilizada, o que permitiria uma análise mais robusta do conjunto de dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos da construção, Caracterização, Reciclagem, Pequeno porte.

### INTRODUÇÃO

No ano de 2007, o Governo Federal, por intermédio do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Governo do Estado da Bahia, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR) firmaram convênio para elaboração do Estudo de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado da Bahia (ERGIRS/BA) e do Plano Regional da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) para os Municípios Baianos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF). Dentre os produtos dessa iniciativa, registra-se o diagnóstico dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (RS) dos 417 municípios baianos. Desse total, realizaram-se pesquisas diretas baseadas em questionários respondidos pelos gestores municipais em 206 municípios e, em 23 municípios da BHRSF foi realizada pesquisa *in loco* sobre a caracterização física, compreendendo a determinação da composição gravimétrica e da produção *per capita* dos resíduos sólidos urbanos, de serviço de saúde e da construção civil.

A escassez de dados sistematizados e organizados referente à situação dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros, principalmente, dados primários, dificultam o atendimento das Leis n° 11.445/07 e Lei n° 12.305/10 que estabelecem, respectivamente, a necessidade de elaboração dos Planos de Saneamento Básico e Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. A elaboração desses Planos exige uma gama de informações a respeito desse setor que necessitam de qualidade confiável, o que é assegurado pela adequação das metodologias empregadas, como, também, pela sua uniformização, uma vez que se considera que esses dados



poderiam compor um banco de dados nacional, importante para a atualização dos próprios Planos, verificação do cumprimento das metas e elaboração de Políticas Públicas.

Visando contribuir para o aprimoramento das metodologias empregadas na coleta e sistematização de dados sobre a gestão de resíduos sólidos nos municípios brasileiros, o presente trabalho analisa a metodologia utilizada na elaboração do PGIRS no que concerne a caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) das sedes urbanas de 23 municípios da BHRSF, especificamente, quanto à geração *per capita*, composição gravimétrica e peso específico aparente dos resíduos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida é de natureza documental e crítica, baseada na revisão da literatura e de documentos, como a série de volumes do ERGIRS/BA e do PGIRS para os municípios da BHRSF. Inicialmente, foram coletados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), os valores de produção *per capita* de resíduos sólidos urbanos do ano de 2010 dos 23 municípios objeto desse estudo, além de fatores que poderiam interferir nos valores encontrados, como a utilização de balança pelos municípios e a existência de coleta seletiva ou informal. Esses dados foram comparados com os resultados de geração *per capita*, obtidos por meio da caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares (SEDUR, 2012b).

Posteriormente, foram coletados dados e informações do Plano Regional de Resíduos Sólidos da BHRSF sobre a caracterização física realizada nos 23 municípios do estado da Bahia, quanto às metodologias e procedimentos adotados e valores encontrados para a geração *per capita*, peso específico aparente e composição gravimétrica.

As metodologias utilizadas pela pesquisa de caracterização dos RSD foram analisadas com base na revisão teórica e os resultados obtidos pela caracterização física dos RSD foram sistematizados e analisados tendo como referência o plano de amostragem e a literatura científica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A investigação das características dos RSD foi realizada por classe de renda, seguindo o roteiro apresentado na Figura 1. A amostra foi definida com base nos dados populacionais do censo demográfico do ano 2000 e contagem da população do ano de 2007; na produção *per capita* apresentada no “Banco de Dados do Sistema de Limpeza Urbana e Caracterização do Destino Final de Resíduos Sólidos de 96 Municípios da Bahia” elaborado pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional – CAR (Tabela 1), e considerando os seguintes critérios: percentual mínimo de 1,5% sobre o número de domicílios, volume de 400 litros de resíduos produzidos por dia, produção de resíduos de 250 kg/dia.

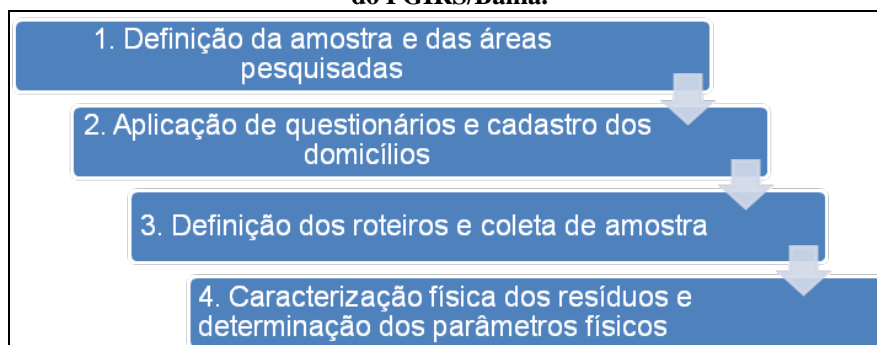
Dessa maneira, estimou-se a geração de resíduos sólidos dos domicílios de modo a alcançar uma quantidade de resíduos suficiente para realização dos ensaios de campo. Para tanto, os percentuais de participação das diferentes classes sociais no total do universo de amostragem foram aumentados visando à obtenção do volume de 400L ou a produção de 250 kg/dia.

**Tabela 1. Produção *per capita* domiciliar e total por faixa populacional**

Faixa Populacional (habitantes)	Produção <i>per capita</i> domiciliar (kg/hab.dia)	Produção <i>per capita</i> Total (kg/hab.dia)
Até 20.000	0,40	0,60
De 20.001 até 50.000	0,50	0,70
De 50.001 até 100.000	0,60	0,80
Acima de 100.000	0,70	1,00

Fonte: SEDUR (2012a)

**Figura 1. Roteiro utilizado para caracterização dos RSD durante coleta de informações para elaboração do PGIRS/Bahia.**



Fonte: adaptado de SEDUR, 2012b.

Com as amostras determinadas, foram definidas as áreas de coleta. Como o objetivo era selecionar as áreas por classe de renda, em um primeiro momento, procurou-se identificar as classes por meio do padrão construtivo das residências, através da observação das fachadas das casas, classificadas em: residências de padrão superior; residências de padrão médio e residências de padrão popular inferior. Após essa análise preliminar, os moradores foram entrevistados, constatando assim a renda média mensal por domicílio. Dessa forma, foi possível associar o padrão construtivo das residências à classe de renda, (SEDUR, 2012b).

Na sequência, foi realizado o cadastramento dos domicílios, informando-os sobre a pesquisa, com indicações de como proceder durante os três dias de “Campanha de Composição do Lixo”. No cartaz informativo, entregue aos moradores, havia um lembrete de que durante a campanha eles não deveriam separar os materiais recicláveis do “lixo” e que todo o resíduo produzido deveria ser entregue apenas ao caminhão da pesquisa.

Após o cadastramento dos domicílios e definição do roteiro de coleta, a campanha foi realizada “porta a porta”, durante três dias úteis consecutivos a partir das terças-feiras. Segundo SEDUR (2012b), no momento do cadastramento dos domicílios foi entregue, o primeiro saco plástico, informando que ali deveria ser depositado todo o resíduo gerado no dia, para ser apresentado para a coleta na manhã do dia seguinte. No dia seguinte os pesquisadores voltavam às residências cadastradas para marcar o nível de participação e entregar o segundo saco.

Para facilitar a identificação dos domicílios participantes da campanha em municípios com população superior de 50.000 habitantes foram coladas etiquetas de identificação em local visível da fachada de cada domicílio. Utilizou-se também, sacos plásticos de diferentes cores para as diferentes classes de renda, para facilitar a coleta da amostra e a identificação dos resíduos (SEDUR, 2012b). Como os resíduos eram coletados por um mesmo caminhão, os sacos plásticos de diferentes cores eram essenciais para separar os resíduos gerados pela população de baixa, média e alta renda no momento que esses chegavam para os procedimentos de caracterização.

Ao concluir o roteiro e coleta de toda a amostra, os resíduos sólidos eram encaminhados para o local indicado para realização dos procedimentos de caracterização (geralmente em um galpão cedido pela Prefeitura Municipal). Para a obtenção da população diária participante, no momento de entrega da amostra era assinalado no roteiro de coleta se o domicílio forneceu ou não seu resíduo. Posteriormente a quantidade de pessoas residente em cada moradia era somada, conhecendo assim a população total que contribuiu com a pesquisa naquele dia.

O fato de diariamente os pesquisadores retornarem aos domicílios para entregar o novo saco plástico onde os resíduos deveriam ser armazenados, pode ter contribuído para um maior comprometimento da população diante do estudo. Essa prática poderia ainda resultar em uma coleta de informações, já que no momento de entrega do saco plástico os pesquisadores poderiam questionar sobre acontecimentos atípicos ocorridos no dia, que pudessem interferir na quantidade ou característica do resíduo gerado, como por exemplo, o aniversário de algum morador.



A preocupação de solicitar aos participantes da pesquisa que entregassem todo o resíduo reciclável gerado durante o período da campanha foi um ponto positivo e de grande relevância, pois, dessa forma, os resultados encontrados poderão reproduzir com maior fidelidade o potencial de reciclagem dos municípios, já que esses resíduos não foram entregues aos catadores de materiais recicláveis. Por esse motivo, o resultado obtido pelo estudo se refere à determinação da taxa de geração *per capita* e não de produção.

Tratando-se dos fatores que podem influenciar nos resultados da caracterização física, o plano de amostragem atentou, apenas, para a realização da coleta das amostras em período semanal, entre terça e sexta-feira, com registro da ocorrência de chuva nas últimas 24 horas.

A exclusão das segundas-feiras e dos finais de semana dos possíveis dias para a realização da amostragem foi considerada positiva, pois, dessa forma é possível evitar a pesagem de resíduos acumulados nos finais de semana, assim como a caracterização de resíduos em um dia atípico, já que nos finais de semana as pessoas tendem a passar mais tempo em casa do que realmente permanecem durante a semana, com possibilidade de gerar mais resíduos.

O critério de amostragem adotado foi por categorias de extratos socioeconômicos, o que permite observar se os resultados encontrados para a caracterização física se devem às diferenças de hábitos e costumes em decorrência do poder aquisitivo ou nível de educação formal da população.

Os resultados da caracterização física obtidos, associados aos diferentes extratos socioeconômicos, poderão permitir que se desenvolvam ações mais direcionadas às características de cada classe de renda, como o correto dimensionamento das caixas estacionárias por meio do conhecimento da geração diária e do peso específico médio dos resíduos ou a determinação do valor da cobrança de taxa ou tarifa pelos serviços prestados com base no critério de maior gerador, que poderá inclusive contribuir para inibir o consumo supérfluo e o desperdício de materiais.

Para que dados cada vez mais precisos sejam alcançados, recomenda-se que nas próximas caracterizações levem-se, também, em consideração fatores como: o período de férias escolares, feriados ou festejos no momento de escolha da data para realização da “Campanha de Composição do Lixo” e que a coleta seja realizada preferencialmente entre o décimo e vigésimo dias do mês.

No que se refere à amostra, o estudo não apresenta memória de cálculo da determinação do tamanho da amostra para cada faixa socioeconômica que seria representativa do universo amostral, ou seja, da população da sede urbana, de modo que não é possível identificar qual a metodologia estatística utilizada para definição dos tamanhos das amostras e nem o critério utilizado para aumentar o universo de amostragem, quando se verificava que a quantidade de residências definidas não alcançaria o volume mínimo ou a produção mínima estabelecida.

Como volume mínimo para as amostras iniciais diárias coletadas, o estudo estabeleceu os valores de 400 litros ou 250 kg, não apresentando justificativa embasada na literatura científica para adoção desses valores. Na revisão teórica, entretanto, identificou-se trabalhos e métodos que adotaram amostras iniciais em torno de 800 litros e amostras finais (após o quarteamento) em torno de 200 litros ou entre 90 e 140 kg, com exceção de IBAM (2001) e Barros (2012) que recomendaram amostras finais de 1.000 litros.

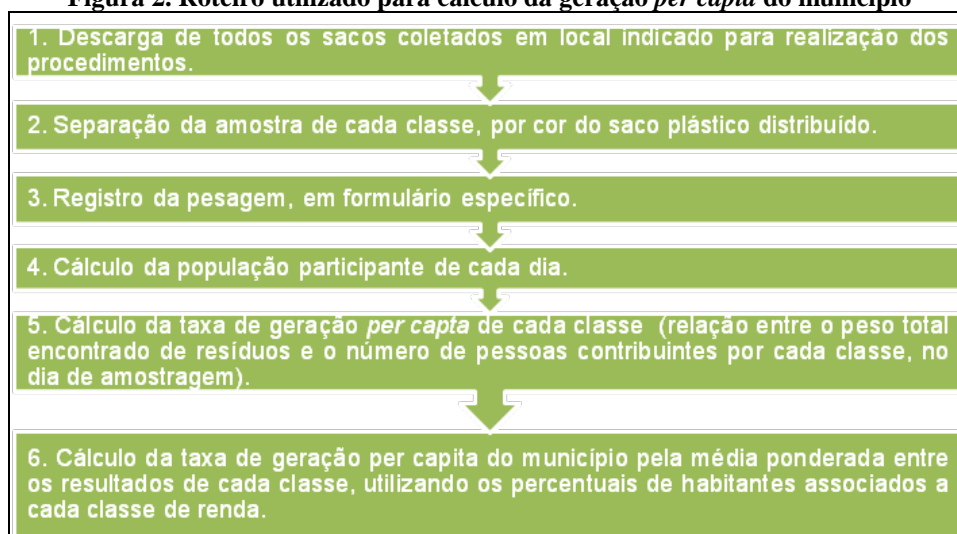
No estudo analisado, as amostras totais coletadas durante os três dias de caracterização foram utilizadas para determinação da geração *per capita* e do peso específico aparente e a amostra final para determinação da composição gravimétrica. Considera-se importante durante a capacitação da equipe de coleta e caracterização física, informá-los a respeito do que deve ser observado no momento da coleta e da realização dos procedimentos para obtenção da taxa de geração *per capita*, do peso específico e da composição gravimétrica, para que, caso sejam obtidos resultados diferentes do esperado, possam ser consultadas as folhas de observações na busca de uma justificativa para tal valor, ou que essas possam servir de subsídio para o descarte de alguma amostra julgada comprometida.

Segundo a SEDUR (2012b), os procedimentos sequenciais descritos na Figura 2 foram realizados para obtenção da taxa de geração *per capita* dos municípios. A pesagem dos resíduos foi realizada em balança tipo plataforma com capacidade de 300 kg.

A taxa de geração *per capita* de um município pode ser obtida de diversas maneiras a depender das condições técnicas, dos recursos e da disponibilidade de equipamentos pela administração municipal. A metodologia utilizada pelo PRGIRS da BHRSF para determinação da taxa de geração *per capita* foi considerada adequada, principalmente, pelo fato do levantamento da quantidade *per capita* de resíduos domiciliares gerados ter sido realizado tanto por classe de renda, por meio da média aritmética, como pela população urbana, por meio do cálculo do valor da média ponderada. Destaca-se o fato de que a taxa encontrada se refere à geração e não à produção *per capita*, em virtude do cuidado que se teve durante a amostragem para que os resíduos gerados pelos moradores não fossem desviados pela coleta informal ou coletiva.

Os resultados encontrados para cada município representam uma taxa média da geração *per capita*, com base no critério de faixa de renda da população, que está indiretamente associado a outros fatores, como educação formal, hábito, padrão de consumo, etc.. Esses fatores influenciam não só na quantidade de resíduos gerados por cada extrato socioeconômico, como também, na composição desses resíduos.

**Figura 2. Roteiro utilizado para cálculo da geração *per capita* do município**



Fonte: adaptado de SEDUR, 2012b.

Destaca-se que o valor de geração *per capita* do estudo se refere aos resíduos sólidos domiciliares urbanos, portanto, para que se possa estimar a geração *per capita* municipal se torna importante caracterizar os resíduos de limpeza pública, de grandes geradores, da construção civil e os resíduos de serviço de saúde, realizando de preferência o estudo de caracterização individual para cada uma dessas fontes. Caso a intenção seja caracterizar os resíduos cujo gerenciamento seja de responsabilidade do município, ou seja, os resíduos sólidos urbanos, bastaria, para tanto, somar aos resíduos domiciliares os valores encontrados na caracterização dos resíduos de limpeza pública.

Agrupando os valores das médias encontradas para a taxa de geração *per capita* em faixas populacionais, observam-se os valores apresentados na Tabela 2, todos situados no intervalo de 0,70 a 0,78 kg/hab.dia.



**Tabela 2. Geração *per capita* domiciliar por faixa populacional considerando o resultado dos 23 municípios estudados**

Faixa Populacional (habitantes)	Quantidade de Municípios	Geração <i>per capita</i> domiciliar valor da média (kg/hab.dia)
Até 20.000	12	0,73
De 20.001 até 50.000	5	0,70
De 50.001 até 100.000	4	0,78
Acima de 100.000	2	0,73

Fonte: os autores.

Os resultados mostrados na Tabela 2 indicam que a população dos municípios estudados não representa um aspecto relevante na determinação da taxa de resíduos gerados. Como exemplo disso, constata-se que o município que apresentou maior taxa de geração *per capita* (Paratinga) possui população urbana de 10.905 habitantes, enquanto que o município que apresentou menor taxa de geração *per capita* (Caetité) possui população urbana de 28.447 habitantes. Dessa forma, o maior e menor valor extremo pertence a municípios com valores populacionais próximos. Essa informação evidencia o cuidado que os municípios devem ter ao utilizar dados de outros municípios, pois o critério populacional não garante uma semelhança na taxa de geração *per capita*. Dessa forma, outros critérios devem ser considerados, como por exemplo, o desenvolvimento econômico na região, aspectos culturais, a taxa de alfabetização, o turismo, dentre outros.

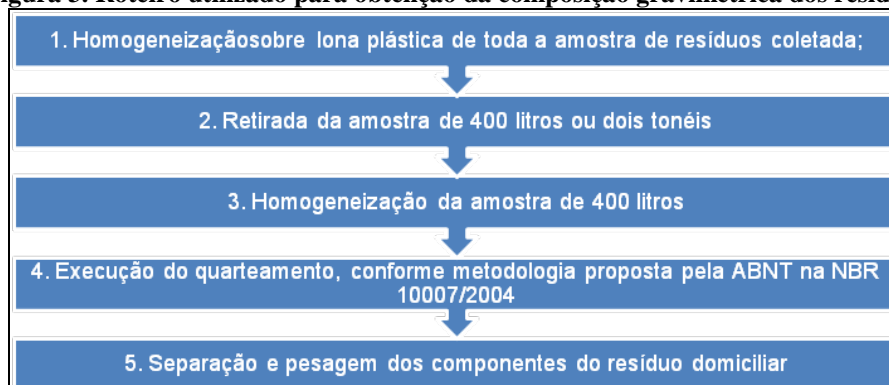
Segundo a Sedur (2012b), para determinação do peso específico aparente dos resíduos domiciliares foram realizados os seguintes procedimentos: rompimento dos sacos contendo os resíduos, homogeneização dos resíduos, disposição dos resíduos nos tonéis previamente medidos e pesados (geralmente tonéis de 200 litros), após enchimento, pesagem de cada tonel cheio, registro dos dados de pesagem em formulário específico, cálculo do peso específico médio de cada classe de renda através da média aritmética dos valores de peso específico de cada tonel, cálculo do peso específico médio dos RSD através da média ponderada dos pesos médios obtidos para cada classe de renda. É importante destacar que a quantidade e tonéis preenchidos com RSD variaram em função da amostra diária coletada para cada município. A pesagem dos resíduos foi realizada em balança tipo plataforma com capacidade de 300 kg.

A metodologia utilizada pelo estudo para determinação do peso específico aparente foi considerada adequada por ter se apresentado condizente ao observado na literatura científica. Salienta-se que nos formulários havia um local destinado a indicação de ocorrência de chuva durante as 24 horas anteriores a coleta dos resíduos. Essa informação é importante, pois, o valor do peso específico pode ser alterado em função da absorção de água de chuva pelos resíduos. Nesses casos seria preciso avaliar a conveniência de realizar o descarte das amostras do referido dia. Na metodologia adotada toda a amostra inicialmente coletada, estabelecida para o valor mínimo de 400 litros ou 250 kg, contribuiu para o cálculo do peso específico aparente, pois não foi realizado o procedimento de quarteamo.

O peso específico aparente dos resíduos apresentou uma variabilidade muito ampla (98,6 kg/m<sup>3</sup> a 323,1 kg/m<sup>3</sup>) enquanto que o intervalo observado na literatura se referiu a valores de peso específico aparente entre 171,5 e 262,8 kg/m<sup>3</sup>.

A Figura 3 mostra os passos sequenciais utilizados pela SEDUR (2012b) para a obtenção da composição gravimétrica dos resíduos. Não foram especificadas as balanças utilizadas para pesagem dos grupos de materiais separados para a composição gravimétrica.

**Figura 3. Roteiro utilizado para obtenção da composição gravimétrica dos resíduos**



Fonte: adaptado de SEDUR, 2012b.

Recomenda-se que para a obtenção da composição gravimétrica dos resíduos a amostra encontre-se entre o intervalo de 90 a 140 kg. A SEDUR (2012b) optou e obteve a composição gravimétrica a partir de uma amostra final de 100 litros. Considerando o valor de peso específico indicado na literatura (250 kg/m<sup>3</sup>), a amostra final para composição gravimétrica apresentaria, aproximadamente, 25 kg. Portanto, valor abaixo do intervalo recomendado. Apenas um estudo estatístico poderia atestar se esse tamanho de amostra apresenta boa representatividade da realidade estudada. Adicionalmente, constata-se que na descrição da metodologia adotada não se discriminaram em quais grupos de materiais as amostras deveriam ser separadas, sendo essa uma informação importante, já que de acordo com o objetivo que se pretende alcançar, devem ser listados os componentes que se deseja determinar. A falta dessa informação pode fazer com que os grupos de materiais analisados sejam diferentes em cada município estudado, ou ainda, algum componente importante pode não ser contabilizado.

Constatou-se a necessidade de somar os resíduos coletados da classe A com os da classe B em muitos municípios, pois, o tamanho da amostra inicial coletada para cada classe foi inferior ao valor estabelecido para realização do procedimento de quarteamento (amostras com volume de 400L) o que revela a necessidade de ajustes na metodologia para definição do tamanho das amostras.

A análise dos conjunto de dados possibilitou identificar potencial para compostagem e reciclagem na maioria dos municípios, evidenciando que os principais componentes presentes nos RSD são a matéria orgânica (52,3%), o plástico (9,6%), os contaminantes biológicos (7,6%) e o papel/papelão (6,8%).

## CONCLUSÕES

A análise realizada possibilitou reconhecer algumas falhas na metodologia utilizada e inconsistências nos procedimentos de caracterização física dos resíduos, como a falta de justificativa para os tamanhos das amostras e a falta de padronização dos grupos de materiais analisados na composição gravimétrica. Aprimoramentos são necessários visando obter resultados mais representativos da realidade e comparáveis entre si. Os resultados apresentaram valores de taxa de geração *per capita* variando entre 0,48 kg/hab.dia e 0,98 kg/hab.dia, valores de peso específico de 98,6 kg/m<sup>3</sup> a 323,1 kg/m<sup>3</sup> e indicaram potencial para compostagem e reciclagem na maioria dos municípios, evidenciando que os principais componentes presentes nos RSD são a matéria orgânica (52,3%), o plástico (9,6%), os contaminantes biológicos (7,6%) e o papel/papelão (6,8%).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação, 2004. Disponível em: [www.aslaa.com.br/legislaco](http://www.aslaa.com.br/legislaco). Acesso em: outubro, 2015.
2. BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 411p.
3. BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília DF, 8 jan. 2007.



4. BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF, 3 ago 2010.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204 p.
6. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA (SEDUR). **Estudo de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para o Estado da Bahia e Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para os municípios da Bacia do Rio São Francisco**. Relatório 2. Volume 1. Salvador: SEDUR, 2012a. 457 p.
7. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA (SEDUR). **Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Relatório 3. Tomo 3.2. Volumes I a XI. Salvador: SEDUR, 2012b.