

### III-084 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS NO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS-BA

**Erika Pereira Macêdo<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFRB.

**Danileile Castro do Nascimento<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFRB.

**Leandro Fonseca Rosa<sup>(3)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFRB.

**Anaxsandra da Costa Lima Duarte<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela UFRN. Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN. Professora Assistente do Centro de Ciências Exatas de Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

**Lidiane Mendes Kruschewsky Lordelo<sup>(5)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFBA. Mestre em Análise Regional e Urbana. Professora Assistente do Centro de Ciências Exatas de Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Hermiro Costa e Silva, 30 – Ana Lúcia – Cruz das Almas - Bahia - CEP: 44380-000 - Brasil - e-mail: [erika\\_macedo05@yahoo.com.br](mailto:erika_macedo05@yahoo.com.br)

#### RESUMO

As características dos resíduos sólidos variam de acordo com as características apresentada por sua população geradora. A caracterização dos RS é fundamental para a otimização dos serviços de limpeza urbana e contribui para identificação do potencial de aproveitamento dos materiais descartados. Os resíduos sólidos do município de Cruz das Almas apresentaram as seguintes características físicas: geração per capita de 0,69 kg/hab. x dia, peso específico médio de 146,2kg/m<sup>3</sup>, grande fração orgânica (50,7%) e de recicláveis (37,8%) dentre os materiais descartados. A maior quantidade de resíduos produzidos pela população cruzalmense pode ser direcionada para a compostagem e reaproveitamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cruz das Almas/BA, Caracterização Física, Resíduos Sólidos Domésticos.

#### INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, resíduos sólidos (RS) são 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 (Monteiro *et al.*, 2001).

As características dos RS podem variar em função dos aspectos geográficos, sociais, econômicos, culturais, número de habitantes no local, nível educacional, gênero, faixa etária, variações sazonais, clima, desenvolvimento (Monteiro *et al.*, 2001; Lima 2001; Boscov, 2003).

De acordo com Monteiro *et al.* (2001) a caracterização dos resíduos sólidos (RS) é dividida em física, química e biológica. As características químicas são classificadas em: poder calórico, pH, composição química e relação carbono/nitrogênio. As biológicas são aquelas determinadas pela população microbiana e os agentes patogênicos do lixo que junto com a caracterização química podem selecionar o método de tratamento e disposição final mais adequado. As características físicas são divididas em Geração per Capita, Composição Gravimétrica, Peso Específico Aparente, Teor de Umidade e Compressividade.

A caracterização, identificação e quantificação dos resíduos sólidos permitem avaliar a geração de resíduos e assim, selecionar equipamentos específicos, conceber rotas de coleta, elaborar programas de recuperação de materiais e obter indicadores. Possibilitam, também, identificar os materiais que podem ser desviados do fluxo de resíduos, as oportunidades de reuso e reciclagem, e as especificações dos compradores de materiais recuperados (TCHOBANOGLOUS, 1993 *apud* BASSANI, 2011).

O objetivo geral deste trabalho foi o estudo das seguintes características físicas dos resíduos coletados dentro do município de Cruz das Almas: Geração Per Capita, Composição Gravimétrica e Peso Específico Aparente. Estas características são fundamentais para a elaboração de um Plano de Gerenciamento Integrado de

Resíduos Sólidos, pois são utilizadas na projeção das quantidades de resíduos a coletar e a dispor; dimensionamento da frota assim como contêineres e caçambas estacionárias, possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para produção de composto orgânico.

Como detalhamento do objetivo geral, os objetivos específicos são:

- Comparação entre as diferenças e semelhanças dos resíduos provenientes dos diferentes setores de coleta.
- Proposição de alternativas para a diminuição da quantidade dos RS encaminhados ao aterro

## METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu em quatro etapas:

- a) Levantamento bibliográfico sobre a temática;
- b) Caracterização do município e do local de disposição final dos resíduos sólidos coletados pelo Sistema de Limpeza Pública Municipal;
- c) Levantamento de dados preliminares sobre o sistema atual de coleta dos resíduos sólidos domésticos:

O levantamento de dados sobre o serviço de coleta da cidade de Cruz das Almas foi feito através da aplicação de uma entrevista não estruturada com o responsável pelo Departamento de Limpeza Pública. Foram obtidas as seguintes informações: a porcentagem da população atendida pelo serviço, setores de coleta, bairros atendidos, frequência e horário de coleta, quantidade e tipo de caminhões coletores, número de viagens, origem dos resíduos, produção coletada, número de trabalhadores, entre outras informações.

É importante a divisão de setores de coleta, pois a composição dos resíduos pode ser bastante variada e dependente de fatores culturais, nível e hábito de consumo, renda e padrão de vida das populações, fatores climáticos (BIDONE e POVINELLI, 1999). Além disso, para a determinação das características físicas faz-se necessária a determinação de dados sobre a frequência de coleta e a tipologia da população atendida.

- d) Determinação das características físicas dos resíduos sólidos urbanos:

Foi coletada uma amostra simples de cada caminhão coletor dos diferentes setores, em três datas distintas. Os dias de amostragem foram de terça à quinta-feira, de modo a representar a geração cotidiana dos resíduos.

A geração per capita foi determinada de duas maneiras: por setor de coleta e pela quantidade diária de resíduos coletados pelo município.

A partir das informações sobre a população, índice de cobertura do serviço de coleta e quantidade de resíduos gerados por cada setor obteve-se a geração per capita dos setores de coleta. Esse valor foi obtido pela Equação 1:

$$G_{\text{per capita do setor}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{hab} \times \text{dia}} \right) = \frac{Q_{\text{resíduos}}}{P \times N} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$G_{\text{per capita do setor}}$  = geração per capita (kg/ hab. dia);  $Q_{\text{resíduos}}$  = quantidade de resíduos coletados (kg);  $P$  = população (hab);  $N$  = número de dias entre as coletas.

Foi adotado  $N=1$  para os setores de coleta diária de resíduos e  $N=2$  para aqueles de coleta alternada.

Para diagnosticar a geração per capita de resíduos em um setor de coleta de um município é necessário o conhecimento da população residente em cada bairro integrante desse setor. Como não existe registro da população dos bairros em banco de dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, nem nos órgãos públicos do município, a identificação da população dos bairros do município de Cruz das Almas foi realizada a partir da Equação 2:

$$P_{\text{bairro}} = d \times A$$

Equação 2

Onde:

$P_{\text{bairro}}$  = população do bairro (hab);  $d$  = densidade demográfica (hab/km<sup>2</sup>);  $A$  = área do bairro (km<sup>2</sup>).

A densidade demográfica foi obtida no banco de dados demográficos do IBGE. As áreas dos bairros foram delimitadas em mapa com auxílio de moradores das comunidades, de um funcionário do setor tributário municipal e após a realização de visitas para reconhecimento dos territórios. A geração per capita do município foi adquirida por uma média ponderada da geração per capita por setor de coleta e sua respectiva população (Equação 3).

$$G_{\text{per capita do município}} = \frac{p_1 \times g_1 + p_2 \times g_2 + \dots + p_n \times g_n}{\sum p}$$

Equação 3

A geração per capita também foi calculada a partir dos registros de pesagem mensal dos resíduos domésticos feito pela empresa que gerencia o aterro. Foram utilizados nesse cálculo: número de habitantes no município, quantidade de resíduos coletados mensalmente, número de dias de coleta no mês. Obteve-se a geração *per capita* por dia para cada mês pela Equação 4:

$$G_{\text{per capita}}' \left( \frac{\text{kg}}{\text{hab} \times \text{dia}} \right) = \frac{Q_{\text{resíduos}}}{n \times P}$$

Equação 4

Onde:

$G_{\text{per capita}}'$  = geração per capita (kg/ hab x dia);  $Q_{\text{resíduos}}$  = quantidade de resíduos coletados mensalmente (kg);  $P$  = população (hab);  $n$  = número de dias de coleta no mês.

A população utilizada foi obtida através de consulta ao banco de dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, e a quantidade de resíduos coletadas no município de Cruz das Almas no ano de 2012 foi adquirida no banco de dados do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas.

Foi adotado  $N=26$ , número de dias no mês em que há coleta de resíduos, pois não há coleta nos domingos.

A geração *per capita* do município foi adquirida pela média dos valores mensais. Os valores encontrados por ambas as metodologias foram então comparados e analisados.

Para a determinação da composição gravimétrica e do peso específico foi necessário coletar uma amostra representativa de cada caminhão coletor. A amostragem foi realizada pelo método do quarteamento (ABNT, 2004): de cada caminhão retirou-se um montante de aproximadamente 800L de resíduos, os quais foram misturados e fracionados repetidas vezes, sobre lona plástica, até a obtenção de uma amostra de 200L, que corresponde ao volume do recipiente-padrão utilizado.

Após esse processo, determinou-se a composição gravimétrica dos RS através da Equação 5. Para isso, fez-se necessária a separação manual e pesagem dos componentes: plástico rígido, plástico maleável, tetra park, papel, papelão, vidro, metal, matéria orgânica, panos/trapos, resto de comida e resíduos comuns. Estas classes foram escolhidas no intuito de distinguirem frações recicláveis, compostos orgânicos e os rejeitos.

$$\text{Componente}(\%) = \frac{\text{Peso da fração do componente (kg)}}{\text{Peso total da amostra (kg)}}$$

Equação 5

Para a determinação do peso específico foi medida a massa total da amostra e o volume (fixo) do recipiente, de acordo com a Equação 6:

$$P_{\text{específico}}(\text{kg/m}^3) = \frac{\text{Peso total da amostra (kg)}}{\text{Volume total do recipiente (m}^3\text{)}}$$

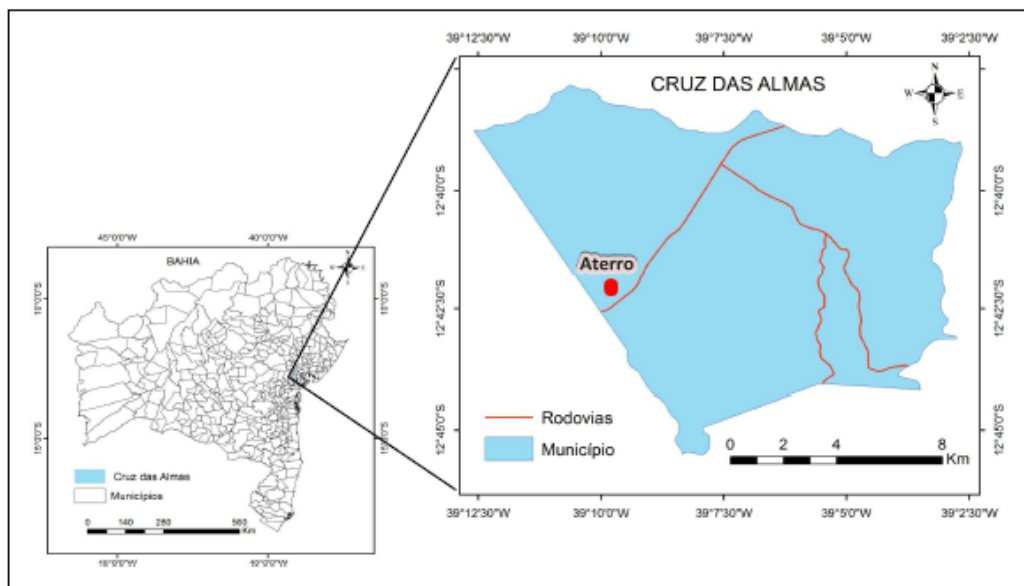
Equação 6

Todas as características representativas do município foram obtidas pelas médias aritméticas dos valores adquiridos com as amostras.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 1 Caracterização do Município e do local de disposição final dos resíduos sólidos coletados pelo Sistema de Limpeza Pública Municipal

A cidade de Cruz das Almas tem uma área de 145, 742 km<sup>2</sup>, está localizada na sub-região do Recôncavo Baiano (Figura 1), é limitada pelos municípios de Muritiba, São Félix, São Felipe e Sapeaçu e está a 146 km da capital baiana, Salvador. Segundo o IBGE (2012) apresenta uma população de 59.470 habitantes, sendo assim considerada uma cidade de médio porte.



**Figura 1- Localização do Aterro Integrado de Cruz das Almas**

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011.

O município apresenta clima tropical sub-úmido, com temperatura média anual de 23,5°C e umidade relativa média do ar de 82 % e a precipitação pluviométrica média anual do é de aproximadamente 1.117 mm e a evaporação média anual é de 1.461 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de abril e junho e o período seco entre agosto e outubro (PDDU, 2007). O tipo de solo predominante é o Latossolo Amarelo Distrófico com textura arenosa.

Os resíduos sólidos coletados no município são encaminhados para o Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas. O aterro ocupa uma área de 23 hectares, mas a área passível de utilização é de 19 ha. Está situado a 12 km do centro da cidade de Cruz das Almas e nas proximidades do município de Sapeaçu. A expectativa de vida útil do aterro é de 15 anos, sendo que a sua operação iniciou no ano de 2006. O aterro recebe resíduos de quatro municípios: Cruz das Almas, Conceição do Almeida, São Felipe e Sapeaçu, sendo que, dentre os municípios consorciados Cruz das Almas é aquele que mais gera, coleta e dispõe seus resíduos no aterro sanitário, em função do maior número de habitantes comparado aos demais (OLIVEIRA, 2011).

### 2 Levantamento de dados preliminares sobre o sistema atual de coleta dos resíduos sólidos domésticos

Segundo o responsável pelo serviço público de coleta e limpeza urbana, quase 100% da população cruzalmense é atendida por esses serviços, com exceção de poucas áreas periféricas. Grande parte do município tem coleta de resíduos do tipo alternada. O centro e as vias de acesso comum a diferentes bairros apresentam coleta diária.

Os setores de coleta (Quadro 1) são divididos conforme a proximidade dos bairros, a capacidade do caminhão coletor e o roteiro seguido fica a cargo do motorista do caminhão. Dessa forma, geralmente, bairros adjacentes tem coleta de lixo de mesma frequência. O município conta com 3 caminhões compactadores (10 m<sup>3</sup>) e 1 caçamba alugada para coleta de resíduos domésticos, poda e de varrição. Não existe o controle do número de

viagens diárias de cada veículo coletor. A equipe de Limpeza Pública é formada por 21 garis, 4 motoristas de caminhões, 4 fiscais, 1 chefe de departamento, 2 operadores de máquina e 1 merendeira.

| Setor   | Bairros   |
|---------|---|
| Setor 1 | Tabela, Inocoop e Ana Lucia, Loteamento Plácido, Tesoura, Sapucaia  |
| Setor 2 | Embrapa, Suzana1, Bairro Chapadinha, Areal e Bairro da Palmeira, Alberto Passos, Miradouro, Bela Vista                          |
| Setor 3 | Centro  |
| Setor 4 | Itapicuru, Edla Costa e Coplan, Brejinhos   |
| Setor 5 | São Judas Tadeu, Parque da Suzana, Tiradentes, Santo Antonio, 2 de julho, Dona Rosa, Loteamento José Augusto Sampaio, Passinhos |
| Setor 6 | Toquinha, Lisboa, Alto do Coqueiro, Pumba e Morrinho, Parque Lauro Passos, Garcia, Engenho Maravilha                            |
| Setor 7 | Primavera, Lauro Passos, Fonte do Doutor e Matadouro, Bom Sucesso, Vilarajo, Loteamento Vila Alzira, Assembléia                 |

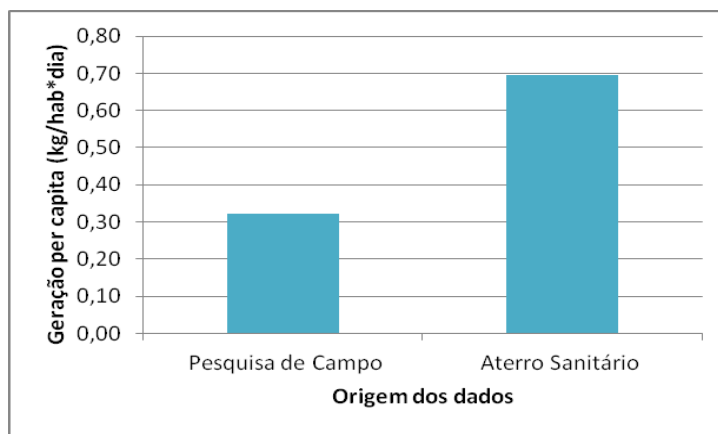
**Quadro 1-Setores de Coleta de Resíduos Sólidos**

Fonte: Autoria Própria

### 3 Determinação das características físicas dos resíduos sólidos urbanos

#### 3.1 Geração per capita

A partir dos dados coletados em campo verificou-se uma geração de resíduo domiciliar média de 0,33 kg/hab x dia, enquanto que através da utilização dos dados de pesagem de lixo doméstico do registro do aterro sanitário, verificou-se uma geração per capita média de 0,69 kg/hab x dia. Os resultados apresentados tiveram uma grande disparidade (Figura 2). Tal fato pode estar relacionado à pequena quantidade de amostras e dificuldade de identificação correta dos setores de coleta e da quantidade de viagens necessárias para o cobrimento de toda a área ser coletada. Como os valores obtidos no banco de dados do aterro englobavam todo o resíduo coletado da população cruzalmense, acredita-se que o valor de 0,69 kg/hab x dia se aproxima mais da realidade do município. Esse valor condiz com o esperado para municípios de médio porte. Segundo Monteiro et. al., (2001), para cidades de 30 mil a 500 mil habitantes, faixa na qual está inserida Cruz das Almas, são adotados valores de 0,50 a 0,80 kg/hab x dia.



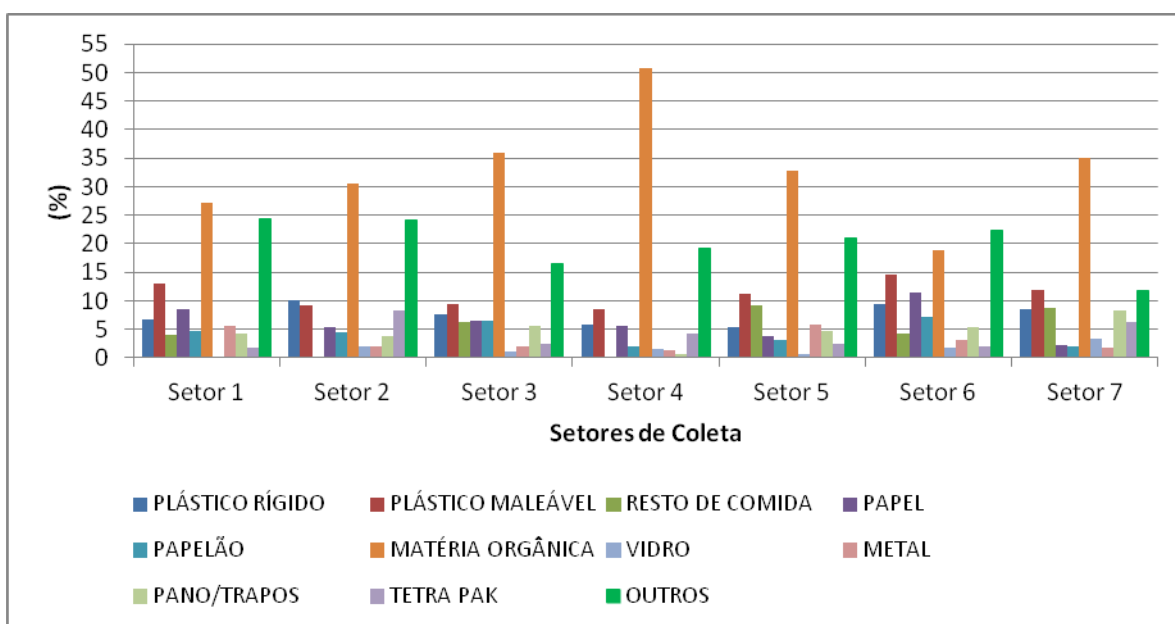
**Figura 2-Geração per capita de RSD no município de Cruz das Almas/BA**

Fonte: Autoria Própria

### 3.2 Composição Gravimétrica

No que se refere à composição gravimétrica foi percebido que independente do setor de coleta o material mais descartado era de origem orgânica, sendo que o maior descarte (50,7%) ocorreu no setor 04, que representa 4 bairros domiciliares próximos e que contam com uma importante feira livre. Este resultado demonstra o potencial de reaproveitamento desse tipo de material, que quando compostado pode ser utilizado como adubo orgânico e na geração energética.

Também é comum a todos os setores a grande geração de outros, resíduos inaproveitáveis, nesse caso composto principalmente por fraldas descartáveis e material de higiene pessoal, mínimo de 11,8% no setor 7, e máxima de 24,4% no setor 1. O setor 1 é composto por bairros bastante populosos, de população jovem e de grande área territorial, fatores que favorecem a maior geração desse tipo de material. Já o setor 7 é composto em parte por bairros de classe social alta, com grandes lotes e baixa densidade demográfica, e por bairros mais populares.



**Figura 3- Composição gravimétrica dos RS coletados em Cruz das Almas /BA**

Fonte: Autoria Própria

Identificou-se que do material disposto do aterro sanitário cerca de 40% são materiais recicláveis. Destes, os plásticos são descartados em maior quantidade em relação a outros materiais dessa natureza. Os plásticos maleável e duro representaram respectivamente cerca de 11% e 7,7% do material descartado. No setor 4, no qual existe atuação de uma cooperativa de catadores de recicláveis, foi percebido o menor descarte de metal (1,3%), papelão(2%) e plástico maleável(8,6%), demonstrando impacto positivo desse tipo de ação.

Os resíduos orgânicos e recicláveis somados formam aproximadamente 73% do material disposto no aterro. Esse material se interceptado antes do encaminhamento para disposição final pode representar geração de renda para a população através da implantação de coleta seletiva no município, estímulo à atuação de cooperativas de catadores de recicláveis, e por meio da comercialização de recicláveis e preparo e venda de composto orgânico, bem como proporciona um aumento significativo da vida útil do aterro.

### 3.3 Peso específico

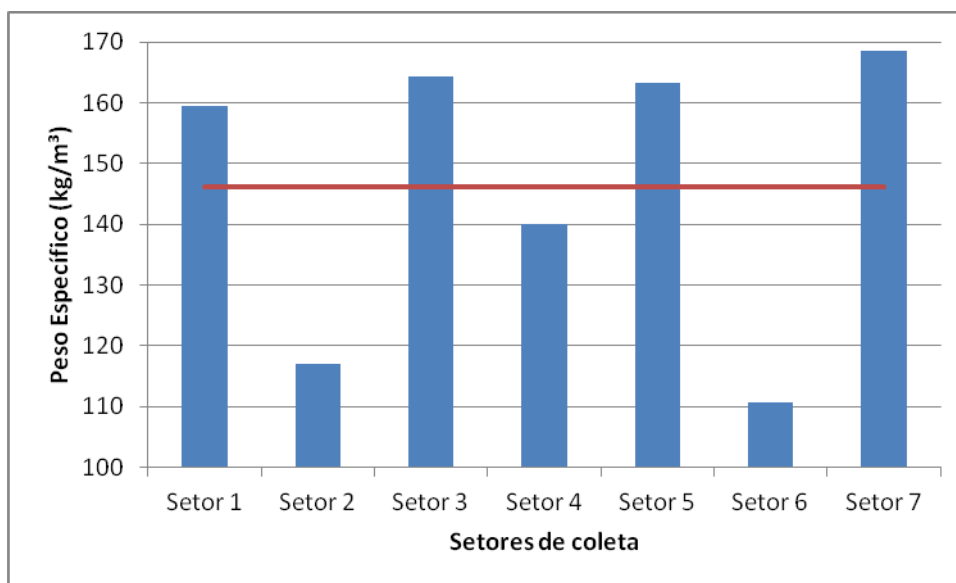
Os resíduos sólidos descartados no município de Cruz das Almas apresentaram peso específico médio de 146,2 kg/m<sup>3</sup>(Figura 4).

Os setores 7, 3, 5, 1 apresentaram maiores pesos específicos, respectivamente 168,6kg/m<sup>3</sup>, 164,3 kg/m<sup>3</sup>, 163,3 kg/m<sup>3</sup> e 159,4 kg/m<sup>3</sup>. Esses foram os setores que apresentaram maior fração de material orgânico, plásticos. Os



setores 1 e 3 tem maior produção de papel e papelão, os setores 5 e 7 descartam maior quantidade de resto de comida, e o setor 5 se destaca no descarte de metal. Esses materiais influenciam no peso específico apresentado por cada região de coleta.

Os valores de peso específico são influenciados pela composição gravimétrica dos resíduos, sendo que geralmente quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos maior é o peso específico do RS.



**Figura 4- Peso Específico dos RS coletados em Cruz das Almas/BA**

Fonte: Autoria Própria

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O município de Cruz das Almas não apresenta divisão por bairros registrada na prefeitura e por consequência não há o controle nem a estimativa da quantidade de moradores por comunidade. A falta de uma rota de coleta definida, dificulta a otimização no tempo de realização do serviço de coleta e na identificação da população geradora do resíduo.

No município poucas áreas são marcadas por uma classe social predominante, dessa forma, é comum a proximidade de bairros de diferentes classes socioeconômicas. Essa falta de definição dificultou a análise das características físicas dos RS em relação às características socioeconômicas da comunidade geradora, visto que um setor de coleta apresentava resíduos de diferentes bairros de diferentes poderes aquisitivos.

Foi comum a todos os setores o grande descarte de matéria orgânica e de recicláveis, fato que indica que esses materiais poderiam ser interceptados, antes do encaminhamento ao aterro, pela implantação de coleta seletiva e de uma usina de compostagem. Essa iniciativa aumentaria o tempo de utilização do aterro, valorizaria o preço dos materiais e promoveria uma nova fonte de renda para parte da população a partir da comercialização dos mesmos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007: **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
2. BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.
3. BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Bahia. **Cruz das Almas**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: março/2013.
5. LIMA, José Dantas de. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Paraíba: ABES. 1ª edição. [2001]

6. Monteiro, J. H. *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de RS. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p. <http://www.ibam.org.br/publique/media/manualRS.pdf>.
7. OLIVEIRA, Agda da Luz. **Estudo da variação do teor de umidade e sólidos totais voláteis dos resíduos sólidos urbanos, com a precipitação pluviométrica e suas implicações na geração de lixiviados no aterro sanitário integrado de Cruz das Almas-Ba.** Dissertação. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. 2011.
8. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Relatório Final. Cruz das Almas, 2007.