

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS – IBRAOP

INSTITUTO RUI BARBOSA – IRB / COMITÊ OBRAS PÚBLICAS

**PROC-IBR-RSU 002/2017**  
**Análise do Dimensionamento da Frota do Serviço de Coleta de RSD**

Primeira edição válida a partir de: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

[www.ibraop.org.br](http://www.ibraop.org.br)

[irbcontas.org.br](http://irbcontas.org.br)

## **1. OBJETIVOS/JUSTIFICATIVAS**

O procedimento tem por objetivo verificar a adequação do dimensionamento da frota para os serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD) e sua conformidade com a realidade do município, podendo, em alguns casos, ser necessário verificar os requisitos adotados para o projeto de rotas e percursos de coleta.

A verificação se faz necessária porque o dimensionamento da frota é parte integrante no dimensionamento do serviço de coleta de RSD, influenciando diretamente na formação do orçamento, podendo levar ao sobrepreço ou superfaturamento durante a execução contratual.

## **2. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS NECESSÁRIOS**

-

## **3. PROCEDIMENTO**

A Equipe de Auditoria deverá verificar todas as etapas e estudos realizados para a concepção do sistema proposto, os parâmetros utilizados na determinação das quantidades de resíduos a serem coletados em cada setor, as diversas alternativas estudadas, bem como a justificativa técnica das soluções adotadas, conforme as etapas a seguir.

Para tanto se faz necessário algumas definições:

- Setor de coleta – subdivisão técnico-administrativa de uma área, com características homogêneas em termos de geração per capita de resíduos, uso e ocupação do solo, composta por um ou mais roteiros de coleta;
- Roteiro de coleta – distância de coleta efetuada por um único veículo coletor em um período/turno de trabalho, contemplando a saída e o retorno à garagem, estabelecido de forma a minimizar percurso improdutivo, podendo ser realizado em uma ou mais viagens;
- Percurso de coleta – distância percorrida durante a efetiva coleta de resíduos, excluindo as demais distâncias percorridas entre garagem, descarga, transbordo, entre outros;
- Frequência de coleta – número de coletas semanais em um determinado roteiro;
- Viagem – Parte do trajeto efetuado por um veículo coletor desde o ponto inicial da coleta até um ponto de descarga e ida ao novo ponto inicial. Caso seja a primeira viagem de um trajeto, inclui a saída da garagem até o ponto inicial. Caso seja a última, inclui o retorno à garagem;
- Guarnição de coleta – equipe constituída por motorista, coletores e o veículo.

### **3.1. Verificação dos setores de coleta**

A Equipe de Auditoria deverá verificar se a delimitação dos setores de coleta levou em consideração a busca de possível equilíbrio entre as quantidades de resíduos a serem coletadas (regiões homogêneas), divisões técnico-administrativas, obstáculos naturais, tipo de ocupação, fatores sazonais, densidade populacional, extensão máxima que a(s) equipe(s) consegue(m) percorrer em condições adequadas de trabalho em sua(s) jornada(s), que sirvam como limites dos setores de coleta.

A Equipe de Auditoria deverá verificar se para cada setor foram corretamente determinados os seguintes parâmetros operacionais:

- Distância entre a garagem e o setor de coleta, normalmente referenciada em relação ao seu centro geométrico;
- Distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga, quer seja o ponto de destinação final, quer seja o transbordo;
- Extensão total de cada roteiro de coleta;
- Velocidade média de coleta, que geralmente depende das condições do sistema viário, da topografia do local, da capacidade do caminhão e da quantidade de RSD a ser coletada por unidade de distância (kg/km). Usualmente, esta velocidade encontra-se entre 5 e 10km/h. Quanto maior a densidade demográfica, menor a velocidade. A velocidade média de coleta poderá ser verificada em roteiros já existentes.
- Velocidade média dos veículos fora do percurso de coleta. Usualmente, esta velocidade encontra-se entre 25km/h e a velocidade máxima permitida neste trajeto, dependendo do trânsito e condições das vias.

Pode-se verificar as distâncias de forma aproximada pela ferramenta Google Earth/Maps, ou outra ferramenta disponível.

### **3.2. Verificação da frequência e turno de coleta**

A Equipe de Auditoria deverá verificar a definição dos parâmetros adotados para a regularidade e frequência de coleta de RSD em cada setor, levando-se em consideração os fatores climáticos, uso e ocupação do setor, produção de resíduos, sistemas viários, possibilidade de coleta diurna e noturna, procurando-se maximizar o uso das guarnições de coleta.

De forma geral, deve-se verificar se a frequência diária foi adotada nos setores com grande produção de resíduos, tais como em áreas de comércio e de grande fluxo de pessoas. E, por outro lado, se nos setores residenciais a frequência de coleta adotada foi de duas ou três vezes por semana.

A adoção de coleta em horários noturnos, de preferência em zonas comerciais e de grande fluxo de veículos e pedestres, tem a vantagem de apresentar um rendimento muito maior para a guarnição de coleta, pois encontra as vias e passeios mais desimpedidos, além de poderem utilizar os mesmos veículos das coletas dos períodos diurnos, diminuindo a frota necessária.

Por fim, a coleta deve ser realizada em dois turnos para redução dos custos e otimização da frota de coleta.

### **3.3. Verificação do dimensionamento da frota**

A Equipe de Auditoria deverá observar que a frota é dimensionada em função da capacidade de carga do compactador, e que a coleta pode combinar veículos de diferentes capacidades operacionais, as quais são elencadas em projeto tendo em vista otimizar o número de veículos. Idealmente, o carregamento será maximizado até o limite de tempo de coleta para cada guarnição. Assim, o melhor arranjo é aquele que conjuga simultaneamente a maximização do carregamento e do tempo de coleta.

Na escolha do tipo de compactador a ser adotado, no entanto, é necessário considerar o limite legal de carga máxima por eixo estabelecido para o veículo, em cumprimento ao que determina a Resolução CONTRAN 258/2007 em seu art. 3º., segundo o qual nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com peso bruto total (PBT) ou com peso bruto total combinado (PBTC) por eixo, superior ao fixado pelo fabricante. Ressalta-se que o peso máximo por eixo constitui-se em parâmetro de

dimensionamento de vias públicas, sendo que ao não observar esse limite está-se reduzindo a vida útil dos pavimentos.

Conforme Resolução CONTRAN 210/2006, observam-se os seguintes limites em relação ao peso bruto total:

Para caminhão toco (2 eixos):

- PBT  $\leq$  12 ton, para caminhões com eixo dianteiro (6 ton) e um eixo traseiro com rodagem simples (2 pneus, 6 ton); ou
- PBT  $\leq$  16 ton, para caminhões com eixo dianteiro (6 ton) e um eixo traseiro com rodagem dupla (4 pneus, 10 ton).

Para caminhão truck (três eixos):

- PBT  $\leq$  18 ton, para caminhões com um eixo dianteiro (6 ton) e dois eixos traseiros em tandem com rodagem simples (2 pneus, 12 ton).

Portanto, o carregamento dos veículos de coleta deve ser tal que o peso total do veículo carregado não ultrapasse os limites acima referidos.

Conclui-se que, dependendo do tipo de veículo e compactador elencados, a capacidade de carga dos compactadores pode ultrapassar a carga máxima admissível em obediência ao Peso Bruto Total dos veículos de coleta, como demonstrado, a título exemplificativo, na tabela a seguir:

Coletor	PBT	Peso do Chassis	Peso do compactador	Carga admissível	Capacidade de carga	Carga cheia
Toco 12m <sup>3</sup>	<b>16 ton</b>	6 ton	4,8 ton	5,2 ton	6,3 ton	<b>17,1 ton</b>
Toco 15m <sup>3</sup>	<b>16 ton</b>	6 ton	5 ton	5,0 ton	7,8 ton	<b>18,8 ton</b>
Truck 15m <sup>3</sup>	<b>18 ton</b>	7,5 ton	5 ton	5,5 ton	7,8 ton	<b>20,3 ton</b>

A Equipe de Auditoria deverá verificar se o dimensionamento da frota em projeto observa os limites de carga em função do Peso Bruto Total especificado para o veículo.

Em caso de procedimento de verificação de dados de pesagem, conforme estabelecido no Art. 5º da Resolução CONTRAN 258/2007, se admite uma tolerância de 5% em relação ao peso máximo total regulamentar do veículo em circulação por vias públicas, ou 10% sobre os limites de peso regulamentares por eixo dos veículos transmitidos à superfície das vias públicas. A Resolução adverte para o fato de que essa tolerância não pode ser incorporada aos limites de peso previstos em regulamentação fixada pelo CONTRAN.

De uma forma geral, a verificação do dimensionamento da frota deve considerar o porte do município, conforme demonstrado nos subitens a seguir.

### 3.3.1. Para cidades de até 200.000 habitantes

A Equipe de Auditoria deverá utilizar a seguinte fórmula, obtida do Manual de Saneamento da FUNASA, para verificar o dimensionamento apresentado em projeto:

$$Nf=(Qs/C*Nv)*Ff, \text{ onde:}$$

Nf = Quantidade total de veículos necessária;

Qs = Quantidade de resíduos diária a ser coletada em tonelada, obtida a partir do PROC IBR RSU 001-2017 – Quantitativo de resíduos sólidos domiciliares gerados;

Nv = Número total de viagens realizadas por dia, por caminhão (somatório de viagens dos turnos em um dia);

C = Capacidade efetiva do veículo de coleta, em tonelada;

Ff = Fator frequência.

Em geral para C (capacidade efetiva do veículo de coleta, em tonelada), adota-se um valor que corresponde a 70% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de resíduos coletados a cada dia:

$$C = P * IC * V * 0,7, \text{ onde:}$$

P = Peso específico aparente dos resíduos a serem coletados (ton/m<sup>3</sup>), da ordem de 0,2 a 0,3 ton/m<sup>3</sup>;

IC = Índice de Compactação do equipamento, usualmente igual a 3 para compactadores e 1 para caçamba;

V = Volume nominal do reservatório de carga, em m<sup>3</sup>.

E o fator frequência é:

$$Ff = 7 / Nc, \text{ onde:}$$

Ff = Fator frequência;

7 = o número de dias da semana;

Nc = o número de dias efetivamente coletados na semana.

Caso o valor encontrado acima esteja divergente do indicado em projeto, ou a Equipe de Auditoria queira avaliar com maior detalhamento a frota de veículos, deverá ser utilizada a metodologia indicada no item a seguir.

### 3.3.2. Para cidades acima de 200.000 habitantes

A Equipe de Auditoria deverá utilizar a seguinte fórmula, obtida no Manual de Gerenciamento Integrado de Lixo Municipal, da Editora CEMPRE, para verificar o dimensionamento apresentado em projeto:

$$Ns = 1/J * \{(L/Vc) + 2 * (Dg/Vt) + 2 * [(Dd/Vt) * (Q/C)]\}, \text{ onde:}$$

Ns = número de roteiros necessários por setor de coleta;

J = Duração útil da jornada de trabalho da equipe (em número de horas, desde a saída da garagem até o seu retorno, excluindo intervalo para refeições e outros tempos improdutivos);

L = Extensão total das vias (ruas e avenidas) do setor de coleta, em km;

Vc = Velocidade média de coleta, em km/h;

Dg = Distância entre a garagem e o centro geométrico do setor de coleta, em km;

Vt = Velocidade média do veículo fora do percurso de coleta, em km/h;

Dd = Distância entre o centro geométrico do setor de coleta e o ponto de descarga, em km;

Q = Quantidade total de resíduos a ser coletada por dia no setor, em tonelada.

C = Capacidade efetiva do veículo de coleta, em tonelada.

Em geral para C (capacidade efetiva do veículo de coleta, em tonelada), adota-se um valor que corresponde a 70% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de resíduos coletados a cada dia:

$$C = P * IC * V * 0,7, \text{ onde:}$$

P = Peso específico aparente dos resíduos a serem coletados (ton/m<sup>3</sup>), da ordem de 0,2 a 0,3 ton/m<sup>3</sup>;  
 IC = Índice de Compactação do equipamento, usualmente igual a 3 para compactadores e 1 para caçamba;  
 V = Volume nominal do reservatório de carga, em m<sup>3</sup>.

Com o número de roteiros por setor obtido na fórmula demonstrada, deve-se considerar os turnos de trabalho e a frequência de coleta, apresentados no projeto, para se obter a frota necessária para a prestação do serviço.

Para tanto, deve-se montar uma tabela de distribuição dos caminhões, considerando os setores, roteiro e frequência, conforme segue:

#### Exemplo de dimensionamento de frota

Veículos em Operação										
Setor	Roteiros/Ns	Turnos	Frequência	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
A	6	1	Seg/Qua/Sex	6	-	6	-	6	-	-
B	8	2	Ter/Qui/Sáb	-	4	-	4	-	4	-
C	4	1	Diária	4	4	4	4	4	4	-
D	10	2	Diária	5	5	5	5	5	5	-
			Total	15	13	15	13	15	13	-

No exemplo acima, observa-se que para um turno de trabalho, o número de veículos é igual ao número de roteiros e, no caso de dois turnos, o número de veículos é o número de roteiro, dividido por dois.

Na análise do exemplo colocado pela tabela acima, a frota de veículos necessária é de 15 veículos que é a situação mais crítica, considerando todos os setores.

Em relação à reserva técnica pode-se considerar que fica em torno de 10% da frota dimensionada e tem como objetivo permitir o reparo e a manutenção dos veículos e também atender a eventual emergência operacional. Especialmente para pequenas frotas (inferior a 10 veículos), a reserva técnica pode ser contemplada pela remuneração de 10% do custo total dos veículos, excluindo gastos com combustíveis, lubrificantes e pneus.

### 3.4. Coleta em áreas especiais

A Equipe de Auditoria deve verificar se o projeto de rotas e percursos de coleta prevê a existência de locais que requeiram coletas especiais tais como:

- Coleta em áreas turísticas (população sazonal);
- Coleta em áreas de declive acentuado e de difícil acesso;
- Coleta em favelas (acondicionamento precário do lixo e dificuldades de acesso).

Para tanto deverá ser verificado se foram adotadas medidas extras, como por exemplo:

- Realização da coleta em horas extras, atentando para os limites da legislação trabalhista;
- Aumentar o número de turnos de coleta, criando o segundo turno de trabalho ou até mesmo o terceiro turno;
- Colocação da frota reserva em operação;
- Adoção de veículos especiais de pequeno porte;
- Contratação de veículos extras.

#### **4. POSSÍVEIS ACHADOS DE AUDITORIA**

- a) **Super ou subdimensionamento (inconsistência de projeto ou da descrição dos padrões de desempenho e qualidade) da quantidade de veículos dimensionados para a frota:** indevida elaboração dos elementos que integram o projeto levando ao um super ou subdimensionamento da frota calculada para o serviço de coleta (art. 6º, inciso IX, alínea c da Lei 8.666/93; art. 1º, parágrafo único c/c art. 3º, inciso II da Lei 10.520/02);
- b) **Super ou subdimensionamento (inconsistência de projeto ou da descrição dos padrões de desempenho e qualidade) dos roteiros de coleta seja pela quantidade de roteiros, ou pela distância percorrida nos roteiros:** indevida elaboração dos elementos que integram o projeto levando ao um super ou subdimensionamento da frota calculada para o serviço de coleta (art. 6º, inciso IX, alínea c da Lei 8.666/93; art. 1º, parágrafo único c/c art. 3º, inciso II da Lei 10.520/02).

#### **5. DOCUMENTOS PARA A INSTRUÇÃO PROCESSUAL**

Cópia dos seguintes documentos:

- a) Projetos/Termo de Referência;
- b) Edital;
- c) Catálogos com as características técnicas dos veículos e equipamentos a serem utilizados no serviço de coleta;
- d) Dados gerais do município, tais como, localização geográfica, dados populacionais, principais atividades econômicas, setores comerciais, industriais e residenciais, condições topográficas, entre outros;
- e) Planta Geral do município indicando a posição da área urbana, vilas e povoados a serem atendidos, locais de disposição final ou estações de transbordo;
- f) Características do sistema viário do município, condições de pavimentação, sentido de tráfego, locais públicos tais como mercados, praças, feiras;
- g) Planta Baixa da malha urbana do município, indicando os setores e roteiros de coleta;
- h) Projeto de Roteiros de Coleta contendo distância, frequência, horário, período e velocidade.

#### **6. NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS**

-