

# **ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: HISTÓRICO E PROPOSTA DE PROCEDIMENTOS PARA O SEU PLANEJAMENTO E CONTROLE OPERACIONAL**

## **DOMICILIARY SOLID WASTE TRANSFER STATIONS: BACKGROUND AND PROPOSAL OF PROCEDURES FOR ITS PLANNING AND OPERATIONAL CONTROL**

**Costa, H.S.**

Instituto de Recursos Naturais - Universidade Federal de Itajubá

Av. BPS, 1303 – Pinheirinho – Itajubá – MG – CEP: 37500-903

Tel.: +55 35 3629.1157 – Fax.: +55 35 3629.1265 - E-mail: [hsc@unifei.edu.br](mailto:hsc@unifei.edu.br)

---

### **RESUMO**

As estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares no Brasil vêm adquirindo importância desde a década de 50, principalmente devido ao crescimento das cidades e ao distanciamento dos locais de disposição de resíduos sólidos em relação ao centro urbano. Todavia, a concepção dessas instalações mudou bastante ao longo dos anos e tende a sofrer grandes transformações em futuro próximo, uma vez que os recursos financeiros são escassos e a preocupação com a preservação do meio ambiente é crescente. Este trabalho relata o histórico das estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares no Brasil e propõe procedimentos para o planejamento e o controle operacional destes empreendimentos.

**Palavras-chave:** estações de transferência, resíduos sólidos, planejamento, indicadores de desempenho, controle operacional.

---

### **ABSTRACT**

In Brazil, the domiciliary solid waste transfer stations are acquiring importance since the decade of 50, mainly due to the growth of the cities and the disposal places

of solid waste very distant in relation to the urban center. However, the conception of these installations changed enough long of the years and it will to suffer great transformations in next future, a time that the financial resources are scarce and the concern with the preservation of the environment is increasing. This work shows the background of the domiciliary solid waste transfer stations in Brazil and considers procedures for the planning and the operational control of these enterprises.

**Key-words:** solid waste, transfer stations, planning, performance pointers, operational control.

---

## 1. INTRODUÇÃO

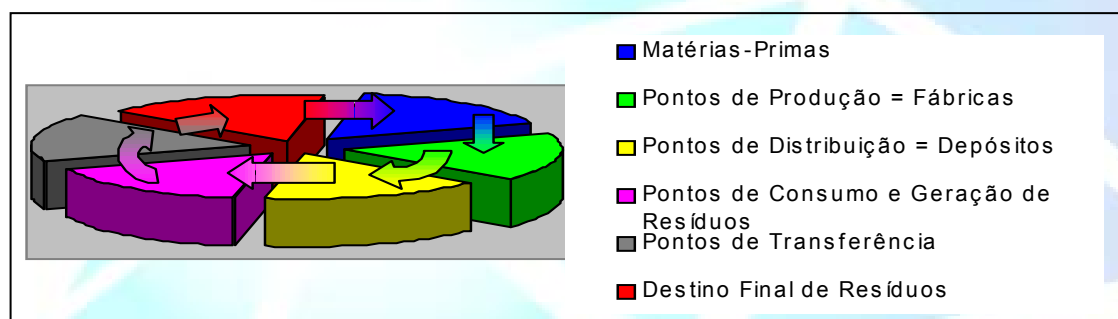
De acordo com Costa (1998), “estação de transferência de resíduos sólidos domiciliares é uma instalação que possibilita a remoção ou o transbordo dos resíduos sólidos domiciliares recolhidos por veículos ou equipamentos de coleta relativamente pequenos (triciclos, veículos de tração animal, veículos motorizados, etc.) para outro meio de transporte de maior capacidade de carga (normalmente carretas, mas barcaças e vagões ferroviários são também opções de transporte), capaz de transportar o resíduo por longas distâncias para centrais de reciclagem de material ou para locais de processamento ou disposição de resíduos, com reduzida utilização de mão-de-obra”.

Resíduos sólidos domiciliares são considerados resíduos de classe II e III, segundo a classificação da ABNT (1987), ou seja, os resíduos provenientes da varrição regular e de serviços oriundos de feira livre, construção e demolição, poda e capinação, comércio, limpeza de parques e jardins.

Para garantir um nível satisfatório de qualidade de vida urbana, precisa-se remover os resíduos para locais longínquos, afastados de áreas residenciais e comerciais. Isso implica no aumento dos custos da limpeza pública, favorecendo a utilização de estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares, pois a principal vantagem atribuída a elas é a possibilidade de redução nos custos do transporte.

Todavia, essas unidades podem oferecer inúmeras outras vantagens ao gerenciamento de resíduos sólidos, como por exemplo: ampliar o número de locais de processamento ou disposição de resíduos sólidos, aumentar a eficiência dos veículos de coleta e melhorar a operação no local de disposição. Além disso, tornam-se potencialmente mais vantajosas quando a coleta é seletiva, pois a quantidade de resíduos transferida é menor. As estações de transferência influenciam de modo significativo a coleta e o transporte de resíduos. De acordo com Aguiar (1993), essas etapas envolvem a maior parte dos recursos alocados pelas municipalidades nos serviços de limpeza pública.

Como pode ser observada na Figura 1, as estações de transferência fazem parte de um processo cíclico contínuo e têm função muito similar à dos depósitos de materiais, exceto que não existe custo de inventário, nem carga unitária numa estação e o fluxo de materiais é reverso, isto é, as matérias-primas são transportadas para as fábricas (pontos de produção), em seguida os produtos escoam para os depósitos (pontos de distribuição) e dos depósitos para os consumidores (produtores de resíduos); os resíduos são removidos dos domicílios para os pontos de transferência (estações de transferência ou estações de transferência e recuperação de materiais) e dos pontos de transferência para os locais de destino final (centrais de tratamento e recuperação de materiais ou aterros sanitários). Se houver reciclagem de resíduos, estes tornar-se-ão matérias-primas para a fabricação de produtos.



**Figura 1.** – Esquema das estações de transferência de resíduos sólidos como um canal de distribuição reverso. (COSTA, 1998, p.36)

Segundo Ballou (1993), a ínfima atenção dedicada aos canais de distribuição reversos explica, em parte, a pouca importância atribuída aos resíduos sólidos como fonte de matéria-prima. Não obstante, verifica-se uma tendência para realizar reciclagem nas estações de transferência mais modernas; logo, a utilização de resíduos como matéria-prima tende a ser mais valorizada.

No gerenciamento moderno de resíduos, de acordo com Diaz et al. (1993), a estação de transferência deve ser um local de processamento inicial, normalmente na forma de separação de componentes potencialmente utilizáveis. Isso é feito com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduo destinado a ser aterrado. Segundo Tchobanoglous et al. (1993), a estação de transferência deve, portanto ser planejada e operada de modo integrado com os outros elementos funcionais do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos (coleta, reciclagem, tratamento, disposição, etc.), mantendo a continuidade do sistema. Vale lembrar que a redução, a reutilização ou recuperação, o tratamento e a reciclagem podem fazer parte de uma estação de transferência.

|   |  |
|---|--|
| Recebido em: 04/10/2004                 | HÓLOS Environment, v.5 n.1, 2005 - P. 40 |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                          |

## 2. HISTÓRICO DE ESTAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Com base nos arquivos da Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro – COMLURB, pode-se constatar que o sistema de transferência de resíduos é bem antigo no Brasil.

As primeiras estações de transferência ou rampas de transbordo (como eram conhecidas) foram construídas na década de 50, no Rio de Janeiro. Eram pequenas rampas nas quais os caminhões de coleta subiam de ré e vazavam seus resíduos diretamente em caminhões maiores ou nos bondes elétricos especiais para transportar o lixo.

Com o aumento das distâncias aos aterros sanitários e com o aparecimento de modernos caminhões compactadores, que transportavam uma quantidade de lixo três vezes maior que os caminhões tipo baú ou prefeitura, era necessário projetar-se estações de transferência cujas carretas transportassem também uma quantidade de lixo pelo menos três vezes superior às carretas utilizadas na época. Construíram-se então as estações de transferência com compactação, cujo sistema se resumia em transferir os resíduos dos caminhões de coleta para carretas de 50 m<sup>3</sup>, através de grandes prensas estacionárias.

Foram construídas na década de 1970, no Rio de Janeiro duas dessas estações: a Estação de Transferência Sul e a Estação de Transferência Norte. O sistema de operação de ambas as estações era o seguinte: os caminhões de coleta tinham acesso à plataforma de descarga por meio de uma rampa. Na plataforma de descarga, existiam dois fossos receptores (*push-pit*) de 90 m<sup>3</sup> de capacidade cada um (9 m<sup>2</sup> de seção por 10 m de comprimento). Os resíduos, depois de descarregados nos fossos, eram empurrados por um sistema de placa hidráulica para os compactadores (cada fosso possuía um compactador) que, por sua vez, compactavam o lixo diretamente nas carretas. Cada carreta de 50 m<sup>3</sup> transportava cerca de 30 t de lixo e possuía um sistema de placa hidráulica (semelhante ao dos fossos) para o vazamento do lixo. Não somente no Rio de Janeiro, mas também em São Paulo, foram construídas estações com compactação: Ponte Pequena e Vergueiro.

Na mesma década, segundo Consultec/Saniplan (1979), em complementação ao Plano de Destino Final de Lixo do Distrito Federal, foram previstas, para a Capital Federal, quatro estações de transferência: duas no Plano Piloto, uma em Sobradinho e a quarta no Gama. Todas as estações seriam do tipo descarga direta. Os anteprojetos das estações eram praticamente iguais, com diferenças apenas na localização. A estação central ficaria localizada em terreno próximo à oficina do Serviço de Limpeza Urbana, no Setor de Garagens Oficiais. Foi dimensionada para receber inicialmente 110 t de resíduos sólidos domiciliares, prevendo-se uma expansão a médio prazo para 220 t/dia. Os resíduos seriam transferidos diretamente para carretas de 30 m<sup>3</sup>. A estação consistia de uma rampa em aterro, pavimentada, a qual daria acesso a um pátio elevado, para descarga dos caminhões de coleta. O pátio superior



|   |  |
|---|--|
| Recebido em: 04/10/2004                 | <i>HOLOS Environment</i> , v.5 n.1, 2005 - P. 41 |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                                  |

seria coberto. Uma balança rodoviária tipo plataforma, uma guarita e um pequeno escritório complementariam o projeto.

Os investimentos necessários às obras civis e à aquisição de equipamentos (prensas, placas e cavalos) do sistema de compactação foram bastante elevados, por isso a equipe técnica da COMLURB, Rio de Janeiro, passou a estudar um projeto de estação para operar com um tipo de carreta que transportasse a mesma quantidade de lixo e cujos investimentos globais fossem inferiores. Chegou-se a um tipo de carreta composta de dois módulos (caixas): a traseira com volume de 40 m<sup>3</sup> e basculamento traseiro e a central com volume de 30 m<sup>3</sup> e basculamento bilateral.

Foram construídas no Rio de Janeiro, as estações de transferência de Bangu e Nova Iguaçu, dentro dessa concepção. O sistema de operação dessas estações era basicamente o seguinte: os caminhões de coleta tinham acesso à plataforma de descarga através de uma rampa. Na plataforma de descarga, os caminhões vazavam os resíduos diretamente nas carretas, através de defletores metálicos cuja função era dirigir o lixo para dentro delas.

As empresas públicas brasileiras responsáveis por estações de transferência buscaram, a partir da década de 1980, a terceirização de suas operações seguindo a tendência de países como os Estados Unidos de acordo com Scozzafava (2004), e a substituição gradativa do sistema com compactação pelo sistema sem compactação, visando a reduzir os custos de manutenção e operação, diferentemente do que vem ocorrendo em países desenvolvidos como relata Carleton (2004).

A partir de meados dos anos 90, para reduzir a formação de filas de espera dos veículos coletores, reduzir custos e melhorar o aspecto estético das estações, tem-se preferido: (1) a utilização de carretas abertas, sem compactação, com capacidade para 21 toneladas de resíduos, por apresentarem menores custos de investimento e manutenção, (2) fossos de acumulação temporária de resíduos e pás mecânicas para auxiliar a transferência, para possibilitar a esse tipo de estação a volta rápida do coletor para o setor de coleta, (3) e unidades semi-enclausuradas para impedir a visibilidade das operações.

Atualmente, conforme levantamento realizado pela autora, estão em funcionamento no Brasil dezesseis estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares, além de seis estações que se encontram desativadas devido, principalmente, à localização e às condições de operação não serem adequadas. Planeja-se reformar uma unidade e construir mais sete. As estações de transferência atuais possuem as seguintes características:

- Estão localizadas em municípios com mais de um milhão de habitantes e nas regiões mais desenvolvidas do país.
- São empreendimentos de médio e grande portes, em contraste com o que vem ocorrendo nos Estados Unidos da América, como relatou Brockway (1995).

|   |  |
|---|--|
| Recebido em: 04/10/2004                 | <i>HOLOS Environment</i> , v.5 n.1, 2005 - P. 42 |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                                  |

- A maioria funciona 24 horas por dia, aproveitando o máximo de tempo disponível para a transferência. No entanto, em zona residencial o horário noturno produz transtorno para a vizinhança.
- Apenas em uma estação de transferência, à distância de transporte (ida e volta) é menor que 40 km, as distâncias de transporte de mais da metade das estações variam de 41 a 80 km e somente em uma estação à distância percorrida pelos veículos de transferência é superior a 81 km.
- O tempo gasto no percurso de ida e volta da estação de transferência ao aterro sanitário, para a maioria das estações, varia entre 60 e 90 min.
- As estações de transferência brasileiras não incorporam a reciclagem ou a recuperação de resíduos à sua operação, não são construções enclausuradas e nem realizam compactação. As estações de transferência que realizam outras operações em suas dependências além da transferência de resíduos, de acordo com King (2003), são chamadas estações de transferência “verdes”, que é a mais forte tendência mundial.
- A capacidade de carga dos veículos de transferência é adequada à capacidade de carga dos coletores empregados, pois a relação número de coletores por veículos de transferência é superior a 1:2. Gerando uma redução no número de veículos, na rota de transporte, na faixa de 55 a 73%.
- Apenas duas estações de transferência executam o manejo dos resíduos ao ar livre, o que é absolutamente inadequado, pois, em períodos de chuvas, há carreamento dos resíduos e formação de chorume, além de os resíduos ficarem saturados de água, ocasionando aumento nos custos de transporte nesses períodos. Todas as estações de transferência enlonam os veículos na própria estação, antes de seguirem viagem para o aterro sanitário, fato que é extremamente positivo.
- Realizam o controle da operação de transferência de resíduos por meio de pesagem dos veículos de coleta e transferência em balanças eletrônicas, o que garante uma qualidade mais apurada das informações sobre o fluxo de carga.

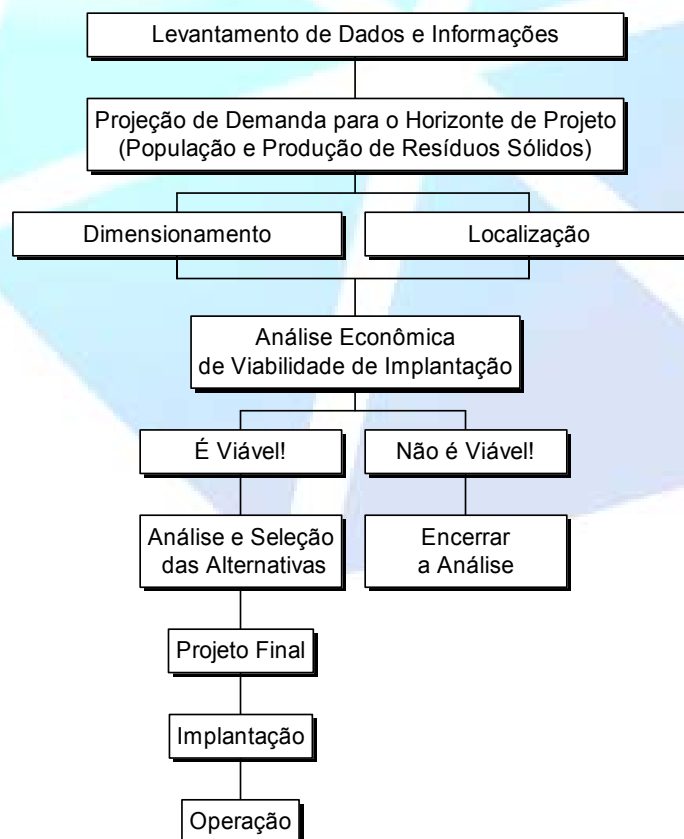
As estações brasileiras de transferência de resíduos sólidos em operação apresentam-se rudimentares e pouco integradas à comunidade, exatamente por não possuírem programas de controle ambiental e mostrarem baixa eficácia, embora desempenhem elevada eficiência operacional.

O sistema de transferência adotado no país evoluiu muito desde a sua implantação. Não obstante, ainda precisa ser aprimorado para tornar-se adequado à realidade dos municípios brasileiros.

### 3. PLANEJAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Aqui, propõem-se procedimentos a serem seguidos na etapa de planejamento, visando a auxiliar na escolha racional de estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares. A Figura 2 traz as etapas da análise de planejamento para uma estação de transferência de resíduos sólidos domiciliares.

A primeira etapa consiste na obtenção de dados e informações gerais que permitam a caracterização da cidade em estudo e a estimativa dos custos de projeto da estação. Coletados todos os dados necessários, eles devem ser analisados e corrigidos os eventuais desvios. Por exemplo, dados como: (a) mapas da cidade; (b) população atual e dos últimos dez anos; (c) densidade demográfica; (d) localização da garagem e dos setores de coleta; (e) localização e capacidade do local de destino dos resíduos; (f) método de destino usado; (g) número de componentes e jornada de trabalho da guarnição; (h) costumes da população; (i) zoneamento, topografia, tipos de calçamento e principais vias da região; (j) horários e frequência das coletas; (k) quantidade, tipo e capacidade dos veículos coletores; (l) distância e tempo gastos na coleta; (m) capacidade máxima de transporte permitida por lei; (n) meios de transporte que poderão ser utilizados; (o) planilha de custos do transporte direto.



**Figura 2.** – Etapas da análise de planejamento para uma estação de transferência de resíduos sólidos domiciliares.

A etapa seguinte é a de previsão de população e de geração de resíduo para o horizonte de projeto (recomenda-se 10 a 20 anos como vida útil para uma estação de transferência). A partir dos dados históricos de população e produção de resíduo dos últimos dez anos, conhece-se a taxa provável de crescimento da população e da produção de resíduo domiciliar, o que permite estimar a capacidade da estação no horizonte de projeto. Recomenda-se que se projete a estação de transferência em módulos, prevendo expansões ao longo de sua vida útil em função do incremento da produção de resíduos.

A terceira etapa é a determinação dos locais mais adequados para implantar a estação de transferência, a qual deve ser realizada em conjunto com a quarta etapa: o dimensionamento das estações.

O estudo de localização de estações de transferência pode ser subdividido nas seguintes etapas:

1. Seleção de critérios, considerando: as restrições ambientais, urbanas e sociais; o uso e a ocupação do solo; a malha viária existente; a área necessária para a instalação; os tempos e as distâncias de remoção dos resíduos; a densidade populacional e a produção de resíduos.
2. Definição da importância relativa de cada critério.
3. Aplicação de algum método ou modelo matemático já consagrado na localização de empreendimentos, de forma a maximizar os benefícios da transferência; melhorar a organização desse serviço; contribuir para o bem estar e conforto da população; facilitar a circulação.
4. Análise das alternativas resultantes.

O dimensionamento de cada estação pode ser realizado utilizando as expressões apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** – Expressões para dimensionar estações de transferência de resíduos sólidos

| Variável                            | Unidade    | Expressão Matemática   | Conceito  |
|-------------------------------------|------------|--|---|
| Tempo total de ciclo ( $t$ )        | min        | $t = tc + tp + td$<br>em que $tc$ é o tempo de carregamento do veículo de transferência, $tp$ é o tempo gasto no percurso (ida e volta) da estação ao destino final dos resíduos e $td$ é o tempo de descarregamento do veículo de transferência. Dados em minutos | É o tempo total gasto por um veículo de transferência para remover os resíduos para o destino final e voltar à estação de transferência |
| Número de viagens por dia ( $Nvd$ ) | Viagem/dia | $Nvd = q/Cvt$<br>em que $q^*$ é a quantidade média de resíduos recebida pela estação (tonelada/dia) e $Cvt$ é a capacidade média de carga do veículo de transferência (tonelada/viagem)  | É a quantidade total de viagens necessárias para remover os resíduos que chegam à estação ao longo de um dia                            |



| Variável  | Unidade                              | Expressão Matemática  | Conceito   |
|---|--------------------------------------|---|--|
| Número de veículos de transferência em operação ( $Nvo$ )   | Veículo de transferência em operação | $Nvo = (Nvd \cdot t)/j$<br>em que $Nvd$ é o número de viagens por dia, $t$ é o tempo de ciclo e $j$ é a jornada de trabalho da estação de transferência, partindo-se do pressuposto de que a jornada de trabalho da estação é a mesma dos veículos de transferência   | É a quantidade de veículos de transferência necessária para remover os resíduos recebidos ao longo de um dia |
| Número de veículos-reserva de transferência ( $Nvr$ )**     | Veículos-reserva de transferência    | $Nvr = 0,10 \cdot Nvo$<br>em que $Nvo$ é o número de veículos de transferência em operação  | É a quantidade de veículos adicionais para substituir reparos e manutenção de veículos em caso de emergência |
| Número total de veículos de transferência ( $Nvt$ )         | Veículos de transferência            | $Nvt = Nvo + Nvr$<br>em que $Nvo$ é o número de veículos em operação e $Nvr$ é o número de veículos reserva   | É o somatório entre o número de veículos em operação e o número de veículos reserva                          |
| Número de viagens por veículo ( $Nvv$ )                     | Viagem/veículo                       | $Nvv = Nvd/Nvo$<br>em que $Nvd$ é o número de viagens por dia e $Nvo$ é o número de veículos de transferência em operação   | É a quantidade máxima de viagens que um veículo de transferência poderá realizar                             |
| Capacidade de estocagem ( $Ce$ )                            | t                                    | $Ce = (Nf \cdot Cf) + (Nvt \cdot Cv) + (Nc \cdot Cc)$<br>em que $Nf$ é o número de fossos de acumulação de resíduos, $Cf$ é a capacidade de armazenamento do fosso em tonelada, $Nvt$ é o número de veículos de transferência, $Cv$ é a capacidade de carga do veículo de transferência em tonelada. Caso haja sistema de compactação, adiciona-se o produto entre $Nc$ , que é o número de compactadores, e $Cc$ , que é a capacidade de acumulação de carga no compactador em tonelada*** | É a quantidade de resíduo que a estação de transferência pode armazenar                                      |
| Capacidade operacional da estação de transferência ( $Co$ ) | t/dia                                | $Co = Ct + Ce$<br>em que $Ct$ é a capacidade média de transferência da estação (tonelada/dia) e $Ce$ é a capacidade de estocagem (tonelada/dia)   | É a quantidade de toneladas que a estação de transferência pode manipular                                    |
| Número de sistemas ( $Ns$ )                                 | Sistemas de transferência            | $Ns = q/Co$<br>em que $q$ é a quantidade média de resíduos recebida pela estação (tonelada/dia) e $Co$ é a capacidade operacional da estação de transferência (tonelada/dia)  | É a quantidade de sistemas de transferência necessários  |

#### Observações referentes à Tabela 1:

\*Phillipi Jr. (1979) considera  $q$  como sendo a quantidade média de resíduos recebida pela estação, acrescida de uma sobrecarga de 10%. É fundamental conhecer não somente a quantidade diária média e de pico a ser recebida pela estação, como também a quantidade horária de pico. A estação tem de ser capaz de transferir ou armazenar os resíduos que chegam no horário de pico. No entanto, projetar uma estação para esse volume de pico pode se tornar muito caro. Então, para contornar

|   |  |
|---|--|
| Recebido em: 04/10/2004                 | <i>HOLOS Environment</i> , v.5 n.1, 2005 - P. 46 |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                                  |

essa situação, o ideal é que o fluxo de veículos coletores que chegam à estação seja ajustado e distribuído ao longo de todo o dia, reduzindo assim os picos de carga, o que na prática nem sempre é viável. A análise dos períodos de pico de carga é importante também para evitar a formação de filas dos coletores e tempo de espera muito longo. Para Brockway (1997), o comprimento de fila e o tempo de espera é estimado, geralmente, assumindo a teoria convencional de filas e a distribuição de Poisson, válidos para os veículos coletores que chegam à estação de transferência.

**\*\***De acordo com Schaper (1986), deve-se considerar o número de veículos de transferência reserva igual a 10% do número de veículos de transferência em operação.

**\*\*\***No dimensionamento dos fossos de acumulação de resíduos, Jardim e Wells (1995) lembram que os resíduos podem sofrer, após serem descarregados pelos coletores compactadores, um aumento de volume de 20 a 25 %. Brockway (1997) recomenda que, nos locais em que o nível do lençol freático está próximo à superfície, o fosso ou o pátio de descarga de resíduos seja construído 4 a 6 m acima do nível do solo.

É importante salientar que uma estação de transferência terá um aproveitamento total do investimento realizado, se render o máximo de sua capacidade, ou seja, se seus equipamentos funcionarem na máxima capacidade efetiva. O que equivale dizer que a estação só terá um aproveitamento máximo de sua capacidade se funcionar 24 horas por dia.

Em estações de transferência do tipo descarga direta, a rampa de transbordo deve ser de material que evite derrapagens e deve ter uma inclinação de até 10 %, segundo Phillipi Jr. (1979), terminando na parte superior em uma plataforma horizontal para nivelar os coletores antes da descarga de resíduos.

Na etapa de dimensionamento é importante levar em conta:

- O tipo de resíduo que chegará à estação. Características como: peso específico, umidade, composição física e compressibilidade devem ser analisadas para escolher os equipamentos e os veículos de transferência adequados.
- A quantidade dos resíduos que chegará à estação ao longo do dia, o tempo gasto no percurso de ida e volta da estação ao destino final e as condições de tráfego da região influenciam na quantidade e no tipo de veículo de transferência e, também, na formação de filas para os veículos coletores.
- O tipo de equipamento de coleta. O tempo de descarga dos coletores influencia no dimensionamento das frentes de carregamento dos veículos de transferência, por exemplo: coletores com descarga rápida de resíduos aumentam a rotatividade nas frentes de carregamento.
- O método de destino final dos resíduos influi na escolha do processo de descarga dos veículos de transferência e da realização de outras operações na estação, além da transferência propriamente dita.

- A topografia do local escolhido. Terrenos acidentados facilitam a construção de rampas, já que uma estação normalmente tem dois níveis de operação.
- O tipo de vizinhança da estação influenciará no projeto arquitetônico e no controle de poluição que deverá ser providenciado.
- A economicidade do sistema, pois a maior parcela do custo do transporte indireto é o custo da estação de transferência.

A última etapa é a análise econômica de viabilidade de implantação de estações de transferência para cada unidade determinada nas etapas anteriores. Portanto, o anteprojeto e a localização de cada unidade potencial já devem estar devidamente elaborados.

Nesta etapa, dever-se-á comparar os custos do transporte direto com os custos do transporte indireto, determinando o ponto de equilíbrio entre os dois sistemas. Dever-se-á também verificar a viabilidade financeira do empreendimento, ou seja, verificar se o município é capaz de arcar (por meio de financiamentos ou recursos próprios) com os custos do período de transição, período em que o transporte direto estará sendo executado, a estação estará sendo construída, os equipamentos e os veículos de transferência estarão sendo adquiridos, tudo isso ocorrendo concomitantemente.

Se for constatada a inviabilidade econômica do empreendimento, encerra-se a análise. Caso contrário, os resultados deverão ser analisados no que se refere a gastos de capital, interferências no sistema de coleta e transporte, disponibilidade de locais adequados, restrições urbanas e ambientais e, também, custos operacionais. Só então serão selecionadas as alternativas que se mostrarem viáveis economicamente e compatíveis com a realidade local.

Após todo esse processo descrito anteriormente, dever-se-á elaborar o projeto final e executar as etapas de implantação e operação das unidades de transferência determinadas pela análise realizada.

Uma vez a estação de transferência estando em pleno funcionamento, poder-se-á utilizar os indicadores propostos pela autora apresentados nas Tabelas 2 e 3 para avaliar a produtividade, a eficiência operacional, a qualidade e a segurança da operação na estação. Esses indicadores e seus conceitos e intervalos foram elaborados com base em revisão de literatura, pesquisas de campo e questionários recebidos de municípios brasileiros.

**Tabela 2.** – Indicadores de produtividade e eficiência operacional.

| Indicador                             | Unidade | Expressão Matemática | Conceito e Intervalo   |
|---------------------------------------|---------|----------------------|--|
| Disposição dos componentes da estação | -       | -                    | Adequada: há proximidade dos componentes da estação, respeitando a seqüência do fluxo de carga;<br>Inadequada: quando os componentes da estação não são dispostos de acordo com o fluxo de carga |

|   |                     |   |   |
|---|---------------------|---|---|
| Tempo de permanência de resíduo no fosso  | h                   | -   | Adequado: menor que 2 horas;<br>Inadequado: superior a 2 horas  |
| Grau de utilização da estação de transferência (EU)   | -                   | $EU = Ct/Cn$<br>em que $Ct$ é a quantidade total de resíduo transferida por dia (t/dia) e $Cn$ é a capacidade nominal da estação em t/dia   | Utilização adequada: 0,90 a 1,00;<br>Boa utilização: 0,80 a 0,90;<br>Estação sub-utilizada: menor que 0,80  |
| Grau de utilização das carretas de transferência quanto a carga transferida (Ucc)             | -                   | $Ucc = Cvt/Cnv = Ct/(Nvd.Cnv)$<br>em que $Cvt$ é a carga média transportada por carreta em tonelada, $Cnv$ é a capacidade nominal da carreta de transferência em tonelada, $Ct$ é a quantidade total de resíduo transportada por dia (t/dia) e $Nvd$ é o número total de viagens da estação ao destino final dos resíduos | Utilização adequada: maior que 0,90 da capacidade de carga das veículos de transferência;<br>Boa utilização: 0,80 a 0,90;<br>Baixa utilização: menor que 0,80 |
| Grau de utilização das carretas de transferência quanto a quilometragem rodada (Ucq)          | -                   | $Ucq = Nvd.d/(Nvo.de)$<br>em que $Nvd$ é o número de viagens, $d$ é a distância de transporte em km, $Nvo$ é o número de veículos de transferência utilizados por dia e $de$ é a quilometragem média diária especificada pelos fabricantes dos veículos de transferência  | Utilização elevada: superior a 1,00; Utilização adequada: 0,90 a 1,00;<br>Baixa utilização: menor que 0,90  |
| Grau de utilização do fosso de acumulação temporária ou do pátio de descarga de resíduos (UF) | -                   | $UF = Nf.Cf/Ct$<br>em que $Nf$ é o número de fossos ou pátios, $Cf$ é a capacidade do fosso ou pátio em tonelada e $Ct$ é a quantidade de resíduos transferida pela estação em t/dia  | Adequado: 2/3;<br>Subdimensionado: menor que 2/3; Superdimensionado: superior a 2/3   |
| Grau de utilização da mão-de-obra (UMDO)  | -                   | $UMDO = MDOd/MDOi$<br>em que $MDOd$ é a quantidade de mão-de-obra direta e $MDOi$ é a quantidade de mão-de-obra indireta  | Adequada: 0,10; Insuficiente: menor que 0,10;<br>Excesso de mão-de-obra indireta: maior que 0,10  |
| Grau de mecanização da estação (M)  | MDO/t/d             | $M = MDOd/Ct$<br>em que $MDOd$ é a quantidade de mão-de-obra direta total e $Ct$ é a quantidade de resíduo transferida em tonelada  | Muito mecanizada: menor que 0,02 MDO/t/dia;<br>Mecanizada: 0,02 a 0,04 MDO/t/dia;<br>Pouco mecanizada: maior que 0,04 MDO/t/dia                               |
| Dimensão da estação (D)   | m <sup>2</sup> /t/d | $D = A/Ct$<br>em que $A$ é a área total da estação em m <sup>2</sup> e $Ct$ é a quantidade de resíduo transferida em t/dia  | Tamanho adequado: 6 m <sup>2</sup> /t/dia;<br>Compacta: menor que 6 m <sup>2</sup> /t/dia;<br>Ampla: maior que 6 m <sup>2</sup> /t/dia                        |
| Velocidade média de transporte (V)  | Km/h                | $V = d/t$<br>em que $d$ é a distância de transporte em km e $t$ é o tempo total de viagem em hora   | Adequada: 30 a 60 km/h;<br>Elevada: maior que 60 km/h;<br>Baixa: menor que 30 km/h  |
| Quantidade de coletores necessários para carregar uma carreta (VC/C)                          | -                   | $VC/C = Cv/Cvc$<br>em que $Cv$ é a capacidade do veículo de transferência e $Cvc$ é a capacidade do coletor   | Adequado: maior que 1:2;<br>Inadequado: menor que 1:2   |



**Tabela 3.** – Indicadores de qualidade e segurança.

| <b>Indicador</b>                                 | <b>Unidade</b> | <b>Conceito e Intervalo</b>   |
|--|----------------|---|
| Localização da estação                           | -              | Adequada: zona industrial ou agrícola;<br>Inadequada: zona residencial ou comercial   |
| Idade da frota de carretas                       | ano            | Adequada: menor que 5 anos;<br>Inadequada: superior a 5 anos  |
| Tipo de manutenção realizada                     | -              | Adequada: há manutenção preventiva, corretiva e emergencial;<br>Inadequada: ausência de manutenção preventiva   |
| Sistema de pesagem                               | -              | Ótimo: há balança eletrônica;<br>Adequado: há algum tipo de balança;<br>Inadequado: não existe balança  |
| Programa de treinamento permanente dos operários | -              | Adequado: há treinamento permanente;<br>Inadequado: não há treinamento permanente   |
| Frequência de limpeza da estação                 | -              | Adequada: diária;<br>Inadequada: ocasional  |
| Frequência de limpeza das carretas               | -              | Adequada: diária;<br>Inadequada: ocasional  |
| Frequência de limpeza do fosso                   | -              | Adequada: diária;<br>Inadequada: ocasional  |
| Controle de poluição                             | -              | Adequado: utilização de equipamentos próprios para mitigar a poluição gerada;<br>Inadequado: não há medidas preventivas e mitigadoras contra os impactos negativos da estação |
| Enlonação das carretas                           | -              | Adequado: utilização de lonas plásticas ou telas após carregamento;<br>Inadequado: o não enlonação das carretas antes de partirem para o aterro sanitário                     |
| Utilização de equipamentos de segurança          | -              | Adequada: utilização constante de equipamentos de segurança por todos os operários;<br>Inadequada: não utilização ou utilização parcial de equipamentos de segurança          |
| Outras operações dentro da estação               | -              | Alta utilidade: existência de trituração, triagem, enfardamento, etc.;<br>Adequada: somente a operação de transferência   |
| Terreno murado                                   | -              | Adequado: há muros altos ou cercas;<br>Inadequado: muros ou cercas que não impeçam sua transposição   |
| Áreas verdes ao redor da estação                 | -              | Adequado: se promover isolamento da estação;<br>Inadequado: se não isolar e melhorar a estética da estação  |
| Horário de funcionamento da estação              | h              | Adequado: de 6 às 22 horas;<br>Inadequado: de 22 às 6 horas   |
| Tipos de via de transporte                       | -              | Adequado: vias expressas e preferenciais;<br>Inadequado: vias secundárias e locais  |

A idéia de propor esses conceitos e intervalos é na verdade para proporcionar uma reflexão sobre as condições operacionais das estações de transferência e assim melhorar o desempenho das mesmas.

|   |  |
|---|--|
| Recebido em: 04/10/2004                 | HOLOS Environment, v.5 n.1, 2005 - P. 50 |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                          |

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira vista, pode parecer que o Brasil está marchando na contramão do desenvolvimento tecnológico da transferência de resíduos sólidos, pois em países desenvolvidos como os EUA e a Inglaterra buscam-se intensificar a utilização de sistemas de transferência com compactação, enquanto no Brasil o contrário vem ocorrendo: as estações que possuíam sistemas com compactação foram remodeladas para funcionarem sem compactação. Contudo, se olharmos mais atentamente para a questão, constataremos, na verdade, que o Brasil está buscando sua própria identidade, desvinculando-se assim do que é considerado apropriado pelos países desenvolvidos e procurando o tipo de estação mais adequado para a sua realidade. Ou seja, embora o Brasil não tenha desenvolvido uma tecnologia própria, o governo brasileiro utiliza-se da tecnologia e da experiência estrangeira para alcançar suas próprias metas, não sendo um mero imitador; o que é extremamente positivo, pois se economiza tempo e dinheiro, além de demonstrar que o conceito de estação de transferência deve ser específico para cada localidade. No entanto, esse conceito deve respeitar o meio-ambiente e os costumes da sociedade, não se esquecendo de atender aos requisitos técnicos. Mas, por falta de investimentos substanciais no setor, as mudanças vêm ocorrendo de maneira lenta e gradativa.

Tendo como objetivo de provocar uma reflexão sobre as tecnologias hoje empregadas e a adoção de alternativas compatíveis com as condições nacionais e peculiaridades regionais, foram propostos procedimentos que auxiliem no planejamento de estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares e, também, indicadores de produtividade, eficiência operacional, qualidade e segurança que auxiliem na avaliação do desempenho destas estações. No entanto, os conceitos e intervalos dos indicadores propostos precisam ser aperfeiçoados através de novas pesquisas e da experiência dos técnicos que trabalham em estações de transferência.

A prática na utilização desses indicadores poderá levar ao aperfeiçoamento dos conceitos e intervalos propostos, além de gerar parâmetros de projeto e controle de estações de transferência.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação, Rio de Janeiro, 1987.

AGUIAR, E.M. **Racionalização da operação de sistemas de coleta e transporte de resíduos sólidos domiciliares para cidades de pequeno e médio porte**. 1993.216f. Tese Doutorado em Engenharia de Transportes - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BALLOU, R.H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1993.

|   |   |
|---|---|
| Recebido em: 04/10/2004                 | <i>HOLOS Environment, v.5 n.1, 2005 - P. 51</i> |
| Liberado para Publicação em: 30/09/2005 | ISSN: 1519-8634                                 |

BROCKWAY, R.C. Small transfer stations prove large in purpose. **World Wastes**, Atlanta, v. 38, n. 4, Apr., p. 62-6, 1995.

\_\_\_\_\_. Critical factors to consider when designing a transfer station. **Waste Age**, Atlanta, abr., p. 78-89, 1997.

CARLETON, M. Building consensus. **Waste age**, Atlanta, v. 35, n. 2, p. 56-63, fev., 2004.

CONSULTEC/SANIPLAN. **Plano de Destino Final de Lixo do Distrito Federal**. Brasília, 1979. Relatório Técnico.

COSTA, H.S. **Aspectos operacionais das estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares no Brasil**. 1998.204f. Dissertação Mestrado em Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

DIAZ, L.F.; SAVAGE, G.M.; EGGERTH, L.L.; GOLUEKE, C.G. **Composting and recycling municipal solid waste**. New York, Lewis. 1993. cap. 2, p. 7-31 (Storage and Collection).

JARDIM, N.S.; WELLS, C. (Coord.). **Lixo Municipal - Manual de gerenciamento integrado**. São Paulo, IPT/CEMPRE, 1995.

KING, R. It's easier to be green. **Waste age**, Atlanta, v. 34, n. 11, p. 38-10, nov., 2003.

PHILLIPI Jr., A. (Coord.). **Estação de transferência**. São Paulo, 1979. Trabalho apresentado à disciplina HSA-912 Fundamentos de Controle da Poluição do Meio I da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

SCHAPER, L.T. Transfer of municipal solid waste. In: ROBINSON, W.D. (Editor). **The solid waste handbook - a practical guide**. New York: John Wiley, 1986 cap. 9, p. 195-214.

SCOZZAFAVA, L. The American City & county. **Waste age**, Atlanta, v. 119, n. 2, p. 34-37, Fev., 2004.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S.A. **Integrated Solid Waste Management: engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill, 1993.