



PHA3556 - Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos

Aula 2: Coleta, Transporte e Estações de Transbordo de
Resíduos Sólidos.

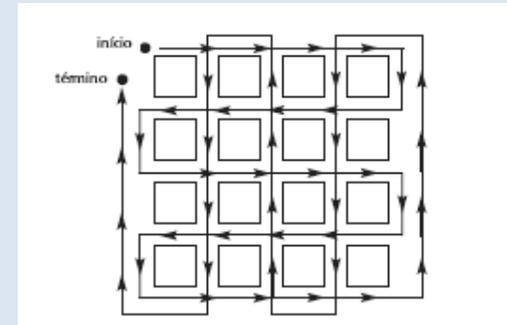
Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

Coleta de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Deve ser efetuada de forma regular;
- O intervalo de tempo entre a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua coleta, no Brasil, não deve ser superior a uma semana;
- O dimensionamento da frota de veículos de coleta de RSU e seu itinerário é um problema de logística (logística Reversa):

- Problema do carteiro chinês;
 - Passar por todas as ruas com percurso mínimo.
 - Ex: Coleta de RSU, recicláveis porta a porta, etc.



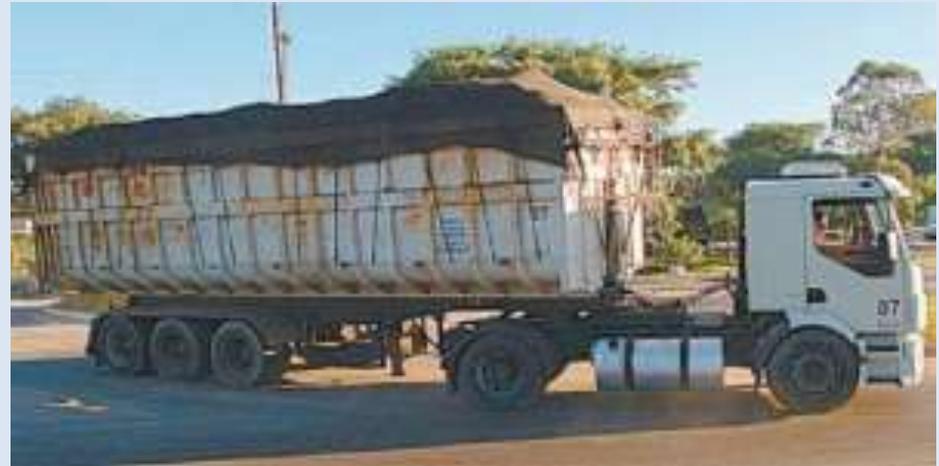
- Problema do caixeiro viajante.
 - Passar por todos os pontos com percurso mínimo.
 - Ex: Coleta de RSS, recicláveis em ecopontos, etc.



Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Veículos para Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos:



Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Veículos para Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos:



Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

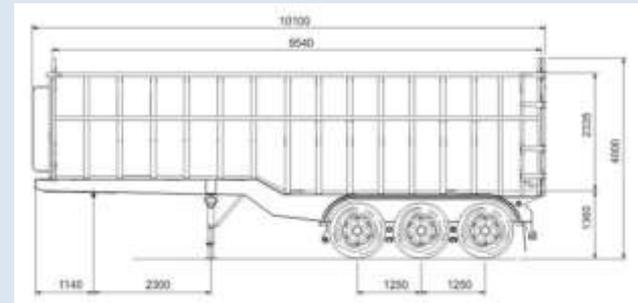
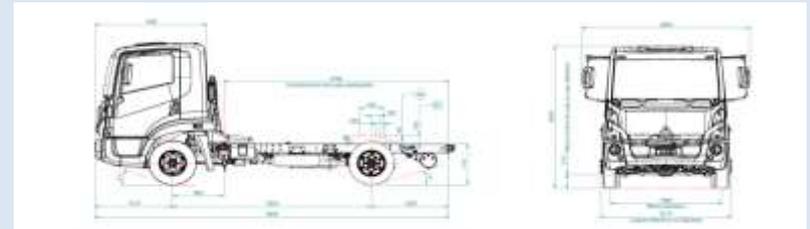
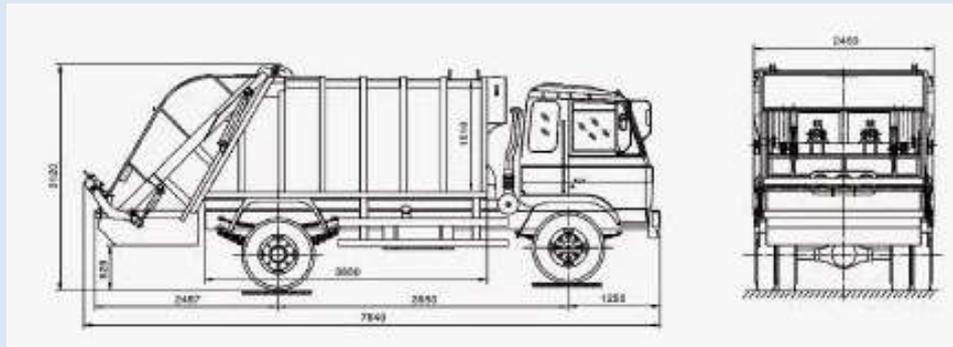
- Veículos para Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos:



Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Veículos para Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos:
 - No projeto de sistemas de coleta, transporte e transbordo de resíduos sólidos é muito importante se conhecer as **capacidades** e as **dimensões** dos veículos, máquinas e equipamentos a serem utilizados, pois isto interfere no projeto viário, acessos, circulações, balanças e terminais de carga e descarga (consultar catálogos de fabricantes).

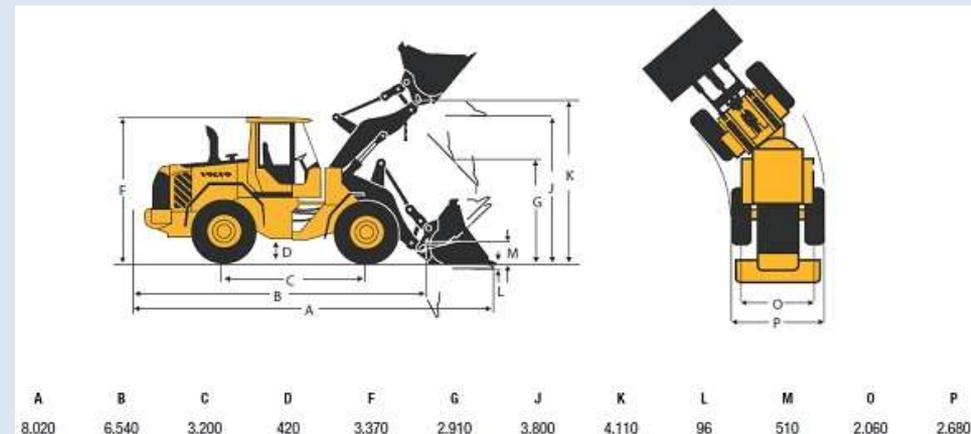
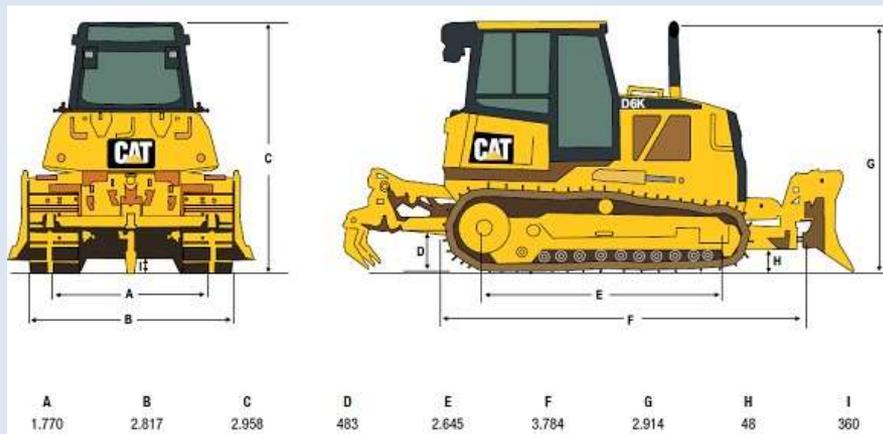


Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

• Veículos para Manejo e Carga de Resíduos Sólidos:

- As **dimensões** das máquinas e equipamentos também são importantes na determinação das dimensões das instalações, acessos e áreas de circulação necessárias, além do pé-direito das edificações por onde elas podem operar ou circular.



Pesagem de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- A massa específica dos resíduos sólidos pode variar muito dependendo da tipo, natureza e estado do resíduo.
- Alguns resíduos podem ser compactados e outros não. E alguns só devem ser compactados depois de passarem por algum processo de separação.
- Independente do grau de compactação, a massa do resíduo tende a permanecer a mesma (desde que não ocorram perdas), assim a pesagem é a melhor forma de se medir a quantidade de resíduo gerada ou recebida.
- Todo sistema de tratamento, processamento, reciclagem, disposição, etc. deve possuir **balanças** em suas instalações para pesagem dos resíduos.

Pesagem de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

• Balanças para Pesagem de Veículos:

DIMENSÕES E CAPACIDADES

Para atendimento à frota rodoviária, dispomos das seguintes dimensões e capacidades de balanças:

Dimensões	Capacidades	Divisão
10 m - 13 m		
4 m x 3 m	60.000 kg	10 kg
9 m x 3 m	34.000 kg	10 kg
11 m x 3 m	50.000 kg	10 kg

Dimensões	Capacidades	Divisão
14 m - 18,15 m		
18 m x 3 m	60.000 kg	10 kg
19 m x 3 m	80.000 kg	
18 m x 3 m	100.000 kg	Dual Range
19 m x 3 m		10/20 kg*

Dimensões	Capacidades	Divisão
19,80 m		
19,80 m - 25 m		
21 m x 3 m	80.000 kg	10 kg
	100.000 kg	Dual Range
		10/20 kg*
24 m x 3 m	100.000 kg	Dual Range
25 m x 3 m		10/20 kg*
25 m x 3,20 m	100.000 kg	Dual Range
	120.000 kg	10/20 kg*

Dimensões	Capacidades	Divisão
27 m - 30 m		
30 m x 3 m	100.000 kg	Dual Range*
30 m x 3,20 m	120.000 kg	10/20 kg
36 m x 3,20 m	120.000 kg	Dual Range*
	160.000 kg	10/20 kg
42 m x 3,20 m	160.000 kg	Dual Range*
50 m x 3,20 m	200.000 kg	10/20 kg
60 m x 3,20 m**		20/50 kg

* Dual Range: divisão de 10 kg para pesagens até 80 t e divisão de 20 kg para pesagens acima de 80 t.

** Duas balanças de 30 m x 3,20 m em série.

Fonte: <http://www.toledobrasilcom.br>

Modelos	Embutida		Semi-embutida		Sobrepiso	
	Largura		Largura		Largura	
Comprimento	3 m		3 m		3 m	
	3,2 m		3,2 m		3,2 m	
	9 m	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	40 t x 5 kg	
	18 m	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	60 t x 10 kg	
	18 m	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	80 t x 10 kg	
	21 m		80 t x 10 kg			
	21 m		100 t x 20 kg			
	25 m		100 t x 20 kg			
	25 m		120 t x 20 kg			
	30 m		100 t x 20 kg			
	30 m		120 t x 20 kg			
	30 m		160 t x 20 kg			

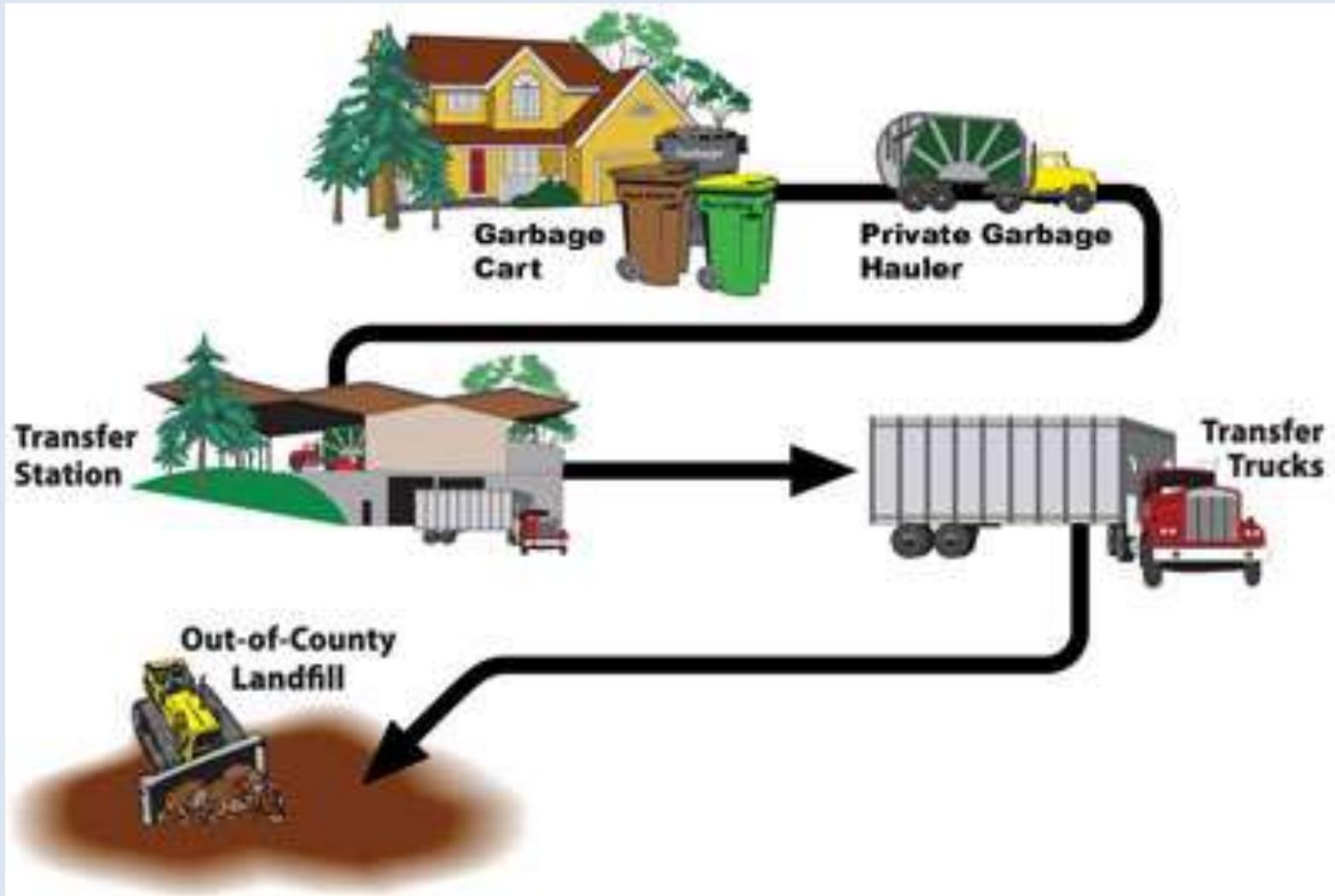
Projetos disponíveis
 Projetos sob consulta

Fonte: <http://www.filizola.com.br>

- Definidas as dimensões e a carga máxima dos veículos de coleta e transporte, a balança mais adequada pode ser selecionadas consultando-se os fabricantes ou seus catálogos.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera



Fonte: http://www.uvlsrc.org/project/Sullivan_County_Regional_Transfer_Station_Assessment_38/

Estação de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- Definição:

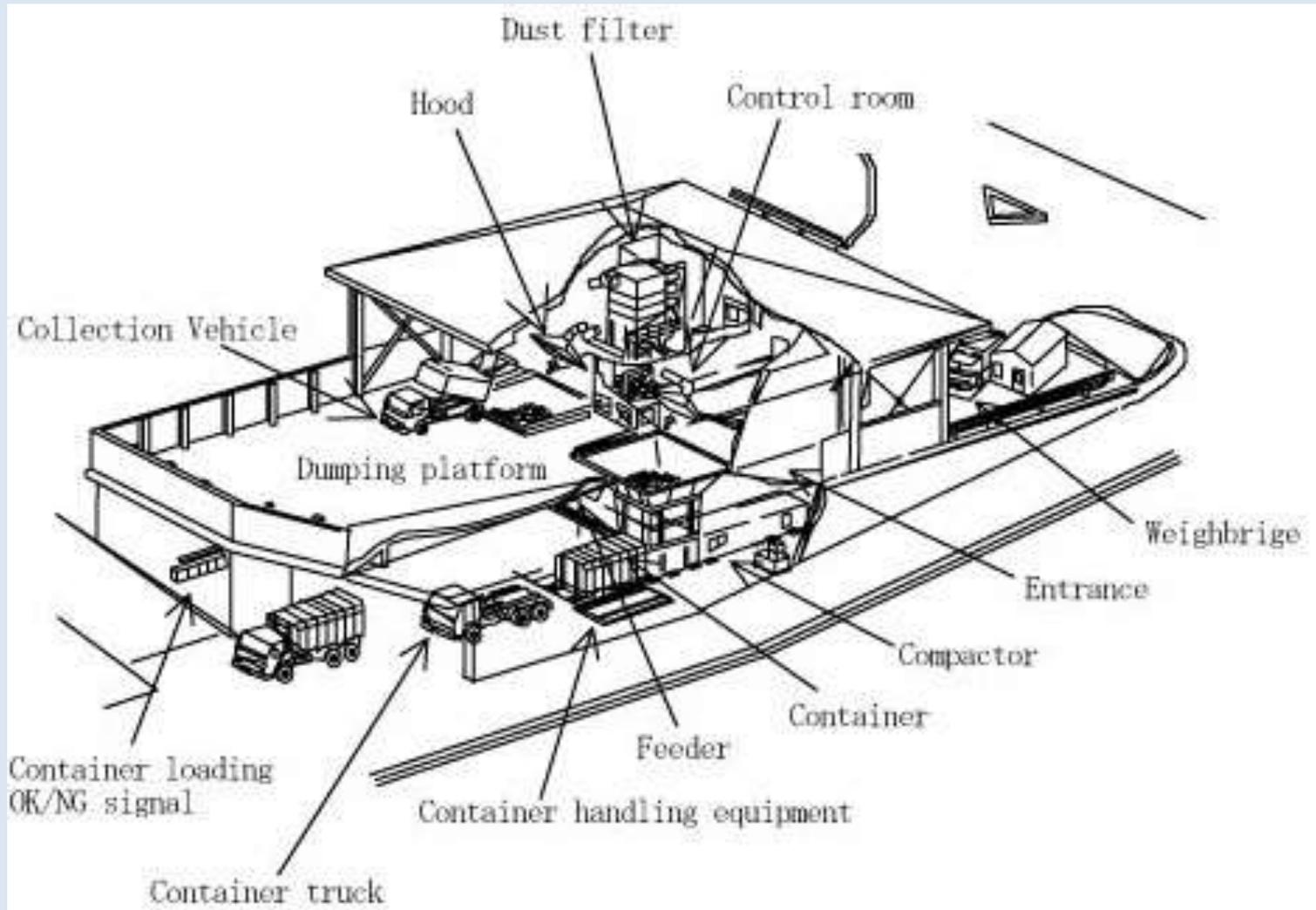
- Local projetado a partir de critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais em área selecionada, com o objetivo de receber os resíduos provenientes da coleta regular, proporcionando acúmulo momentâneo (de alguns minutos ou até dias) visando a transferência dos resíduos para veículos de maior capacidade, com ou sem processos intermediários de separação, enfardamento, trituração ou compactação, proporcionando economia de recursos e melhora de desempenho do sistema de coleta e transporte de resíduos até a destinação final;
- Podem operar em local aberto, ou dentro de um edifício fechado visando-se reduzir problemas associados a barulho, odores, poeira, arraste de materiais, atração de roedores, aves, insetos, etc..



Estação de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Esquema Geral:

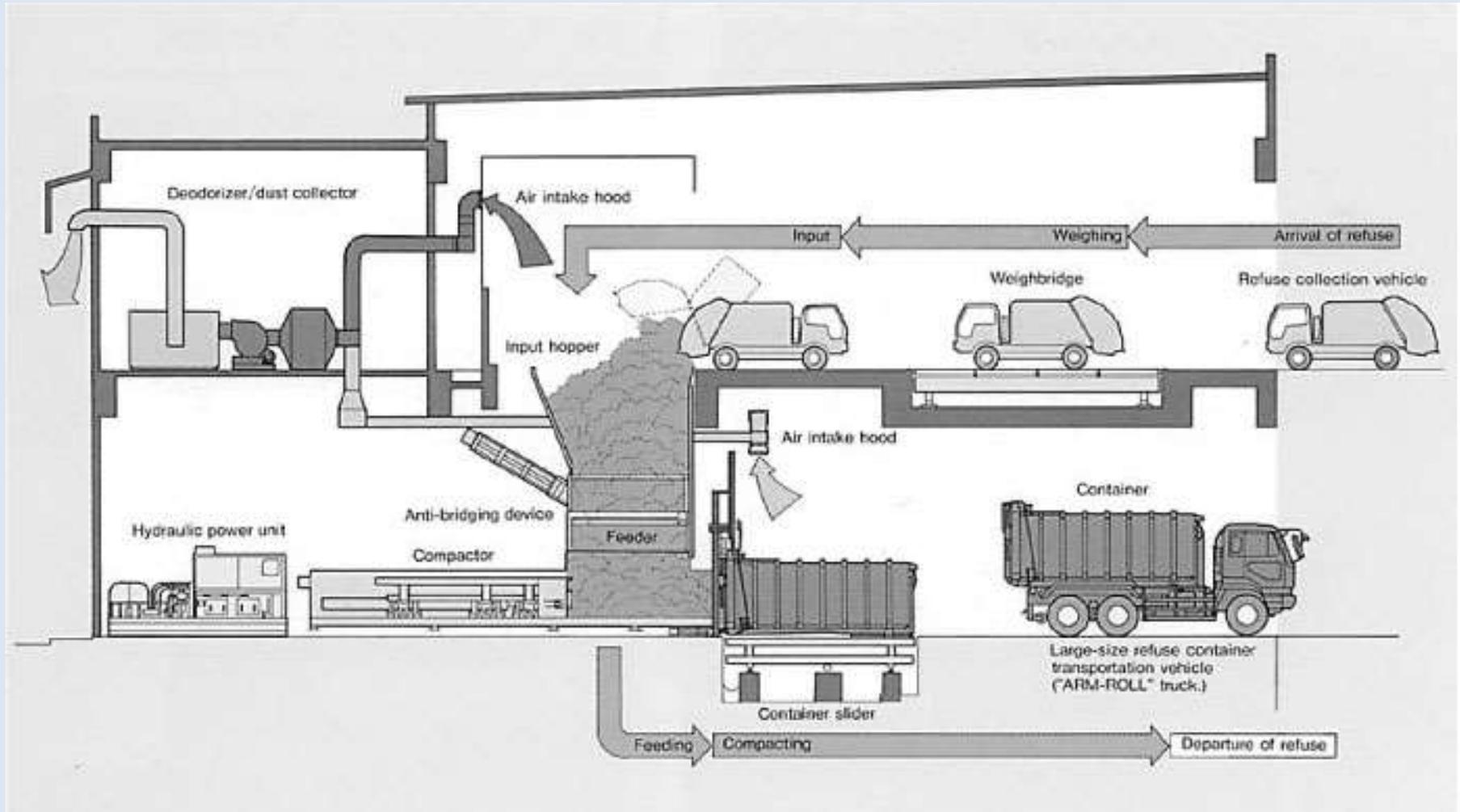


Fonte: [http://jherrerოსdc.typepad.com/jhsdc/page/2/](http://jherrerোসdc.typepad.com/jhsdc/page/2/)

Estação de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Esquema Geral:



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Viabilidade:

- Viáveis para municípios de médio ou grande porte, ou com destinação final muito distante;

- Vantagens:

- Evitam atrasos nos roteiros de coleta;
- Diminuem o tempo improdutivo da guarnição (equipe) de trabalhadores (garis);
- Diminuem o custo de transporte;
- Aumentam a produtividade dos caminhões de coleta;
- Colaboram evitando trânsito em vias principais (menos veículos circulando);
- Redução da frente de operação em aterros sanitários.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

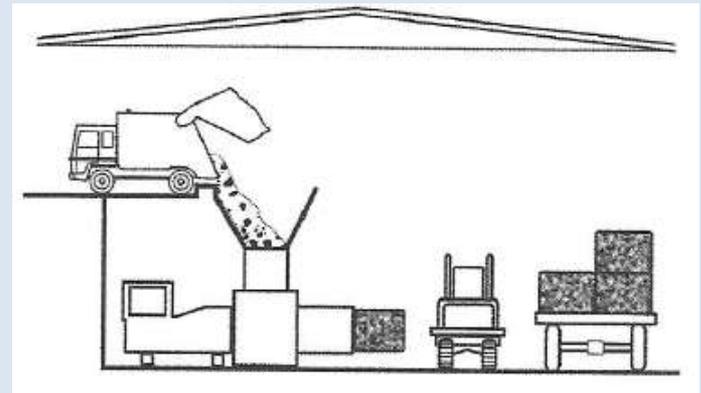
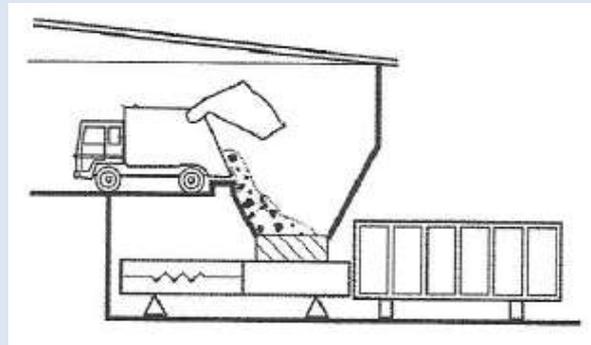
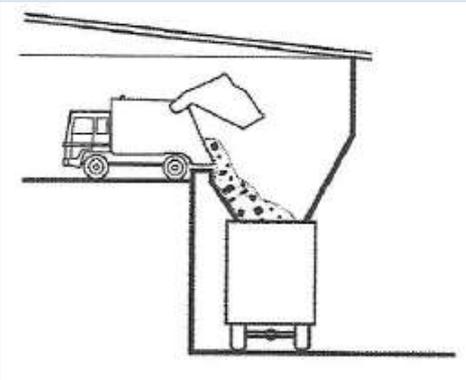
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Tipos de Estações de Transbordo de RSU:
 - 1) Descarga direta em funil sem acúmulo (estocagem);
 - Com compactação;
 - Sem compactação;
 - 2) Descarga em pátio com ou sem acúmulo (estocagem);
 - Com compactação;
 - Sem compactação;
 - 3) Descarga em fosso com acúmulo (estocagem);
 - Com compactação;
 - Sem compactação;
 - 4) Combinação das anteriores;
 - 5) Qualquer uma das anteriores, associada a sistemas de separação, triagem ou tratamento.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Descarga direta em funis sem acúmulo:
 - Conceito apropriado para estações de pequeno e grande porte.
 - Exige poucos equipamentos.
 - Este tipo de estação é concebido em **dois níveis** → os veículos de coleta chegam cheios pelo **piso superior** e descarregam os resíduos diretamente em funis sobre reboques/carretas estacionadas em um **piso inferior**.
 - Não é recomendável quando se pretende separar resíduos para reciclagem → descarga feita diretamente na carreta de transbordo não permitindo separação.



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

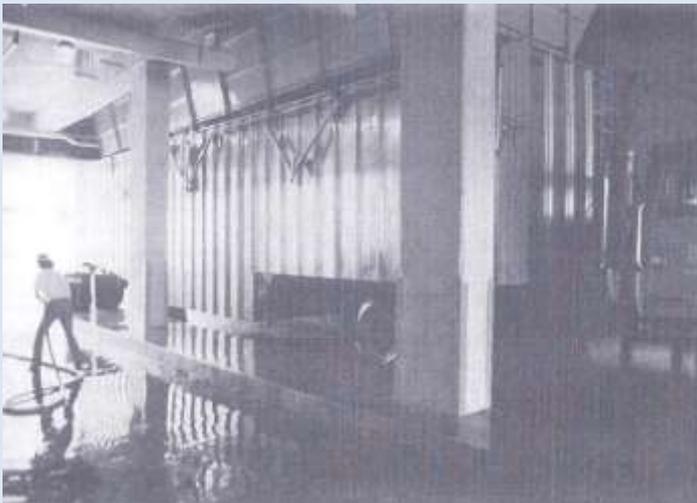
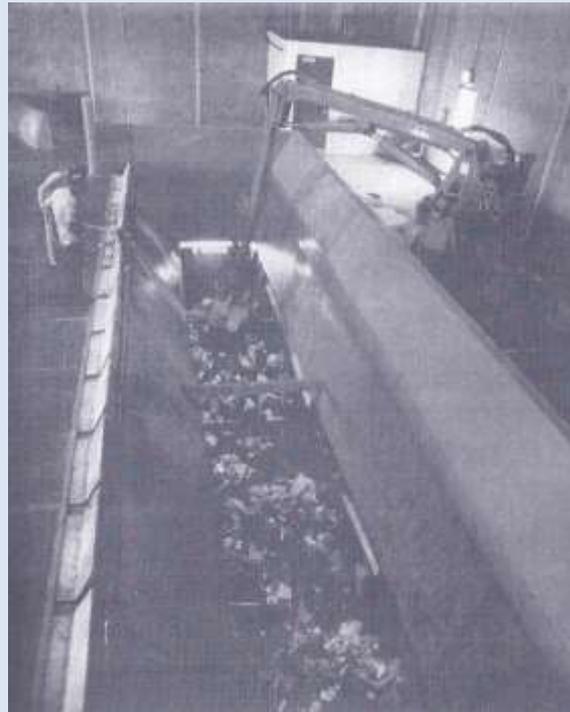
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- 1) Descarga direta em funis sem acúmulo:
 - Exige planejamento → as carretas devem receber os resíduos assim que o veículo de coleta chegar na estação para descarga.
 - Caso as carretas atrasem no trajeto → prever carretas adicionais, manobradas por tratores que receberão os resíduos, enquanto as outras estiverem em trânsito.
 - A **capacidade** da estação é definida pelo **número de funis** de descarga, e a capacidade do funil depende:
 - da carga do veículo de coleta;
 - do tempo de descarga;
 - do número de descargas simultâneas no mesmo funil e
 - da capacidade da carreta de transbordo.
 - Equipamentos com garra (clamshell) estacionárias são normalmente utilizados para distribuir os resíduos no interior das carretas, nivelando a carga.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 1) Descarga direta em funis sem acúmulo:



Fonte: Lund (2001)

Fonte: Tchobanoglous (1993)

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- 2) Descarga em pátio (piso), com ou sem acúmulo:
 - Custo de construção maior em relação às de descarga direta, devido à área requerida para se estocar os resíduos.
 - Pátio projetado para acúmulo de resíduos → para atender picos diários de chegada dos veículos coletores ou para estocagem de resíduos por um período de no máximo 3 dias (devido aos resíduos putrescíveis).
 - Pátio de estocagem sem cobertura → mais barato para se executar → problemas de operação na chuva tais como drenagem de líquidos, aumento da umidade e massa dos resíduos, dificuldades de operação de máquinas e caminhões (frenagem), atração insetos e aves, liberação de maus odores, poeira, arraste de materiais leves pelo vento, barulho, etc..
 - Pátio de estocagem coberto → estrutura grande e cara.
 - Possibilidade de separação de materiais para reciclagem.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

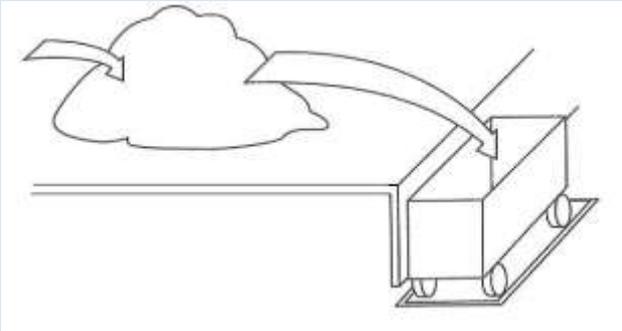
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- 2) Descarga em pátio (piso), com ou sem acúmulo:
 - Custos de operação maiores em relação às de descarga direta.
 - Movimentação, acomodação dos resíduos no piso e carregamento das carretas de transbordo → **Pá-carregadeiras** com pneus de borracha.
 - Desgaste do piso → utilizar concreto de elevada resistência no topo (2,5 a 5,0 cm de espessura com fibras de aço por ex.) e proteções de borracha na base e nas lâminas das caçambas.
 - O pé-direito (livre) do pátio → alturas máximas alcançadas pelas caçambas dos veículos de carga (prever folga adequada).
 - Vantagem deste tipo de estação → capacidade de recepção contínua de resíduos nos horários de pico (acúmulo), sem necessidade de carretas adicionais em espera para carga.
 - Escolha desta alternativa em relação à descarga direta → se o custo do pátio for menor que o de carretas adicionais.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 2) Descarga em pátio (piso), com ou sem acúmulo:



Fonte: Tchobanoglous (1993)

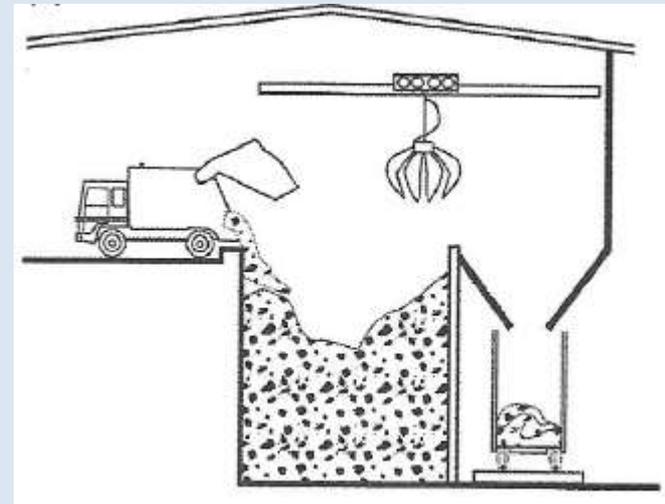
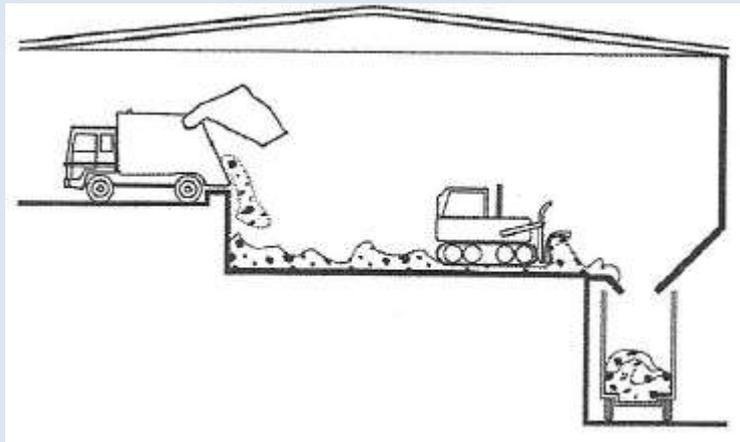


Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Descarga em fosso com acúmulo:

- Conceito em uso nas maiores estações de transbordo há muitos anos.
- Principal vantagem → elevada capacidade de estocagem de resíduos pelo fosso.
- O fosso permite estocagem nas horas de pico, possibilitando operação contínua de carregamento das carretas por até 24 horas por dia se necessário.



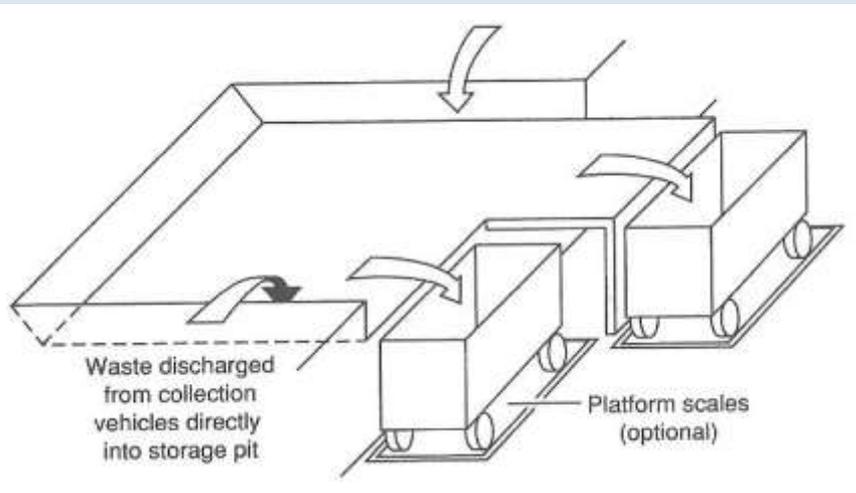
Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

- 3) Descarga em fosso com acúmulo:
 - Normalmente, utiliza-se um **trator de esteiras** no interior do fosso para se compactar e empurrar os resíduos.
 - Deve-se manter uma camada pouco espessa de resíduos no interior do fosso como proteção para o fundo de concreto, pois os rodantes do trator de esteiras tendem a danificá-lo.
 - Estações eficazes na manipulação de resíduos volumosos e os tratores dentro do fosso são capazes de esmagar/quebrar esses resíduos reduzindo-se efetivamente os volumes e preparando-os para o carregamento.
 - Estações não apropriadas para operações de separação e reciclagem → dentro do fosso é muito difícil se recuperar qualquer material para reciclagem.
 - **O objetivo deste tipo de estação é descarregar o resíduo o mais rápido possível no fosso para se retornar à coleta.**

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Descarga em fosso com acúmulo:



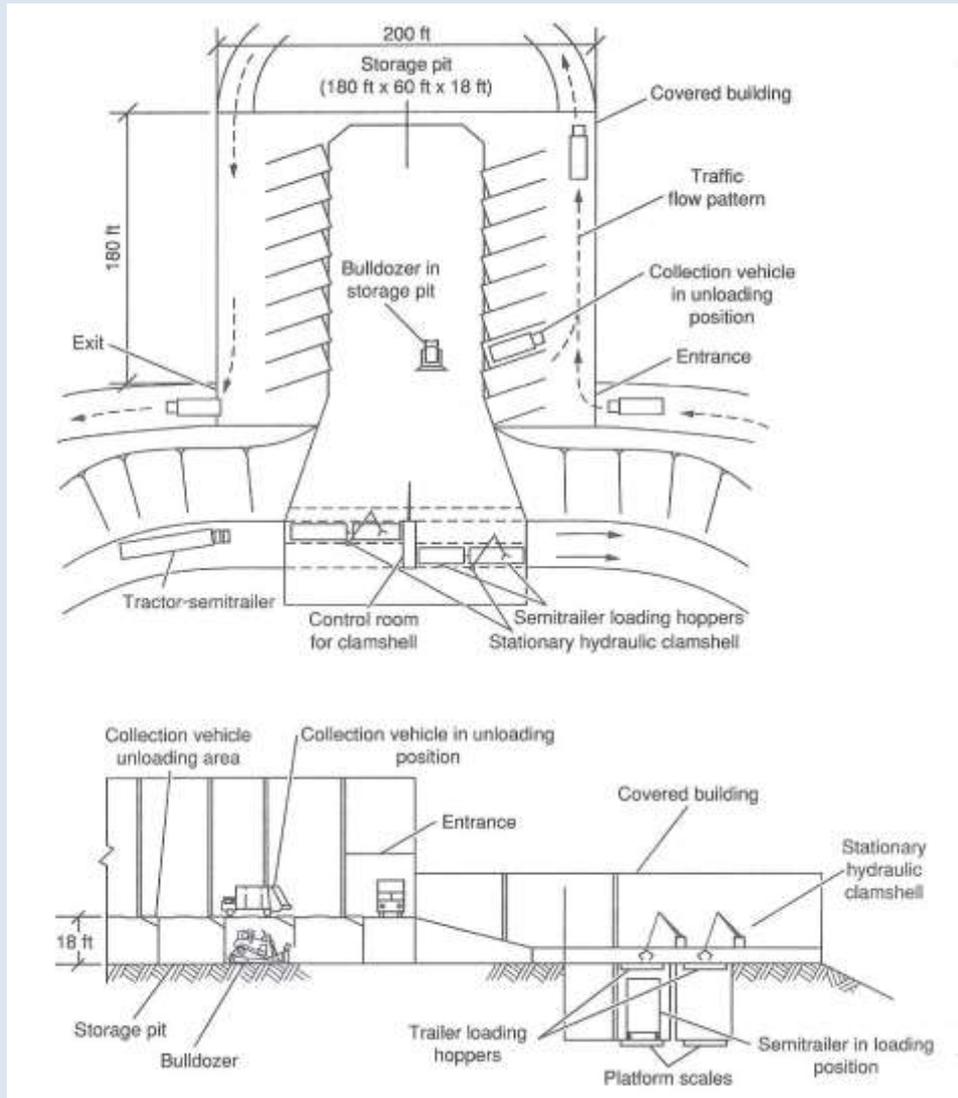
Fonte: Tchobanoglous (1993)



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 3) Descarga em fosso com acúmulo:



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

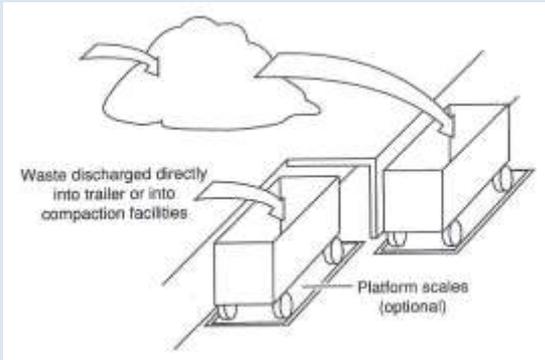
- 4) Combinações:

- Grandes estações de transbordo podem empregar mais de um meio de transferência na mesma estação.
- Muitas estações podem incluir transferência direta, o que gera economia na operação e um fosso para estocar resíduos nos horários de pico reduzindo a necessidade de carretas adicionais, o que gera economia de recursos.
- Normalmente a área de manobra dos veículos de coleta para descarga se situa no centro da estação servindo tanto à descarga direta quanto à descarga no fosso.

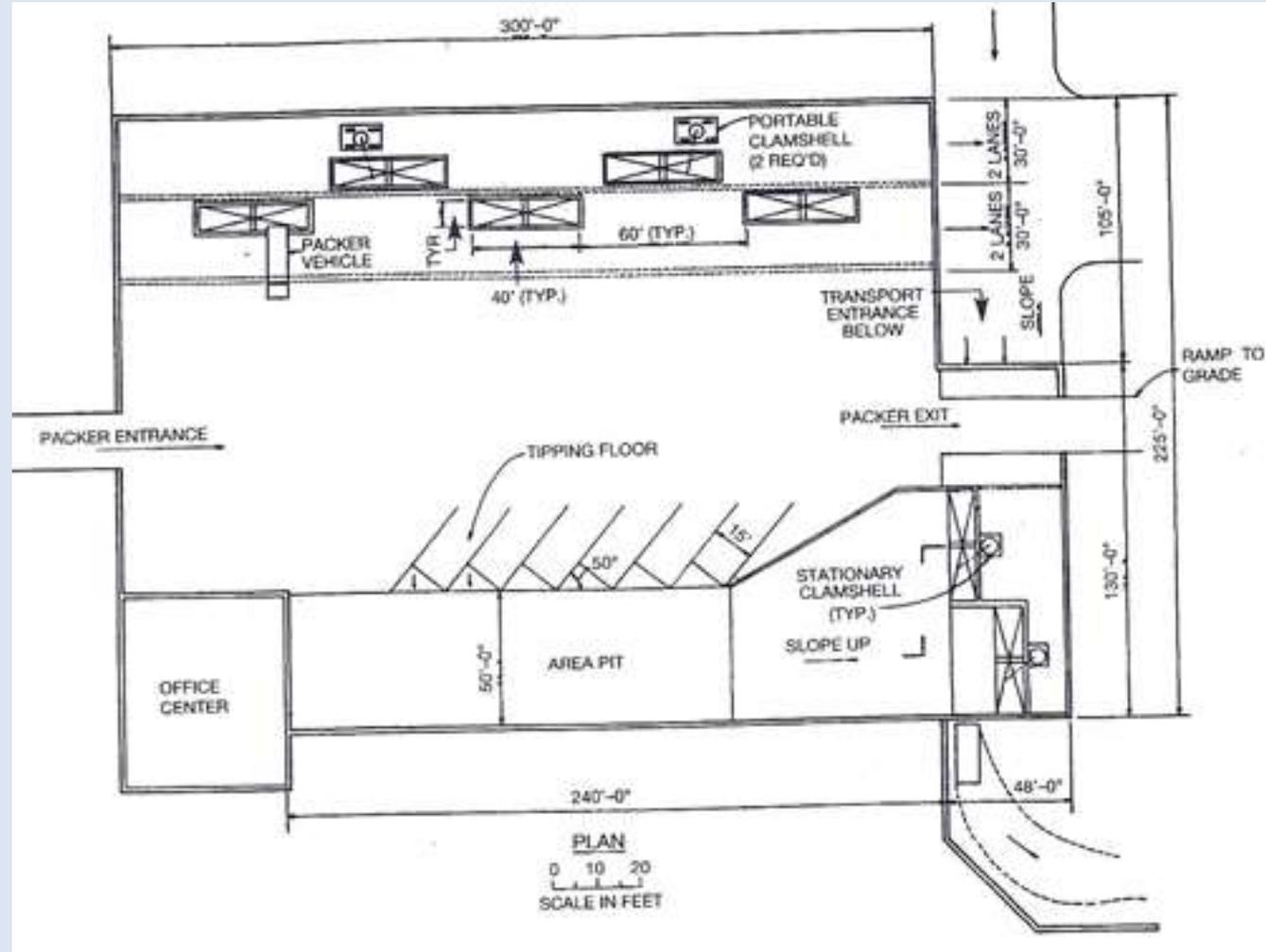
Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 4) Combinações:



Fonte: Tchobanoglous (1993)

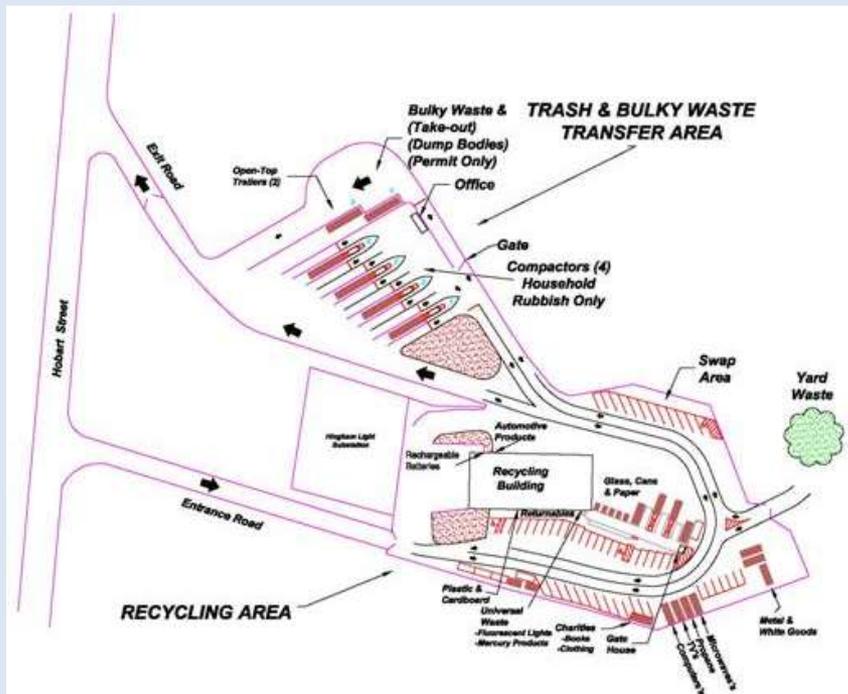


Fonte: Lund (2001)

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- 5) Estações Associadas a Sistemas de Triagem/Separação:
 - Uma forma de se fazer uso racional das instalações e também proporcionar a reciclagem de resíduos é associar uma mesma área, tanto para transbordo, quanto para triagem de resíduos que podem ser reciclados ou tratados no mesmo local.



Fonte: <http://www.hingham-ma.gov/publicworks/recycle.html>



Fonte: <http://www.townofmarshfield.org/Collateral/Documents/English->

Parâmetros Importantes

- Massa Específicas dos Resíduos:
 - Antes da compactação pelo veículo coletor (coletado na rua):
120 a 300 kg/m³;
 - Compactado em veículo coletor:
180 a 420 kg/m³ (valor típico = 300 kg/m³);
 - Compactado em um aterro sanitário:
> 700 kg/m³
- Alturas de Pilhas de Resíduos para Estocagem:
2,5 a 4,0 m de altura;

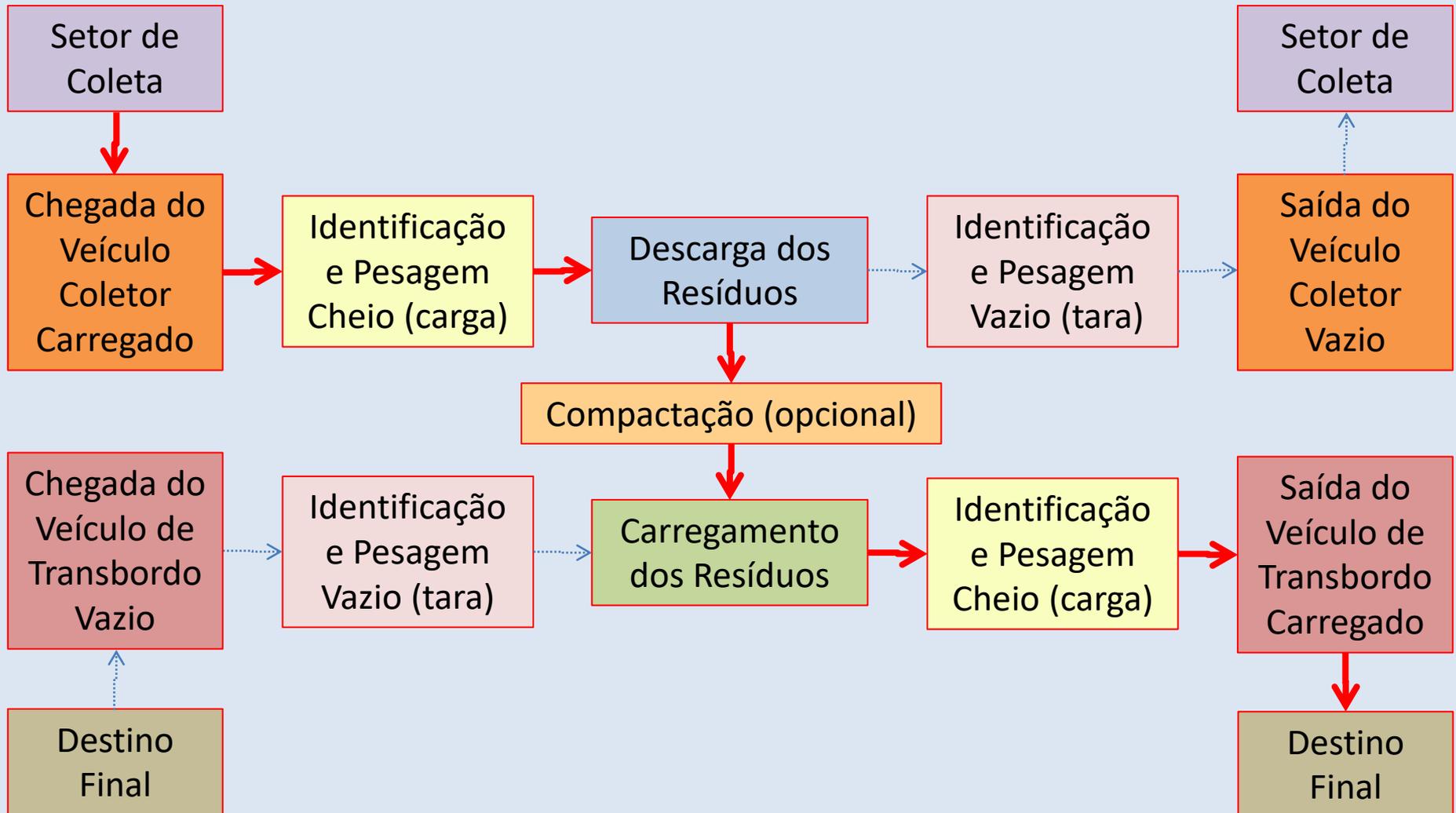
Parâmetros Importantes

- Capacidade de Veículos:
 - Veículos coletores:
 - Capacidades de 6,0 a 12,0 t → Carga típica 8,0 t
 - Veículos de transbordo:
 - Capacidade maior ou igual a 20 t → Normalmente carga máxima.
- Tempos:
 - Descarga de veículos coletores: 5 a 10 min.
 - Carga de veículos de transbordo: 15 a 30 min.
 - Nivelamento dos resíduos e troca de carreta: 10 min.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Diagrama Simplificado de Operações:**



Considerações Sobre o Local da Estação

- **Área Requerida:**
 - Área total suficiente para operação em fim de plano;
 - Pode-se prever área adicional em caso de expansões futuras.
 - No interior da instalação deve haver área suficiente para:
 - Chegada, circulação e saída de veículos;
 - Distanciamento de elementos estruturais e de segurança da edificação;
 - Acúmulo/estoque de resíduos;
 - Equipamento de compactação (opcional);
 - Instalações de carregamento de carretas;
 - Chegada e saída de carretas, etc..

Considerações Sobre o Local da Estação

- **Área Requerida:**
 - No exterior deve haver área suficiente para:
 - Instalação da própria estação (edificação);
 - Vias externas de circulação e calçadas;
 - Estacionamentos de veículos de funcionários, visitantes, caminhões e carretas;
 - Instalações auxiliares (portaria, balança, escritório, refeitório, vestiário, almoxarifado, etc.);
 - Pátio de lavagem de veículos;
 - Estocagem de combustível;
 - Estocagem de equipamentos sobressalentes;
 - Recuos necessários, infiltração de águas pluviais, paisagismo, etc..

Considerações Sobre o Local da Estação

- **Layout:**

- O *layout* das edificações, vias e instalações é um dos pontos mais importantes no projeto para o sucesso de uma estação de transbordo;
- Fluxo de veículos no sentido anti-horário normalmente resulta em menos cruzamentos nas operações;
- A balança deve ser instalada em local com recuo suficiente para não provocar filas no acesso que poderiam atrapalhar o trânsito local;
- Acessos de usuários públicos e particulares devem ser separados;
- O uso de rampas com declividade adequada é comum em estações de transbordo para subida e descida de veículos a pisos com níveis diferentes;

Considerações Sobre o Local da Estação

- **Layout:**

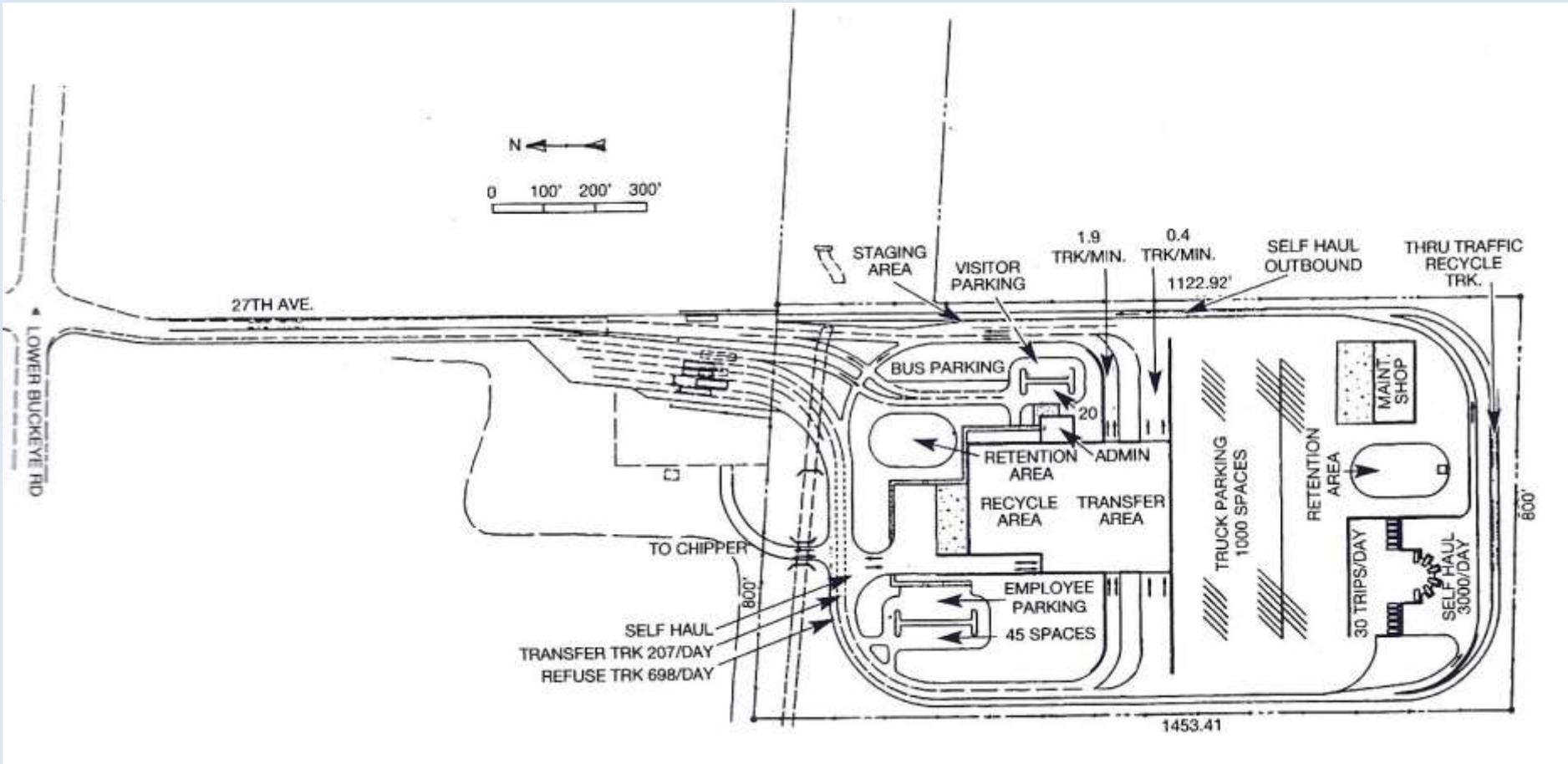
- A diferença de nível entre um piso superior de descarga e um piso inferior de carga das carretas é de 4,5 a 5,8 m (mas sempre verificar as dimensões das carretas);
- Mantendo o terreno numa cota intermediária entre os pisos inferior e superior, diminui-se a declividade e a extensão das rampas;
- Locar o piso de carga totalmente abaixo do nível do terreno pode resultar em problemas de drenagem e inundação;
- Áreas de manutenção, lavagem e estoque de combustível não devem interferir com o tráfego ao redor da estação;
- Se uma expansão futura estiver prevista, deve-se prever área adicional em local adequado segundo o *layout*;
- As vias internas devem ser adequadamente sinalizadas.

Considerações Sobre o Local da Estação

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**

- Exemplo de *layout* típico:



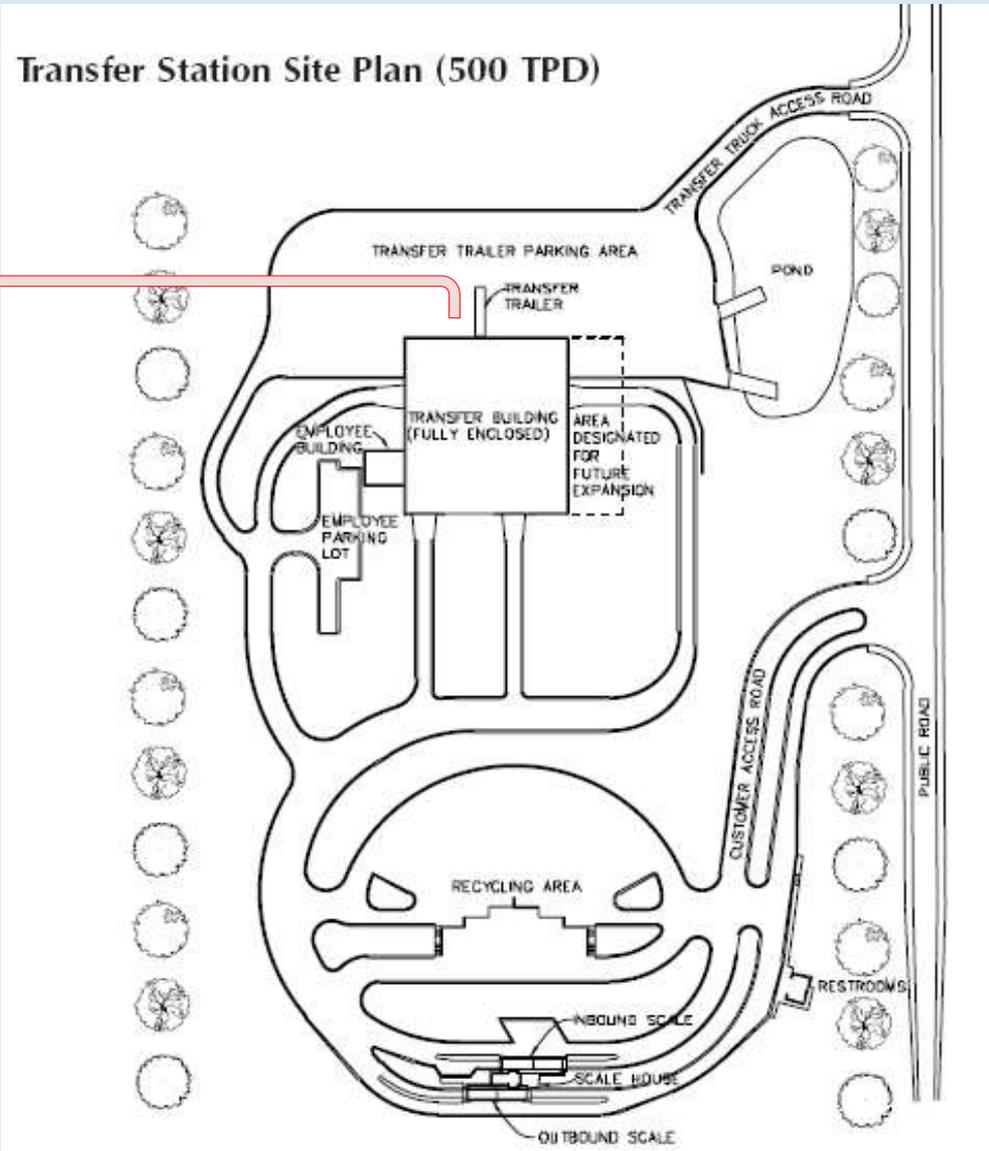
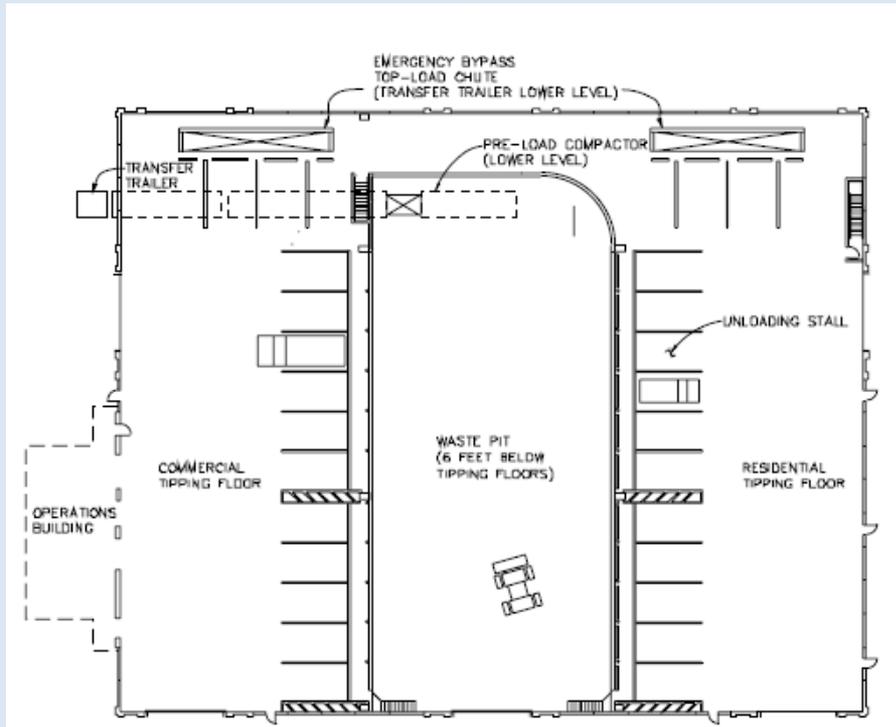
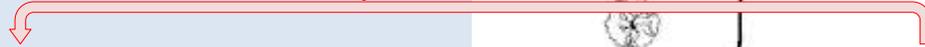
Considerações Sobre o Local da Estação

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**

- Exemplo de *layout* típico:

Detalhe ampliado



Fonte: US EPA (2002)

Considerações Sobre o Local da Estação

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Layout:**



Fonte:
<http://cms.leoncountyfl.gov/Home/Departments/OfficeofResourceStewardship/SolidWaste/TransferStation>



Fonte: <http://atyoursevice.seattle.gov/2011/07/18/new-solid-waste-facility-plan-accepted/>

Considerações Sobre o Local da Estação

- **Acessos e impactos no trânsito:**
 - É conveniente que estações de transbordo estejam próximas a vias principais de tráfego;
 - O acesso deve ser fácil para se evitar atrasos;
 - Melhorias nas vias locais, novos acessos e sinalização podem ajudar a reduzir o impacto no trânsito local.
- **Localização:**
 - A localização é fundamental para economia do sistema;
 - O melhor local para instalar uma estação de transbordo é entre os setores de coleta e o local de tratamento/disposição para se reduzir as distâncias de transporte.

Considerações Sobre o Local da Estação

- **Zoneamento urbano e ambiental:**
 - Planos diretores e legislação local devem ser consultados;
 - Normalmente o zoneamento urbano permite que a instalação seja realizada em área comercial ou industrial;
 - Exigências devido ao zoneamento podem encarecer significativamente a instalação da estação.
- **Custo do Terreno:**
 - Normalmente o custo de aquisição da área é relativamente baixo em relação ao do empreendimento como um todo;
 - Terrenos baratos ou públicos são preferíveis se não apresentarem restrições técnicas, ambientais ou objeção do público;

Considerações Sobre o Local da Estação

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- Aceitação pública:

- Normalmente a população é muito relutante à instalação de estações de transbordo e a obtenção de um local adequado pode ser um grande desafio;
- Quando critérios técnicos, ambientais e de zoneamento são bem atendidos, a população costuma aceitar mais facilmente a instalação no local selecionado;
- Estações com paisagismo, recuos adequados, em galpões fechados e em áreas públicas são normalmente aceitas com maior facilidade pela população local;
- Envolvimento do público na escolha da área facilita a aceitação, principalmente quando os representantes do público se convencem de que a área é razoável, ou a melhor entre as alternativas possíveis.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- **Instalações Necessárias:**

- Externas:

- Cercamento (cerca, alambrado, muro, ou cerca e cortina vegetal);
- Portaria/Guarita com sanitário, cancela, portão e controle de acesso;
- Balança;
- Bloco administrativo (escritórios, refeitório, sanitários, vestiários);
- Sistemas de abastecimento de água para edificações e pátios de lavagem de máquinas e equipamentos;
- Sistemas de esgotamento sanitário;
- Instalações elétricas, telefônicas, internet, etc.;
- Proteção contra descargas atmosféricas;
- Instalações de combate a incêndio;
- Iluminação de estacionamentos, pátios e vias;
- Vias de acesso e circulação de veículos com sinalização;
- Estacionamentos de espera para as carretas, público e administrativo;
- Drenagem e tratamento preliminar de águas da chuva;
- Área para lavagem de veículos e máquinas;
- Depósito de combustíveis, Área de manutenções, etc..

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Gleber Contrera

- **Instalações Necessárias:**

- Internas:

- Pátio, fosso ou sistema para descarga direta de resíduos nas carretas;
- Área para circulação de veículos para descarga;
- Equipamento de compactação (opcional);
- Equipamento para carregamento das carretas (móvel ou fixo);
- Área para circulação de veículos de carga (carretas);
- Sistemas de água (abastecimento; lavagem de pátios, máquinas e equipamentos);
- Sistema de recolhimento e contenção de líquidos proveniente dos resíduos (chorume) ou água de lavagem do pátio;
- Instalações de combate a incêndio;
- Instalações elétricas e iluminação (verificar possibilidade de utilizar iluminação natural);
- Baias ou caçambas para acondicionamento e separação dos resíduos recebidos (opcional);
- Almoxarifado (pode ser interno ou externo);
- Etc..

Estações de Transbordo

- **Dimensionamento:**

- O dimensionamento de área e equipamentos depende:
 - Da quantidade diária de resíduos recebida (verificar qual o dia mais crítico da semana, do mês mais crítico na etapa de fim de plano e horários de pico de chega de veículos de coleta);
 - Do regime de coleta e descarga dos resíduos (um ou mais turnos de trabalho);
 - Se haverá ou não acúmulo/estocagem de resíduos;
 - Do tempo máximo de acúmulo/estocagem de resíduos;
 - Do grau de compactação dos resíduos coletados;
 - Do regime de carregamento dos veículos de transbordo (saída das carretas);
 - Etc..

Estações de Transbordo

- **Capacidade:**
- Estações com descarga direta sem compactação:

$$C = N_n \times P_t \times F \times 60 \times H_w / [(P_t/P_c) \times (W/L_n) \times T_c] + B$$

C = Capacidade de Estação (t/dia);

N_n = Número de Funis;

P_t = Capacidade da carreta de transbordo (t);

F = Fator de pico (razão entre o número de veículos de coleta médio que chegam num período de 30 minutos e o número de veículos de coleta que chegam durante um pico de 30 minutos);

H_w = Horas por dia em que os resíduos são enviados para a destinação final;

P_c = Capacidade dos veículos de coleta (t);

W = Largura de cada vaga de descarregamento (m);

L_n = Extensão de cada funil (m);

T_c = Tempo de descarga de veículos coletores (min.)

B = Tempo para remoção e substituição das carretas de transbordo (min.)

Estações de Transbordo

- **Capacidade:**
- Estações com descarga direta e compactação:

$$C = (N_n \times P_t \times F \times 60 \times H_w) / (P_t / P_c \times T_c) + B$$

C = Capacidade de Estação (t/dia);

N_n = Número de Funis;

P_t = Capacidade da carreta de transbordo (t);

F = Fator de pico (razão entre o número de veículos de coleta médio que chegam num período de 30 minutos e o número de veículos de coleta que chegam durante um pico de 30 minutos);

H_w = Horas por dia em que os resíduos são enviados para a destinação final;

P_c = Capacidade dos veículos de coleta (t);

W = Largura de cada vaga de descarregamento (m);

T_c = Tempo de descarga de veículos coletores (min.)

B = Tempo para remoção e substituição das carretas de transbordo (min.)

Estações de Transbordo

- **Capacidade:**

- Estações com descarga em fosso:

- Com base na taxa de descarregamento dos veículos de coleta:

$$C = P_C \times (L / W) \times (60 \times H_w / T_C) \times F$$

C = Capacidade de Estação (t/dia);

F = Fator de pico (razão entre o número de veículos de coleta médio que chegam num período de 30 minutos e o número de veículos de coleta que chegam durante um pico de 30 minutos);

H_w = Horas por dia em que os resíduos são enviados para a destinação final;

P_C = Capacidade dos veículos de coleta (t);

L = Extensão total da área de descarga (m);

W = Largura de cada vaga de descarregamento (m);

T_C = Tempo de descarga de veículos coletores (min.)

Estações de Transbordo

- **Capacidade:**

- Estações com descarga em fosso:

- Com base na taxa de Carregamento dos veículos de transbordo:

$$C = (P_t \times N \times 60 \times H_t) / (T_t + B)$$

C = Capacidade de Estação (t/dia);

N = Número de carretas de transbordo carregadas simultaneamente;

P_t = Capacidade da carreta de transbordo (t);

H_t = Horas por dia para carregamento das carretas;

T_t = Tempo para carregamento de cada carreta (min.)

B = Tempo para remoção e substituição das carretas de transbordo (min.)

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estações de Transbordo em São Paulo:
 - O volume estimado de movimentação nos transbordos da cidade de São Paulo é em torno de 1.200 mil toneladas por dia.
 - Hoje há três Estações de Transbordo em operação na cidade de São Paulo:
 - **Transbordo Vergueiro**
Rua Breno Ferraz do Amaral, n.º 415 B.
 - **Transbordo Santo Amaro**
Rua Miguel Yunes, n.º 480.
 - **Transbordo Ponte Pequena**
Avenida do Estado, n.º 300.

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estação de Transbordo Vergueiro:



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estação de Transbordo Vergueiro:



Fonte: <http://www.ecourbis.com.br/Ecourbis.aspx?IdArea=41>



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estação de Transbordo Santo Amaro:



Fonte: ?

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estação de Transbordo Ponte Pequena:



Fonte: http://www.loga.com.br/content.asp?CP=LG&PG=LG_L02

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estação de Transbordo Ponte Pequena:



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estações de Transbordo nos EUA:

- Estação de transbordo da cidade de Wadsworth, Ohio.



Fonte: <http://www.flickr.com/photos/40126553@N03/5167915018/in/set-72157623110909003/>

Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estações de Transbordo nos EUA:
 - Estação de transbordo da cidade de Renton, Washington.



Estações de Transbordo de Resíduos Sólidos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- Estações de Transbordo nos EUA:
 - Estação de transbordo da cidade de Kirkland, Washington.



Vídeos

- Vídeos de estações de transbordo em funcionamento:
- <http://www.youtube.com/watch?v=l7fzKMXF-6w>
- http://www.youtube.com/watch?v=Gz6HXG5C_tA
- <http://www.youtube.com/watch?v=mfCrj-XIBYE>
- <http://www.youtube.com/watch?v=Plip12NErls>
- <http://www.youtube.com/watch?v=olmzBmRYOR8>
- <http://www.ssiworld.com/watch/msw.htm>

Bibliografia e Leitura Recomendada

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

Leitura Mínima:

- Lund, H. F. (2001), McGraw-Hill Recycling Handbook. McGraw-Hill , 2nd Edition. **Chapter 23.**

Leitura Adicional:

- US EPA (2002), Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making. In: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/r02002.pdf>
- US EPA (1995), Decision-Makers' Guide To Solid Waste Management, Volume II. In: <http://pdfsb.com/decision+makers+guide+to+solid+waste+management>
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vigil, S. A., (1993), Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. McGraw-Hill International Editions. **Chapter 10.**