



ESCOLA POLITÉCNICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia **Hidráulica** e **Ambiental**

PHA3556 - Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos

Aula 1: Introdução Geral, Geração de Resíduos Sólidos
e Projetos de Engenharia.

Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

Introdução

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

- **Definição:**

- Segundo a PNRS (Lei 12.305, 2010) **Resíduo Sólido** é qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Introdução

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

- **Definição:**

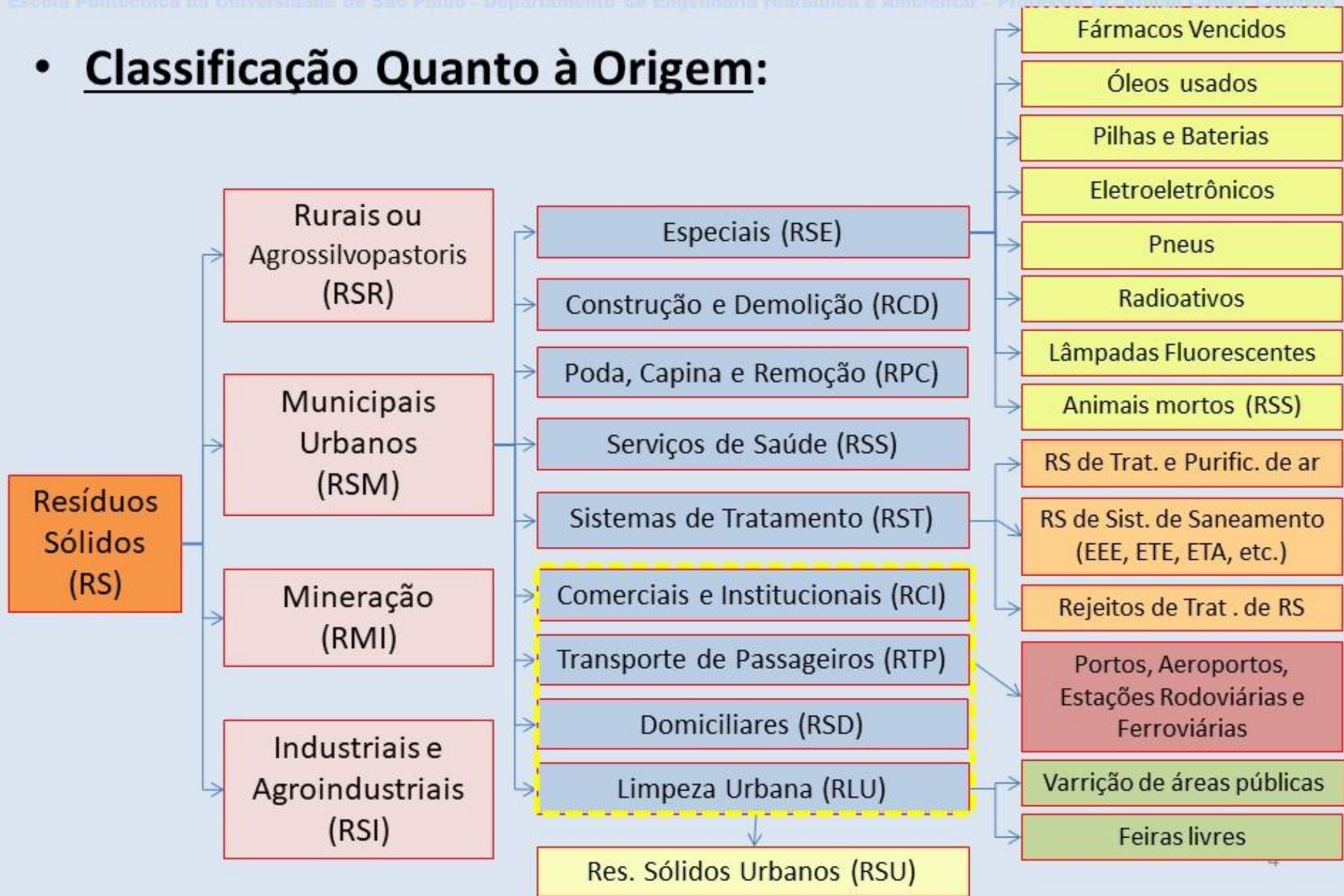
- Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) **Resíduos Sólidos** são todos aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam da atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, agrícola, comercial, de serviços de varrição e poda, incluindo lodos de ETAs e ETEs, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e líquidos que não possam ser lançados na rede de esgoto em função das suas especificidades.

- **Critérios para Classificação:**

- Origem;
- Grau de Degradabilidade;
- Periculosidade.

Introdução

• Classificação Quanto à Origem:



Introdução

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

- **Classificação Quanto ao Grau de Degradabilidade:**
 - **FACILMENTE DEGRADÁVEIS:** cascas, folhas e restos de alimentos, etc..
 - **MODERADAMENTE DEGRADÁVEIS:** papéis, papelão e material celulósico, tecidos de algodão, etc..
 - **DIFICILMENTE DEGRADÁVEIS:** pedaços e restos de tecidos, couros, borrachas, madeiras, etc..
 - **NÃO DEGRADÁVEIS:** vidros, metais, plásticos, pedras, solos, cinzas, materiais sintéticos, etc..

Introdução

- **Classificação Quanto à Periculosidade:**
 - Um resíduo é considerado perigoso quando suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas **representam riscos à saúde pública e ao meio ambiente.**
 - A PNRS no artigo, 13 item II, classifica em:
 - Perigosos
 - Não Perigosos
 - A ABNT (NBR 10.004, 2004), classifica em:
 - Resíduos classe I - Perigosos;
 - Resíduos classe II - Não Perigosos;
 - Resíduos classe II A - Não Inertes
 - Resíduos classe II B - Inertes.

Introdução

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

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

Resíduos classe I – Perigosos:

- Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;
- Ou apresentam qualquer uma das seguintes características:

-  **Inflamabilidade,**  **Corrosividade,**  **Toxicidade,**
-  **Radioatividade,** ou  **Patogenicidade.**

Introdução

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

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

Resíduos classe II A – Não Inertes:

- Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos e nem de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da NBR 10.004.
- Os resíduos classe II A – Não Inertes, podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Ex: Resíduos domiciliares, comerciais, de varrição, etc..

Introdução

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

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

Resíduos classe II B – Inertes:

- Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10.004.
- OBS: Uma parcela considerável dos resíduos de construção e demolição **não** são inertes! (Ex: gesso, latas de tintas, solventes, restos de resinas, etc.)

Introdução

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

Motivos para reutilizar, reciclar e tratar os resíduos:

- A disposição de resíduos no solo **não é** uma prática sustentável e requer sempre novas áreas;
- Embora os aterros sanitários sejam considerados seguros, não são totalmente confiáveis e estão sujeitos a falhas construtivas e de operação, podendo gerar grandes áreas contaminadas;
- Os aterros de resíduos geram lixiviados que necessitam de tratamento complexo e caro;
- Os aterros geram emissões fugitivas (que não podem ser captadas) de metano, que é um gás de efeito estufa;

Introdução

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

Motivos para reutilizar, reciclar e tratar os resíduos:

- A disposição de resíduos no solo é um **desperdício de recursos** materiais e energéticos, favorecendo a extração de recursos naturais virgens não renováveis;
- A reutilização, a reciclagem e o tratamento podem reinserir os resíduos como **matéria-prima** na cadeia produtiva;
- A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Nº 12.305/2010) coloca a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos, como **prioridade** em relação à disposição no solo.

Introdução

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

- **Lei Nº 12.305, de 02/08/2010**
 - Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS):
 - Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- **Decreto Nº 7.404, de 23/12/2010**
 - Regulamenta a PNRS.



Introdução

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

- Principais Destinações dos Resíduos Sólidos



Introdução

• Principais Destinações dos Resíduos Sólidos



OBS: Destinação é diferente de disposição!

Introdução

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

- **Situação Brasileira:**

Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos Brasil - 1989/2008

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos (%)			
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário	Total *
1989	88,2	9,6	1,1	98,9
2000	72,3	22,3	17,3	111,9
2008	50,8	22,5	27,7	101,0

*Alguns municípios possuem mais de uma forma de destinação

Fonte: PNSB, IBGE (2008)

- A compostagem representa apenas 0,63% da massa de resíduos coletada e a incineração 0,03%.
- Os recicláveis recuperados em unidades de triagem representam apenas 1,20% da massa de resíduos coletados.

Introdução

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

- **Situação Brasileira – Tratamento de Resíduos Sólidos**

- O tratamento dos resíduos sólidos no Brasil ainda é insipiente e mesmo onde existe, trata somente uma pequena parte dos resíduos gerados.

Compostagem:



Incineração:



Triagem de recicláveis:

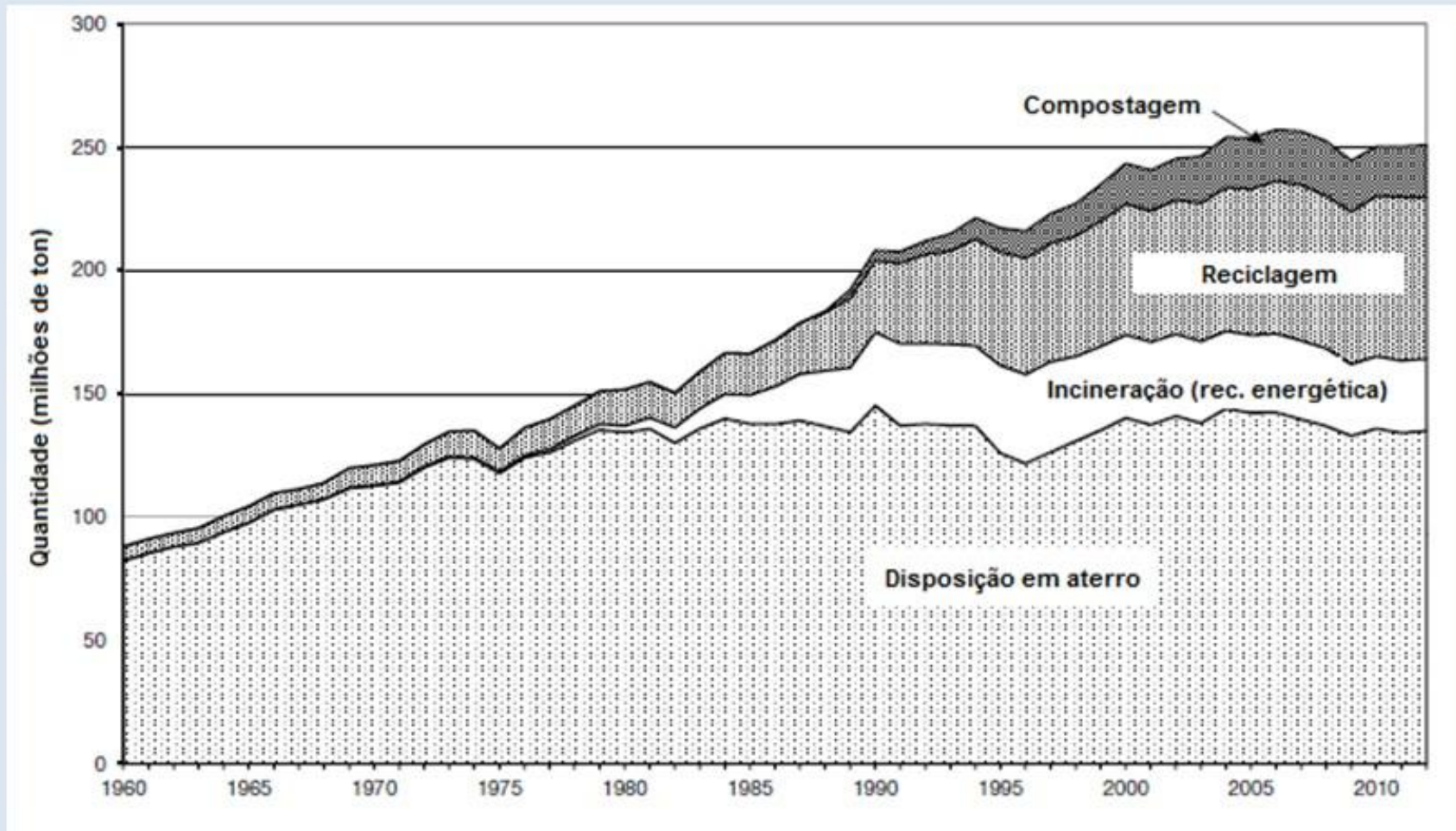


Fonte: Atlas de Saneamento, IBGE (2011).

Introdução

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

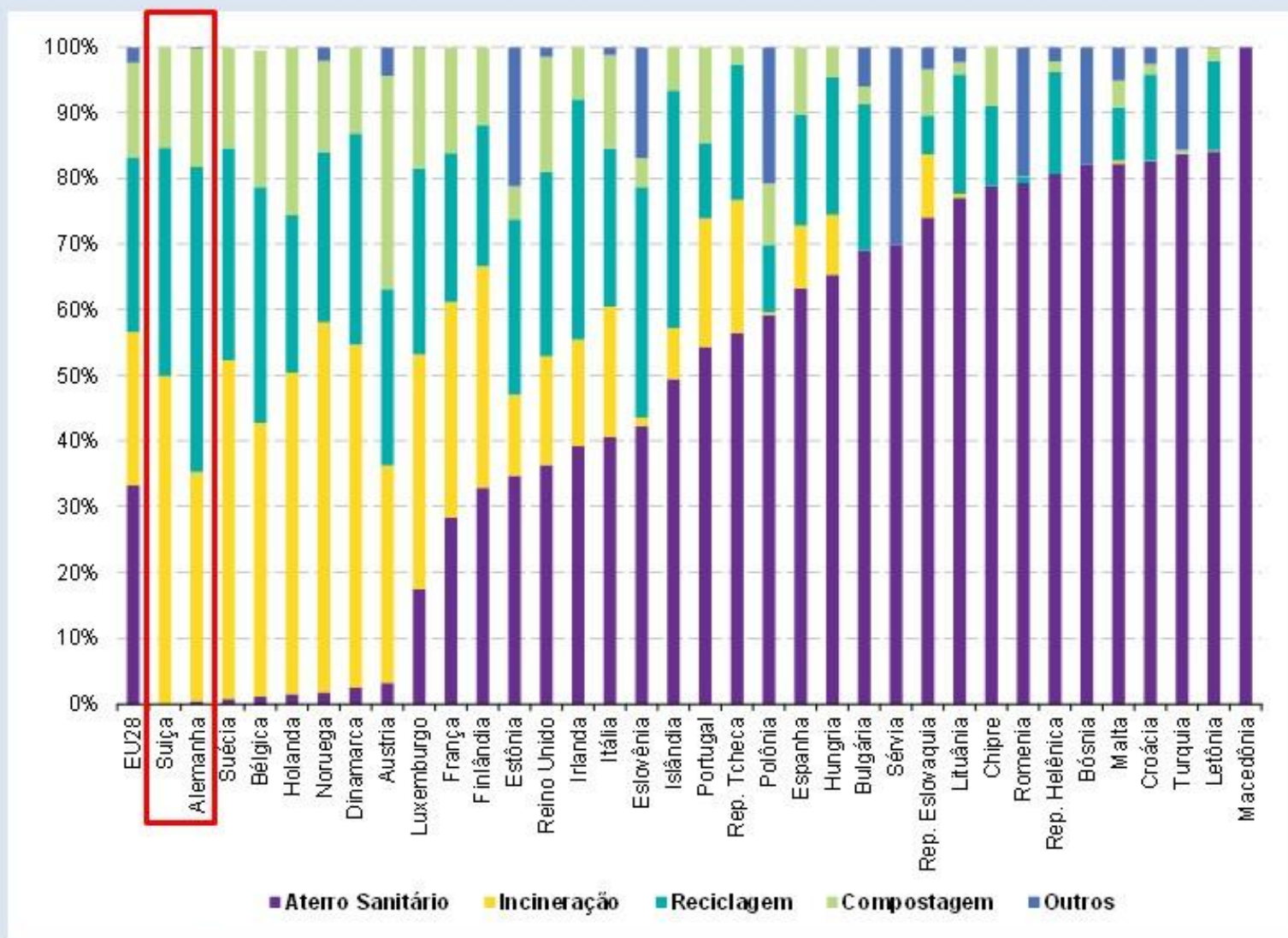
- **Geração e Destinação dos Resíduos nos EUA:**



Introdução

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

- **Destinação de Resíduos Sólidos na União Europeia:**



Fonte: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

Geração de Resíduos Sólidos

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



Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Variáveis que interferem na quantidade e na composição dos resíduos gerados:**
 - População (número de habitantes);
 - Situação Social (grau de pobreza ou riqueza);
 - Situação Econômica (recessão ou economia aquecida);
 - Hábitos Culturais e Religiosos;
 - Tecnologias (podem influenciar a favor ou contra);
 - Grau de Urbanização (população urbana e rural);
 - Clima (sazonalidades);
 - Férias e Festividades (em estâncias turísticas, cidades litorâneas e de veraneio, etc.);
 - Dia da semana, período do mês, mês do ano, etc..

Geração de Resíduos Sólidos

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

- A geração de resíduos é o principal parâmetro para o projeto de um sistema de resíduos.
- Projeto de um Sistema de Resíduos → Visa atender a demanda de uma certa quantidade de resíduos gerada (transporte, processamento, reciclagem, tratamento, disposição, etc.).
- Demanda → Pode ser Originada por um **município**, uma **cidade**, um **distrito**, uma **subprefeitura**, uma **região**, um **bairro**, ou até **conjunto de municípios** consorciados.
- Levantamentos Necessários → Informações sobre o local: clima, geografia, atividades econômicas e industriais, agropecuária, aspectos sociais, culturais, etc..
- Cada Projeto → Será função da **quantidade e tipos** de resíduos gerados dentro de um **horizonte de tempo**, segundo as **características de cada local** e também das **tecnologias de tratamento existentes**, levando-se em consideração aspectos **técnicos, econômicos, ambientais e sociais** da localidade.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos:**
 - Obtida através da **caracterização** dos resíduos → Amostragens em **zonas homogêneas** da localidade, ao longo de uma semana completa e nas várias estações do ano (ou pelo menos no inverno e verão) → Para se considerar as sazonalidades;
 - As zonas homogêneas podem ser **regiões** ou **bairros** com padrões de **renda, urbanização e ocupação** semelhantes ou equivalentes;
 - Consultar:
 - IBGE;
 - Prefeituras;
 - Datasus;
 - Etc.



Geração de Resíduos Sólidos

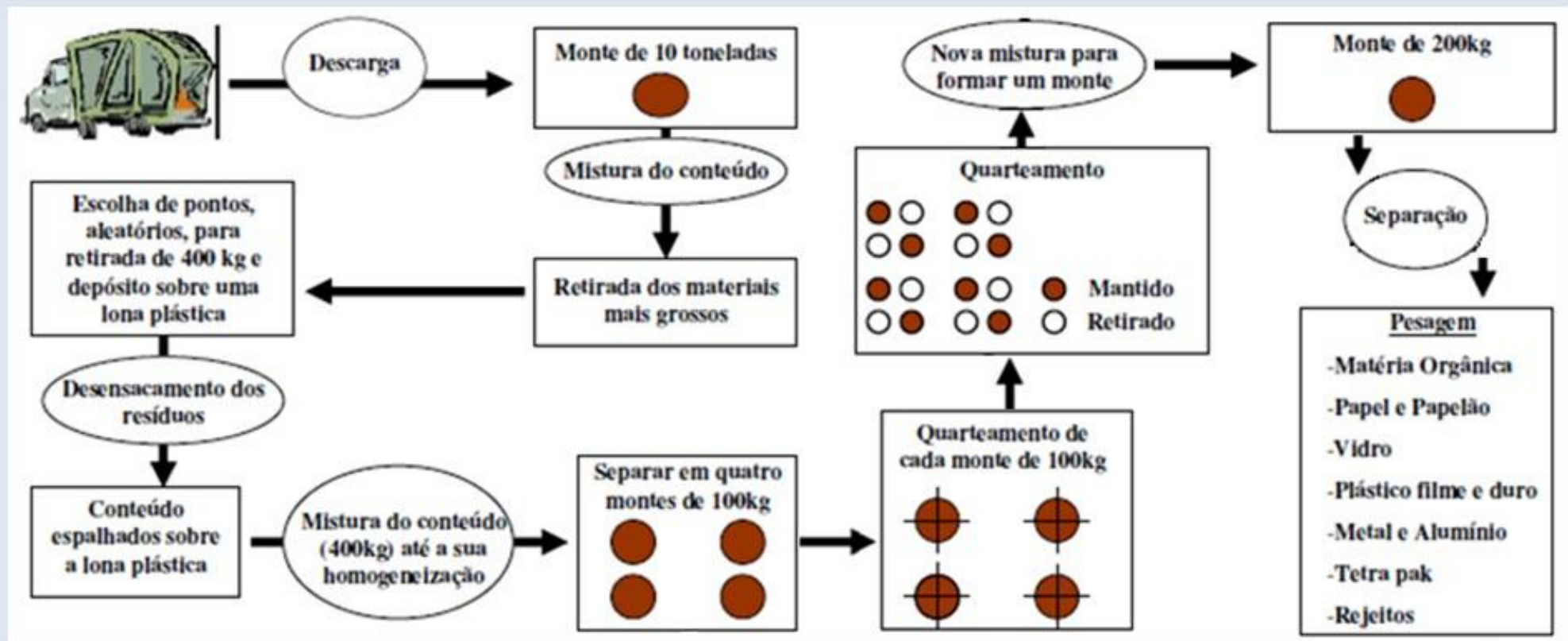
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos:**
 - Veículos de coleta de setores pré-selecionados, como **representativos da zona homogênea**, devem ser encaminhados para caracterização;
 - O conteúdo de veículo é descarregado em um local apropriado, as embalagens são abertas e é feita a homogeneização dos resíduos;
 - Obtém-se amostra composta por quarteamento, com massa entre 100 e 200 kg, que é separada em suas diversas frações, que são pesadas separadamente (peso úmido).
 - Caracterização Final → Média ponderada das caracterizações de cada zona homogênea nas 4 estações do ano com base nas respectivas populações.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- Caracterização dos resíduos sólidos:

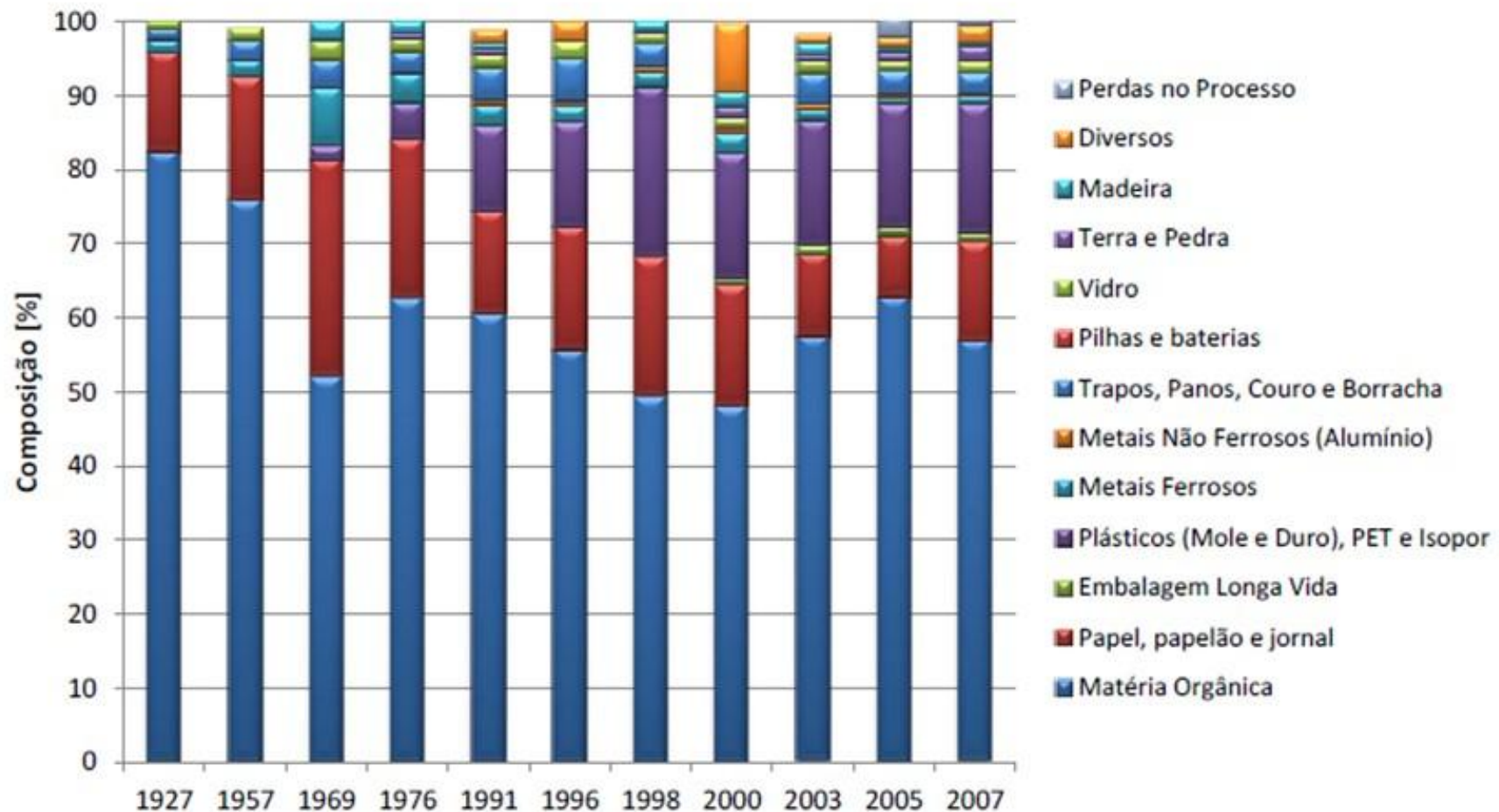


Fonte: Fésca (2007).

Geração de Resíduos Sólidos

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

- Caracterização dos RSU de São Paulo-SP (%):



Fonte: Limpurb (2003); Silva (2016)

Geração de Resíduos Sólidos

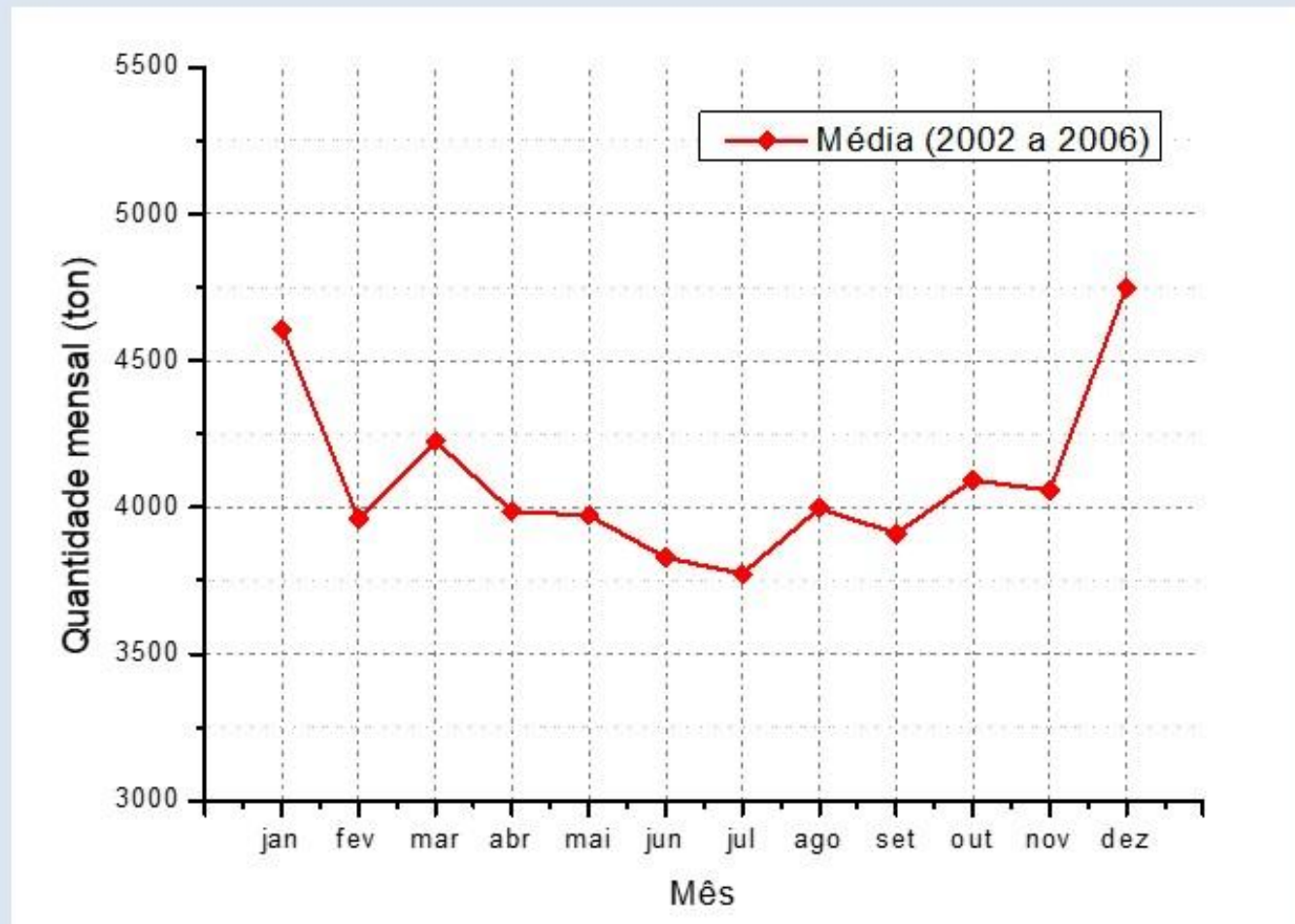
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Professor Dr. Ronan Cleber Contrera

- **Acúmulo, Variação Diária, Semanal e Sazonal da Geração de Resíduos:**
 - Nem sempre a coleta de resíduos é realizada diariamente em todos os setores de coleta, o que provoca acúmulo de resíduo a ser coletado nos dias seguintes.
 - A quantidade de resíduos coletada varia de acordo com os dias da semana (no final de semana a geração é maior) e período do mês (no início do mês a geração é normalmente maior).
 - A quantidade de resíduos coletada também varia de acordo com os meses do ano (sazonalidade).
 - Todas essas variações devem ser levadas em consideração no dimensionamento de equipamentos e instalações de transbordo, separação e tratamentos de resíduos sólidos.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- Média da variação mensal da geração de RSU em São Carlos-SP entre os anos de 2002 a 2006:



- Média Geral:
4.097 ton/mês

- Média Máximo:
4.750 ton/mês (+16%)

- Média Mínimo:
3.774 ton/mês (-10%)

Fonte: Adaptado de Fésca (2007).

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Características:**
 - Além da quantidade gerada (diariamente, semanalmente, mensalmente e anualmente) e a composição física, outros parâmetros podem ser muito importantes no projeto de sistemas para processamento e tratamento de resíduos sólidos, que são:
 - Umidade;
 - Massa específica (natural ou pré-compactado no veículo coletor);
 - Poder calorífico;
 - Teor de inertes;
 - Tamanho máximo das partículas/elementos;
 - Biodegradabilidade;
 - Corrosividade e pH;
 - Etc..

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Geração Per-capita de Resíduos:**

- É quanto **cada indivíduo** gera em média de resíduo e é calculada dividindo-se a massa de resíduos gerada, pelo número de habitantes do local.

$$\text{Geração per-capita} = \frac{(\text{massa coleta regular}) + (\text{massa coleta seletiva})}{\text{número de habitantes da localidade}}$$

- Pode variar em função do tempo sofrendo **aumento** ou **redução**.
- Observar as **tendências** em função do tempo para se propor extrapolações com critério (adotar taxa, modelo matemático, etc.), para um futuro próximo.
- Cada indivíduo gera em média de **0,4 a 2,5 kg** de RSU por dia, dependendo da localidade e condição socioeconômica.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
 - 1) Delimitar a área de abrangência do projeto (localidade);
 - 2) Verificar se há necessidade de caracterização dos RSU e levantamentos de campo preliminares;
 - 3) Levantar informações sobre o histórico de geração de resíduos e variações de geração (sazonalidades);
 - 4) Levantar informações sobre os sistemas de coleta de resíduos existentes (coleta regular e seletiva);
 - 5) Determinar um horizonte de projeto (20, 25, 30, 40 anos, etc.);

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
 - 6) Levantar informações censitárias (separar população urbana e rural), socioeconômicas, culturais e ambientais do local;
 - 7) Verificar projetos existentes, planos diretores e planos de saneamento, planos de resíduos, etc.;
 - 8) Dividir, se necessário, a localidade em zonas homogêneas de ocupação;
 - 9) Adotar um modelo de crescimento populacional global ou por zona homogênea;

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Geração de Resíduos Dentro de um Horizonte de Projeto:**
 - 10) Adotar um modelo de variação da taxa per-capita de geração de resíduos ;
 - 11) Considerar as variações sazonais (ao longo de um ano) e diárias (ao longo dos dias da semana → pode depender da coleta) da variação da geração de resíduos;
 - 12) Determinar os valores a serem considerados ao longo dos anos do horizonte de projeto.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Modelos de Crescimento Populacional**
 - Modelos são úteis para se estimar/prever populações futuras a partir de critérios fundamentados.
 - Os principais métodos de estimativa de crescimento populacional são:
 - Método dos componentes demográficos
 - Métodos matemáticos
 - Método de extrapolação gráfica
 - Os métodos matemáticos são normalmente os mais utilizados.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- **Métodos Matemáticos:**

- Método aritmético;
 - Método geométrico;
 - Método da curva logística.
-
- Podem ser aplicados para uma localidade como um todo, ou por partes, dependendo do tamanho da população e da existência de zonas homogêneas distintas com diferentes potenciais de crescimento populacional ou saturação.
 - Os métodos aritmético e geométrico são normalmente utilizados para projeções curtas (máximo 5 a 10 anos).

Geração de Resíduos Sólidos

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

- Método Aritmético:

$$\frac{dP}{dt} = k_a \Rightarrow P = P_2 + k_a(t - t_2) \Rightarrow k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

- No qual, t representa o ano da projeção.
- Considera crescimento linear da população.

- Método Geométrico:

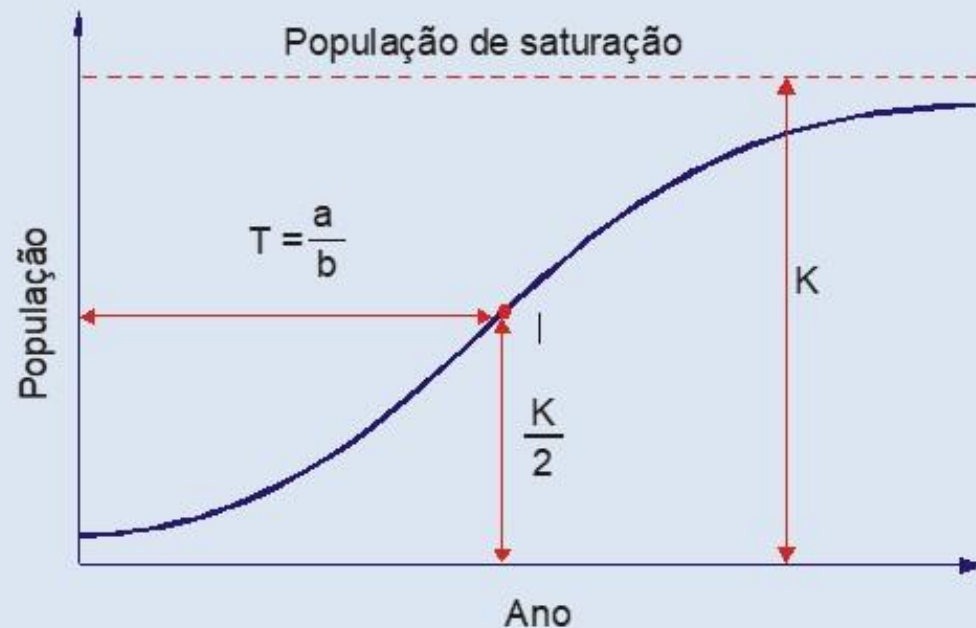
$$\frac{dP}{dt} = k_g \cdot P \Rightarrow P = P_2 e^{k_g(t-t_2)} \Rightarrow k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

- Considera crescimento exponencial da população.

Geração de Resíduos Sólidos

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

- Método da Curva Logística:



$$P = \frac{k}{1 + e^{a-b \cdot (t-t_0)}}$$

$$K = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - (P_1)^2}$$

$$b = -\frac{1}{d} \ln \frac{P_0 (K - P_1)}{P_1 (K - P_0)} \quad a = \ln \frac{K - P_0}{P_0}$$

- Considera crescimento com tendência de estagnação futura da população em torno de uma população de **saturação**.

- Os parâmetros (k; b; a) também podem ser obtidos por regressão não linear da eq., não necessitando satisfazer as condições ao lado.

Condições:

$$P_0 \cdot P_2 < (P_1)^2$$

$$d = t_2 - t_1 = t_1 - t_0$$

Geração de Resíduos Sólidos

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

- População Flutuante:
 - **Municípios da Baixada Santista:**
 - Domicílios permanentes: 3 hab/domicílio
 - Domicílios de uso ocasional: 6,5 hab/domicílio
 - **Municípios do Litoral Norte do Estado de São Paulo:**
 - Domicílios permanentes: 4 hab/domicílio
 - Domicílios de uso ocasional: 7 hab/domicílio
- Dados Censitários:
 - Normalmente os municípios possuem os dados censitários de interesse, mas alguns dados também podem ser obtidos *online*.
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popsp.def>

Projetos de Engenharia

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



Projetos de Engenharia

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

- Níveis de Projeto:
 - Estudo de Concepção;
 - Projeto Básico;
 - Projeto Executivo.
- Estrutura de um Projeto:
 - Capa com identificações do local do projeto, contratante e número do contrato; Sumário; Escopo; Introdução; Objetivos; Caracterização do empreendimento (sua área e seu entorno); Levantamento de informações relevantes; Dimensionamentos e considerações; Memórias de cálculo; Memorial descritivo; Peças gráficas; Apêndices; Anexos, etc..

Projetos de Engenharia

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

- **Estudo de Concepção:**
 - Caracterização da área e população a ser atendida;
 - Estabelecimento do início de plano e alcance do projeto.
 - Análise dos sistemas existentes (descrição e diagnóstico).
 - Levantamento de estudos, planos e projetos existentes;
 - Estudos demográficos e de uso e ocupação do solo;
 - Estimativa da geração de resíduos ao longo do alcance do projeto;
 - Definição de parâmetros de projeto;
 - Estudo de alternativas com pré-dimensionamentos e estimativas de custos.
 - Definição da alternativa concebida baseada em critérios técnicos, econômicos, ambientais e sociais;
 - Proposição de áreas (pelo menos 3) com potencial para receber o empreendimento.

Projetos de Engenharia

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

- **Projeto Básico:**
 - Visitas e levantamentos de campo preliminares;
 - Reavaliações da alternativa (tecnologia) selecionada com informações mais detalhadas sobre topografia, solo, cadastros, etc.;
 - Detalhamento da alternativa selecionada;
 - Seleção da área para implantação do empreendimento;
 - Definição do fluxograma **detalhado** de processos e operações;
 - Dimensionamento das unidades de processos e operações;
 - Definição do *layout* do sistema;
 - Elaboração de desenhos de implantação;
 - Orçamentos e estimativas de custos preliminares.

Projetos de Engenharia

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

- **Projeto Executivo:**

- Verificação do projeto básico e atualização se necessário;
- Levantamentos de campo (topografia, sondagens, etc.);
- Dimensionamento e seleção de equipamentos;
- Dimensionamento de obras civis e unidades secundárias;
- Definição das peças gráficas (plantas, cortes e detalhes);
- Confecção das peças gráficas com **todo** detalhamento necessário para execução da obra em campo;
- Quantificação de todos os materiais, serviços e tributos.
Apresentar quantitativos nos desenhos e listas de quantitativos por unidades projetadas e total;
- Especificações técnicas de todos materiais e serviços;
- Orçamento completo e composições de preços (com uma data de referência para possíveis atualizações).

Projetos de Engenharia

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

- **Projeto Executivo:**
 - Subprojetos:
 - Topográfico;
 - Arquitetônico, paisagístico e cercamento;
 - Mapa de risco (segurança do trabalho);
 - Vias de circulação, pavimentos e sinalização;
 - Estrutural, geotécnico e fundações;
 - Drenagem e tratamento preliminar de águas pluviais;
 - Drenagem, acúmulo e tratamento de líquidos (chorume);
 - Elétrica, iluminação, telefonia e descargas atmosféricas;
 - Hidráulico e sanitário;
 - Prevenção e combate a incêndios;
 - Manual de operação.

Projetos de Engenharia

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

- **Podem Fazer Parte do Projeto Executivo Ainda:**
 - Documentação para obtenção de:
 - Licenças Municipais;
 - Outorgas;
 - Licenças Ambientais;
 - Etc..

Seleção de Áreas para Empreendimentos

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

- **Requisitos:**

- Cada empreendimento apresenta requisitos específicos para sua implantação.
- De forma geral estes requisitos compreendem:
 - Área superficial suficiente para atendimento até fim de plano;
 - Distâncias mínimas e máximas (vizinhança; custos de transp.);
 - Não ser susceptível a inundações e/ou deslizamentos;
 - Minimização dos impactos ambientais;
 - Acessibilidade durante todas as épocas do ano;
 - Minimização de impactos no trânsito;
 - Aceitação da população local ou distância suficiente para não trazer desconforto para população do entorno;
 - Estar de acordo com planos diretores e de zoneamento;
 - Etc.

Exercício

- Geração de Resíduos dentro de um Horizonte de Projeto:

Estimar a geração futura de RSU da área urbana de um município “X” com população censitária e geração de resíduos conforme a tabela abaixo, para um horizonte de projeto de 20 anos com início de plano previsto para 2020. **Ainda não existe coleta seletiva no município.**

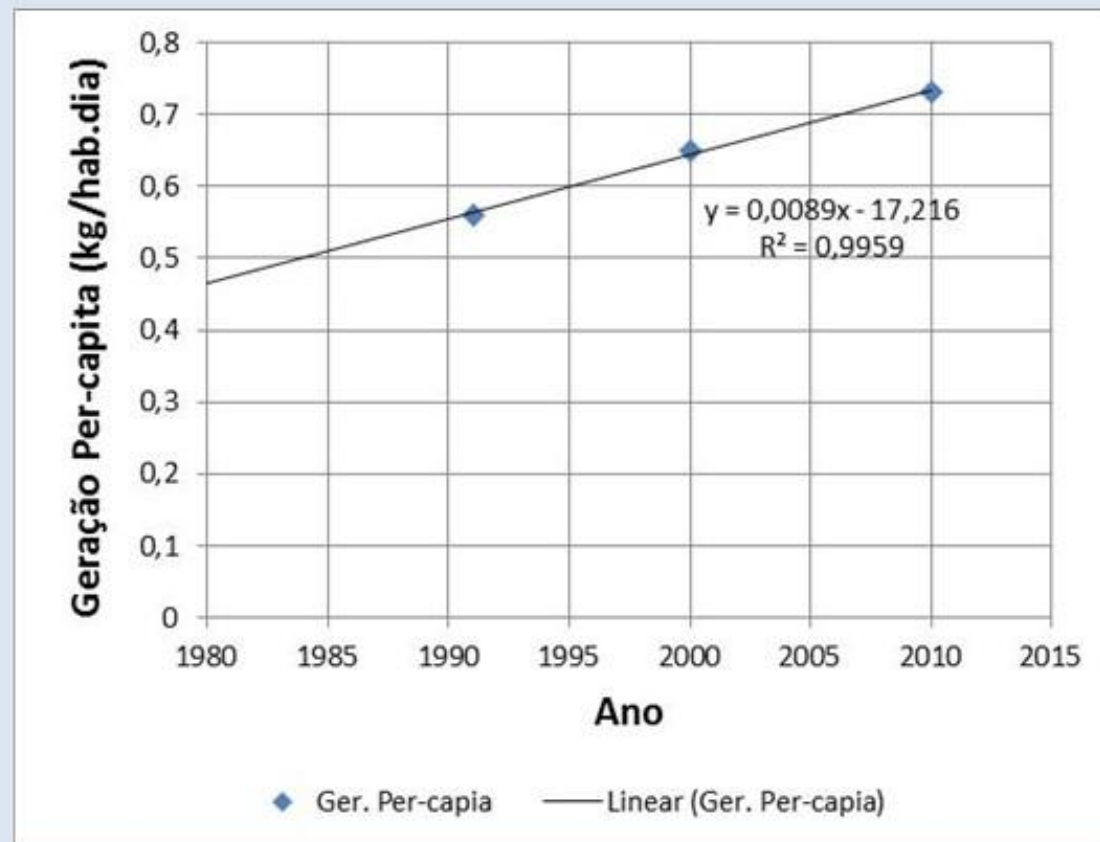
Ano	População Rural	População Urbana	População Total	RSU (ton/ano)	RSU (ton/hab.ano)	RSU (kg/hab.dia)
1980*	10.334	66.174	76.508	-	-	-
1991	5.118	92.865	97.983	18.982	0,204	0,56
1996	-	-	105.989	22.765	-	-
2000	2.364	109.232	111.596	25.915	0,237	0,65
2010	1.359	117.102	118.461	31.202	0,266	0,73

* Somente em 1990 iniciou-se a pesagem dos resíduos gerados no município.

Exercício

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

- Geração de Resíduos dentro de um Horizonte de Projeto:
 - Definir um modelo para variação da geração per-capita de resíduos ao longo do alcance do projeto.



- Neste caso, um modelo de crescimento linear parece ser bem adequado, mas mesmo assim **checar os valores de fim de plano** para verificar se são coerentes ou adequados.