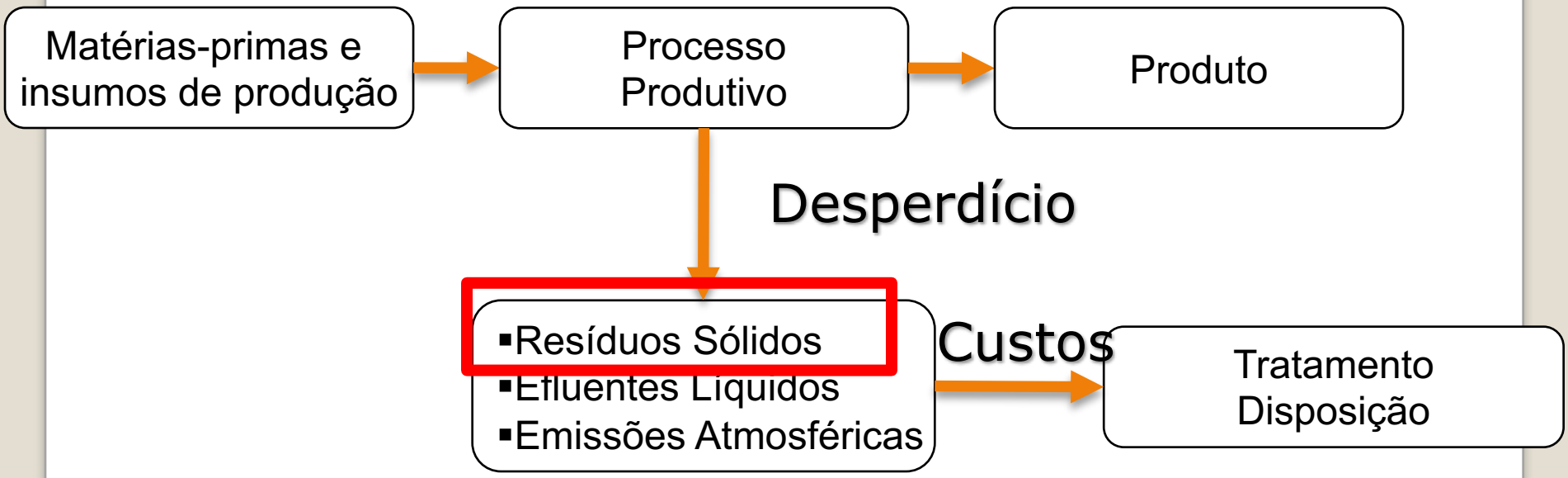
PHA 3001 – Engenharia e Meio Ambiente

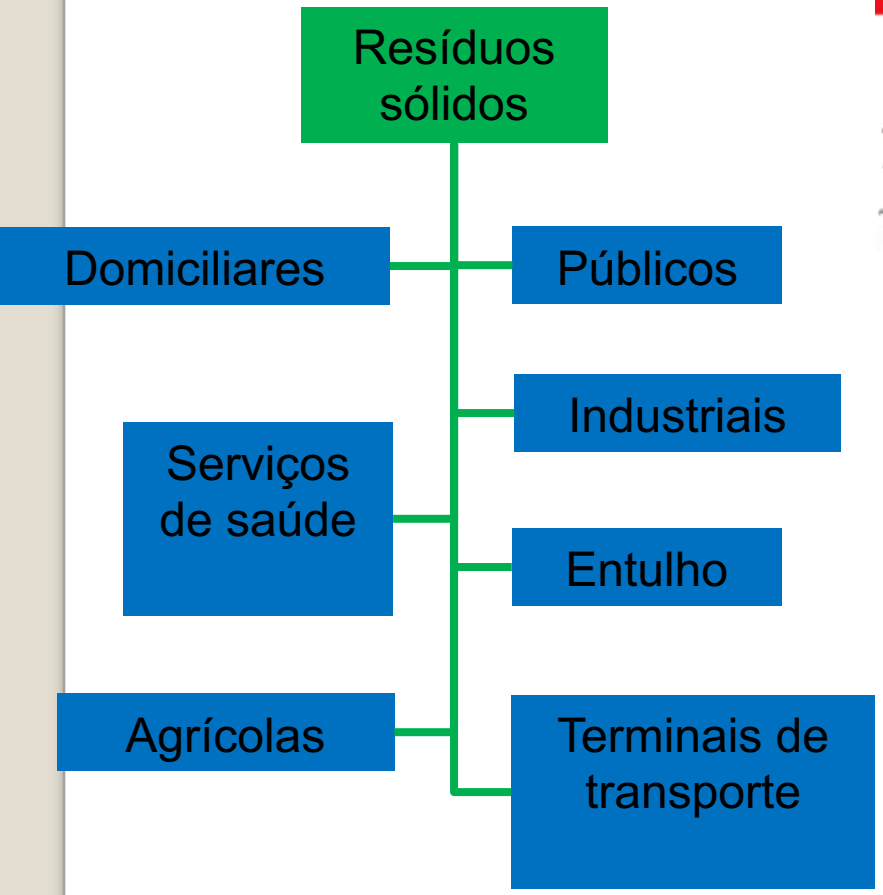
Aula 6– Resíduos Sólidos – Industriais e Urbanos

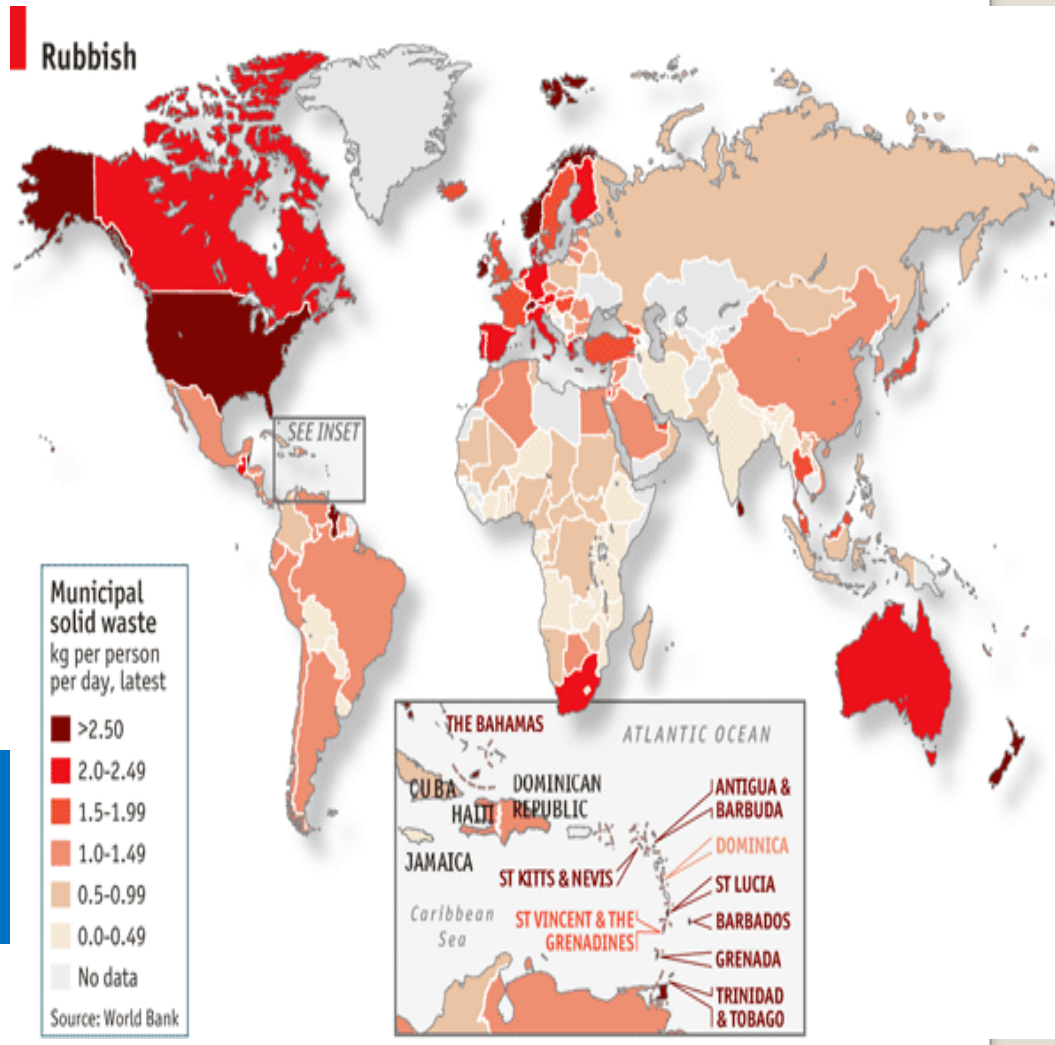
Amarilis L C F Gallardo

geração de resíduos em processos produtivos



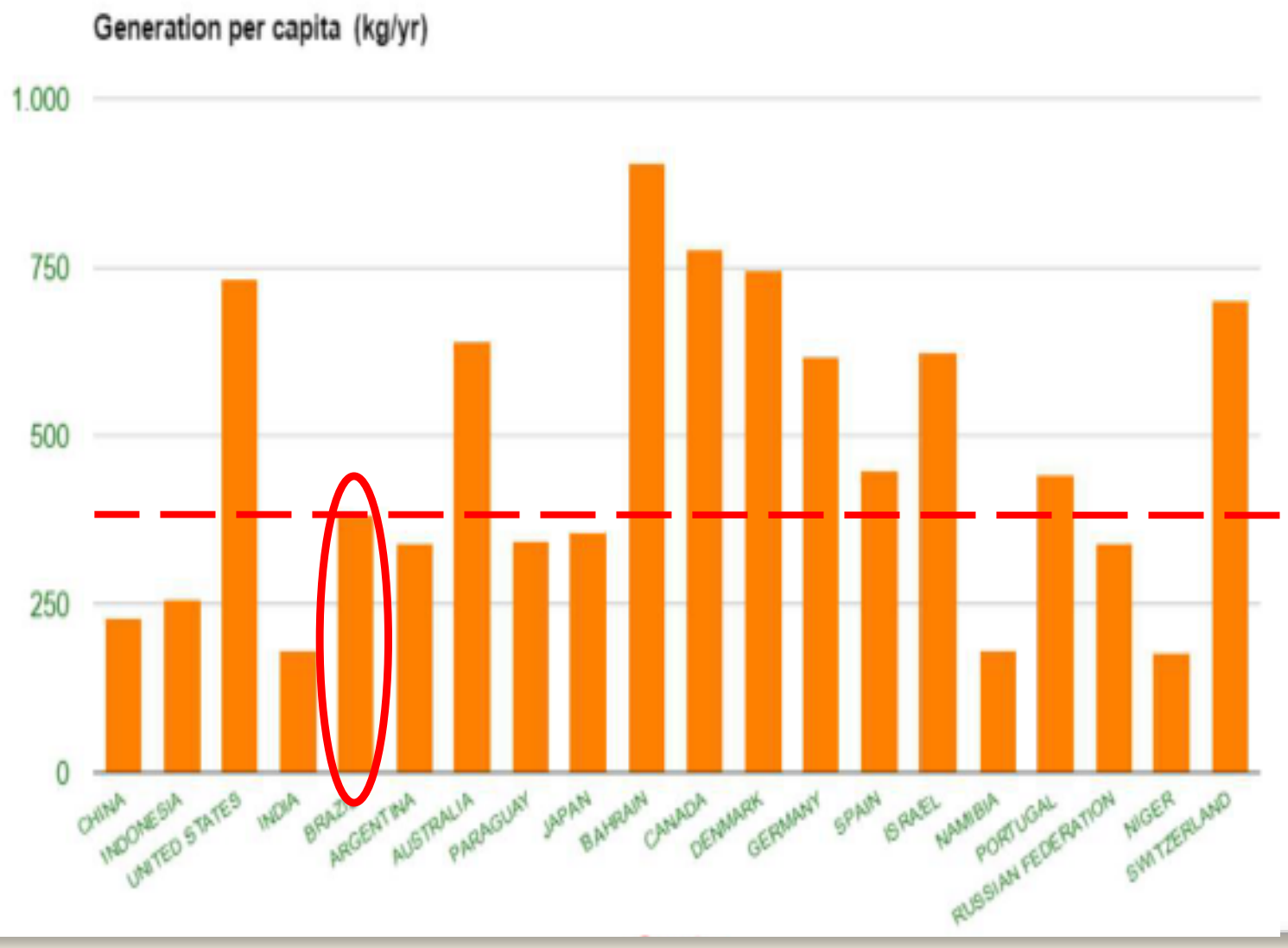
Caracterização de resíduos sólidos





Fonte: The Economist (2012)

Números


Generation per capita (kg/yr)
1.000
750
500
250
0
CHINA
INDONESIA
UNITED STATES
INDIA
BRAZIL
ARGENTINA
AUSTRALIA
PARAGUAY
JAPAN
BAHRAIN
CANADA
DENMARK
GERMANY
SPAIN
ISRAEL
NAMIBIA
PORTUGAL
RUSSIAN FEDERATION
NIGER
SWITZERLAND

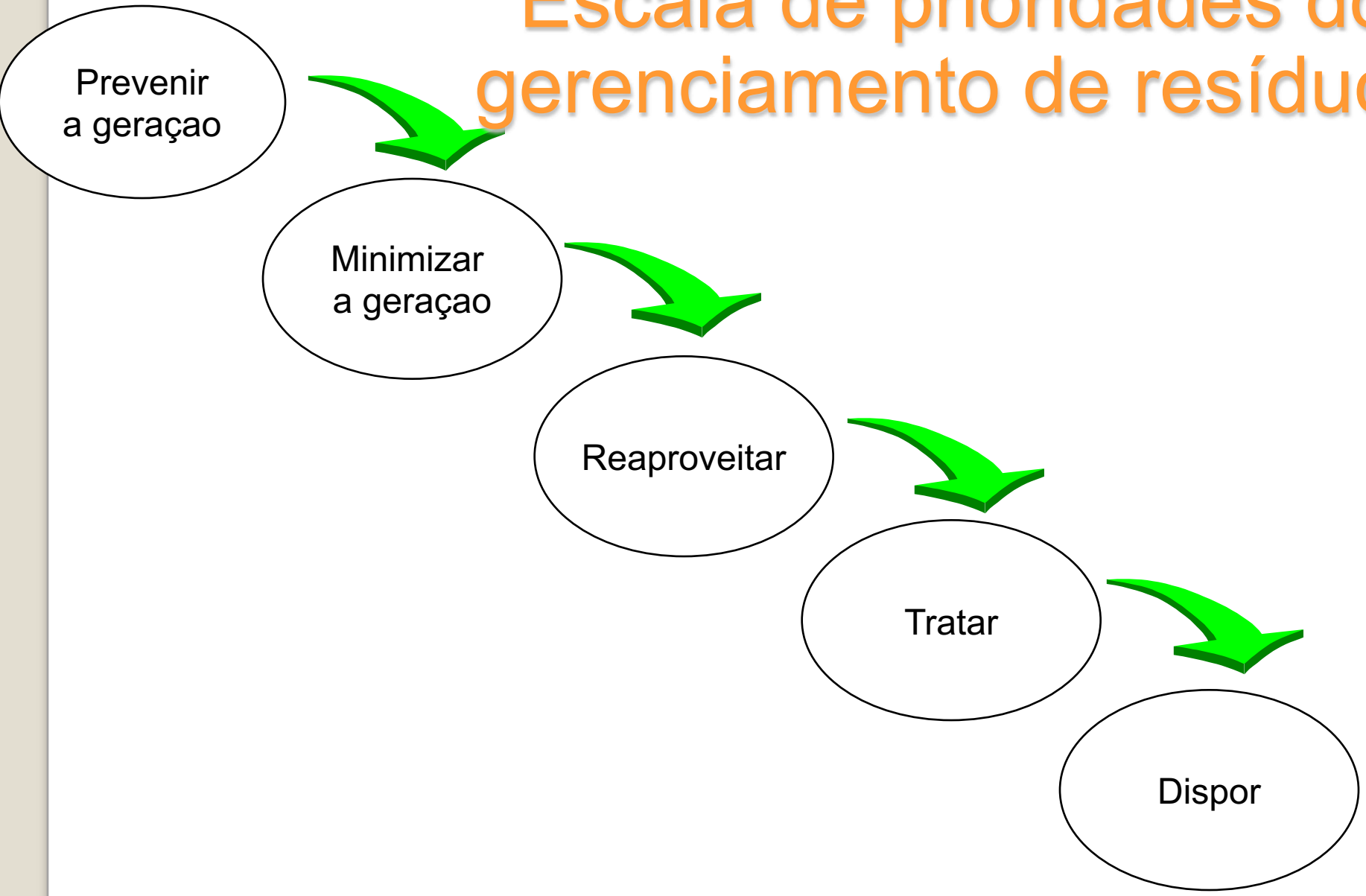
Resíduos Sólidos

Definição – Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

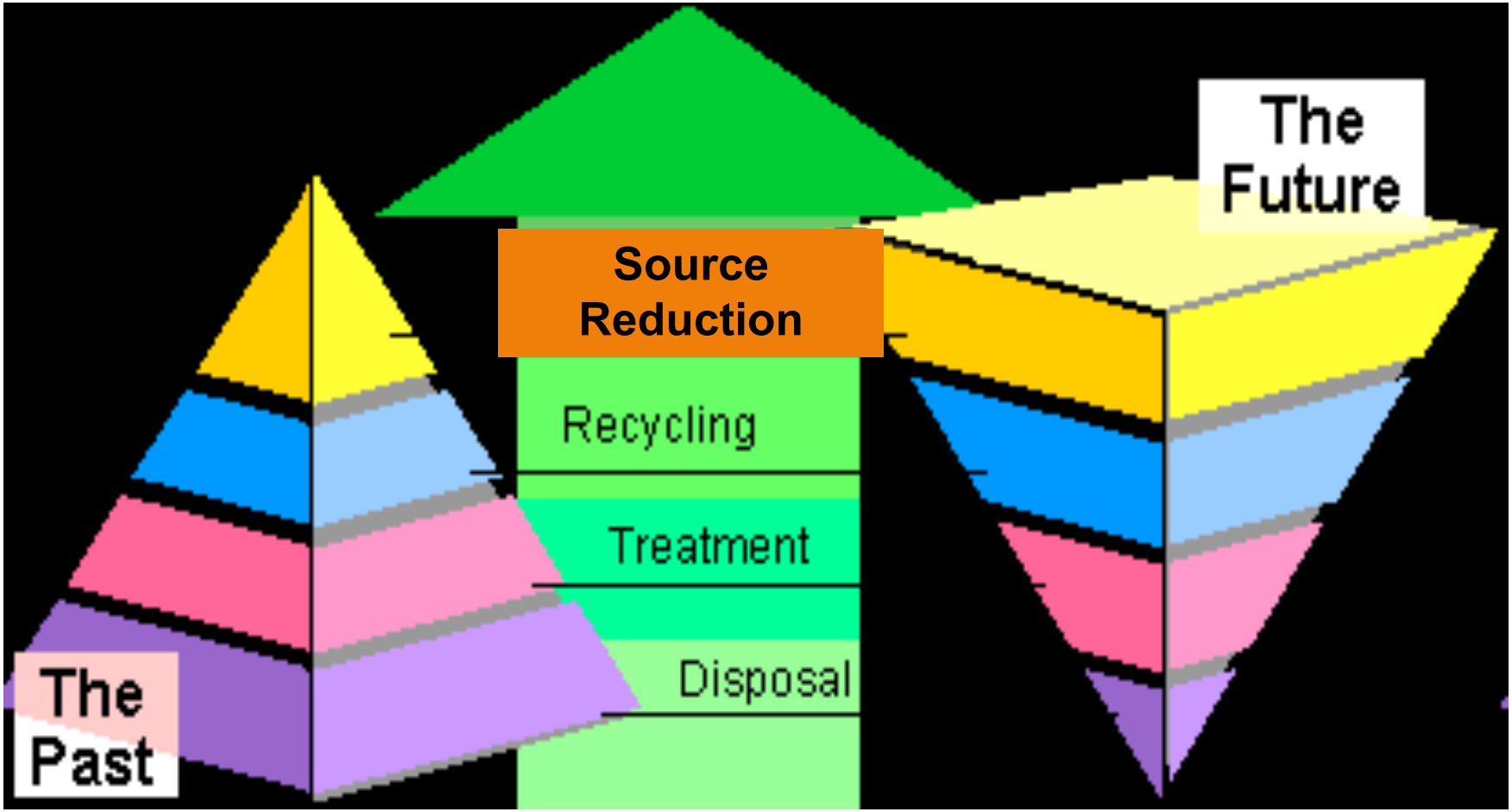
Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades 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

O que fazer com os resíduos?

Escala de prioridades do gerenciamento de resíduos



gerenciamento de resíduos



RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

- **São Paulo: 20 mil tons/dia (250 tons recicladas)**
- **Rio de Janeiro: 8,4 mil tons/dia (252 tons recicladas)**
- **Pequim: 18 mil tons/dia (720 tons/recicladas)**
- **Nova York: 40 mil tons/dia (1.725 tons/recicladas)**
- **Grande Londres: 54 mil tons/dia (18.360 tons/recicladas)**

✓ **São Paulo: 1,8% de reciclado!**

✓ Fonte: revista Folha de São Paulo (20 a 26/04/2014)

Gestão de resíduos sólidos

- Contexto a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS - Lei nº 12.305/10

- Fontes de resíduos/impactos ambientais

- Gestão ambiental:
  - ✓ Redução, Reutilização, Reciclagem
  - ✓ Cenários de destinação final

Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo (abril/2014)

- atende a PNRS;
- prevê aumentar a reciclagem de 1,8% a 10% (2016);
- levar coleta seletiva para bairros;
- estimular a transformação de lixo orgânico em adubo;
- metas até 2016.

Dados da abrelpe: 03/2018 – 2 a 3%

Definição Técnica: resíduos sólidos

Pela Norma NBR 10.004/2004:

- Materiais nos estados sólido e semi-sólido;
- Resultam de atividades da comunidade, de origem Industrial, Doméstica, Hospitalar, Comercial, Agrícola, de Serviços e de Varrição.

O que fazer? Depende...

Classificação de Resíduos – ABNT NBR 10.004

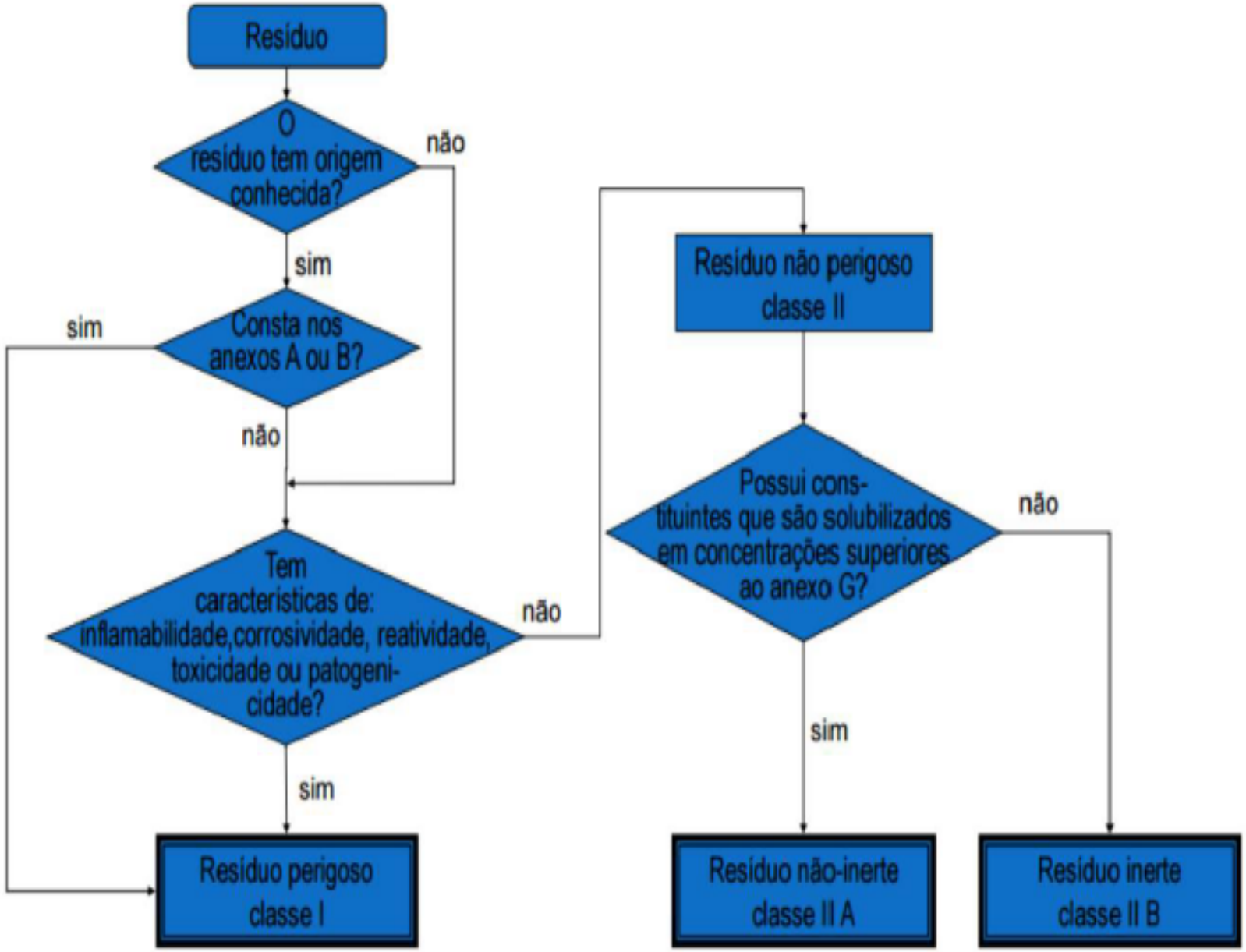
1º) É necessário saber se esse resíduos é perigoso

2º) – Se for perigoso, é classificado como “Classe I” e deve ser mandado a um aterro de resíduos perigosos
– Se não for perigoso, é classificado como “Classe II”

Resíduos não perigosos podem, durante sua decomposição, liberar compostos com o tempo e causar contaminação. Dessa forma, é necessário avaliar o comportamento desse resíduo Classe II, antes de destiná-lo

3º) – Se o Resíduo Classe II apresentar perigo de lixiviar metais e outros compostos, ele é **Não Perigoso e Não Inerte (Resíduos II-A)** e deve ser destinado a aterro específico.

4º) – Se o Resíduo Classe II não apresentar perigo após longo prazo de exposição, ele é **Não Perigoso e Inerte** e pode ser destinado a um aterro sanitário.

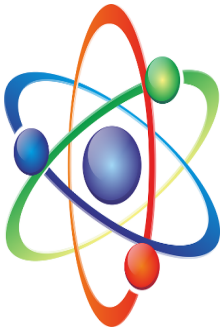

Resíduo
O resíduo tem origem conhecida?
não
sim
Consta nos anexos A ou B?
sim
não
Tem características de: inflamabilidade,corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade?
não
sim
Resíduo perigoso classe I
Resíduo não perigoso classe II
Possui constituintes que são solubilizados em concentrações superiores ao anexo G?
não
sim
Resíduo não-inerte classe II A
Resíduo inerte classe II B

Resíduos Perigosos

Apresentam uma ou mais das seguintes características

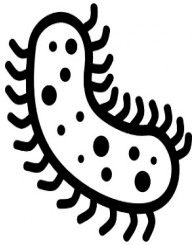
Inflamabilidade

Corrosividade



Reatividade

Toxicidade



Patogenicidade

Mutagenicidade

Teratogenicidade

Carcinogenicidade

Resíduos Perigosos

Inflamabilidade: Ponto de fulgor < 60ºC, Compostos Oxidantes, Combustíveis.

Corrosividade: pH < 2 ou pH > 12,5 . Ácidos, bases, mesmo diluídos em água.

Reatividade: Instáveis, liberam vapores tóxicos, reagem violentamente com H_2O, formam misturas explosivas.

Toxicidade: Persistentes, bioacumulativos, Dose Letal 50 oral < 50 mg/kg de massa corpórea; ex metais pesados.

Patogenicidade: Transmissão de doenças; ex: resíduos hospitalares

Mutagenicidade: Danos ao DNA na sua replicação – transmissível aos descendentes

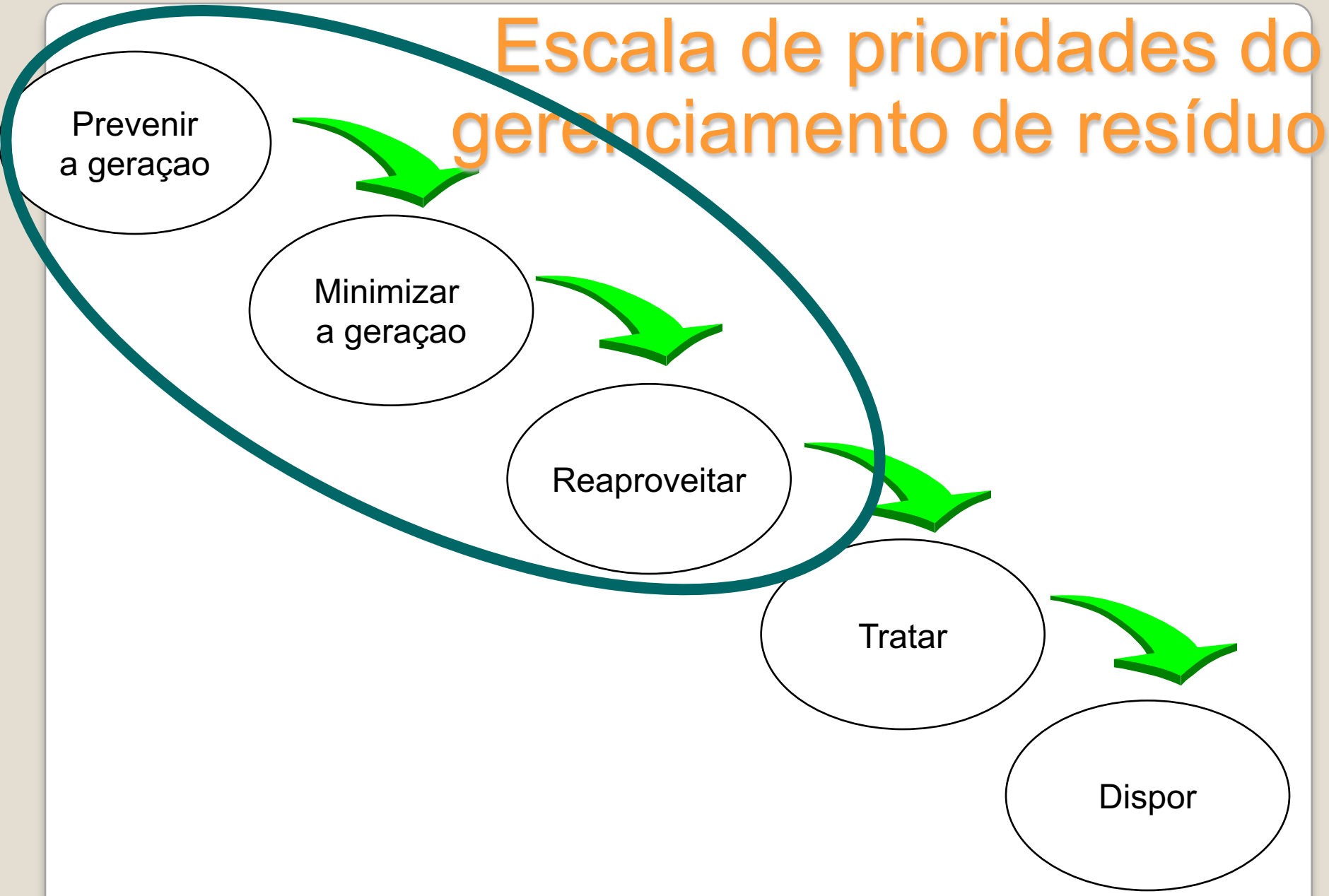
Teratogenicidade: Riscos de deformidade ao feto

Carcinogenicidade: altera a replicação celular e expressão dos genes.

Classificação dos Resíduos

- Assim, para os efeitos da NBR-10.004, os resíduos são classificados em:
  - resíduos classe I - Perigosos;
  - resíduos classe II – Não perigosos;
    - resíduos classe II A – Não inertes.
    - resíduos classe II B – Inertes.

Escala de prioridades do gerenciamento de resíduos

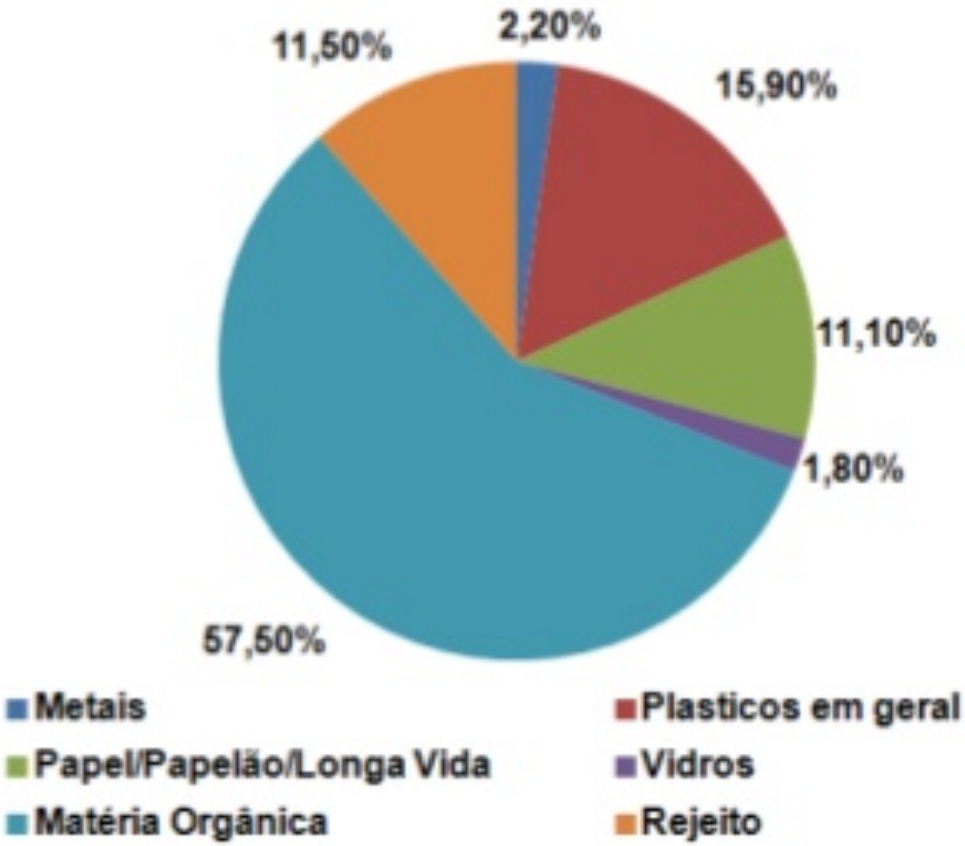


Variáveis para Gerenciamento

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	IMPORTÂNCIA
TAXA DE GERAÇÃO	Quantidade de lixo gerada por unidade em um tempo específico	Fundamental para o planejamento e dimensionamento de instalações e equipamentos
COMPOSIÇÃO QUÍMICA	Refere-se às várias frações do lixo	Estudos de aproveitamento e reciclagem
DENSIDADE APARENTE	Relação entre a massa e o volume	Determina a capacidade dos meios de coleta, transporte e disposição final
UMIDADE	Quantidade de água contida na massa de lixo	Influência na tecnologia de tratamento do lixo
PODER CALORÍFICO	Quantidade de calor gerada pela combustão de 1Kg de lixo	Avaliação para incineração
COMPOSIÇÃO QUÍMICA	Análise da composição química do lixo	Definição da forma mais adequada de tratamento e disposição final

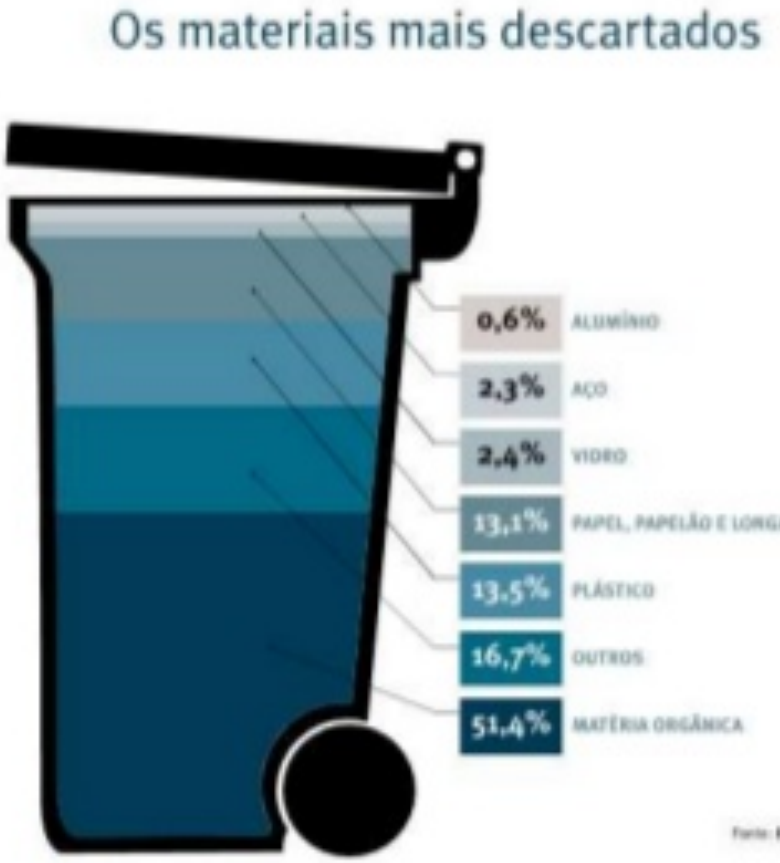
Fonte: IPT/CEMPRE - Lixo Municipal, 1998

3. E no Brasil....do que é composto o nosso resíduo urbano??



Composição gravimétrica da massa de resíduos sólidos urbanos de São Paulo/SP

Fonte: Agostinho *et al* (2013)



Composição da massa de RSU no Bras

Fonte: Cempre (2013)

5. A reciclagem apresenta vantagens ambientais?

4. A reciclagem apresenta vantagens econômicas?

- Em 2012, a coleta de latas de alumínio para bebidas injetou R$ 630 milhões na economia nacional.

- Além disso, por consumir apenas 5% de energia elétrica, quando comparado ao processo de produção de metal primário, a reciclagem das 267,1 mil toneladas de latas proporcionou uma economia de 4.000 GWh ao país.

- Número equivalente ao consumo residencial anual de 6,6 milhões de pessoas, em dois milhões de residências

Fonte: Associação Brasileira do Alumínio

Reciclagem

5 milhões de toneladas

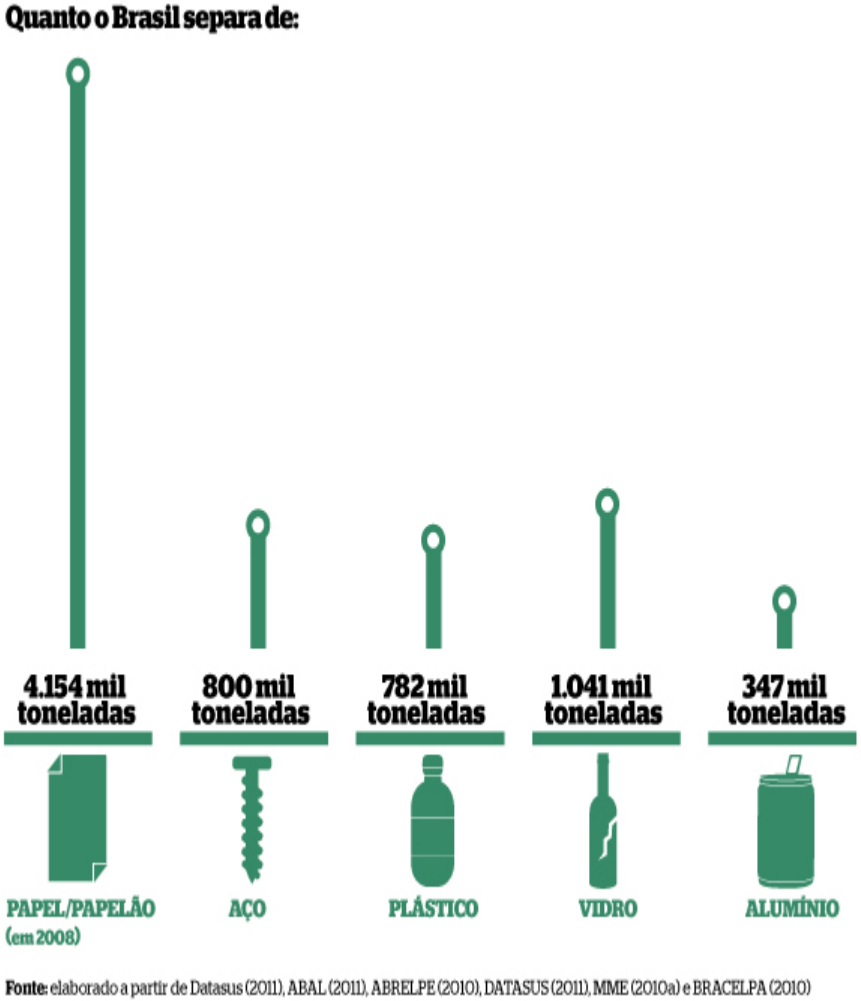
2003

7,1 milhões de toneladas

2008

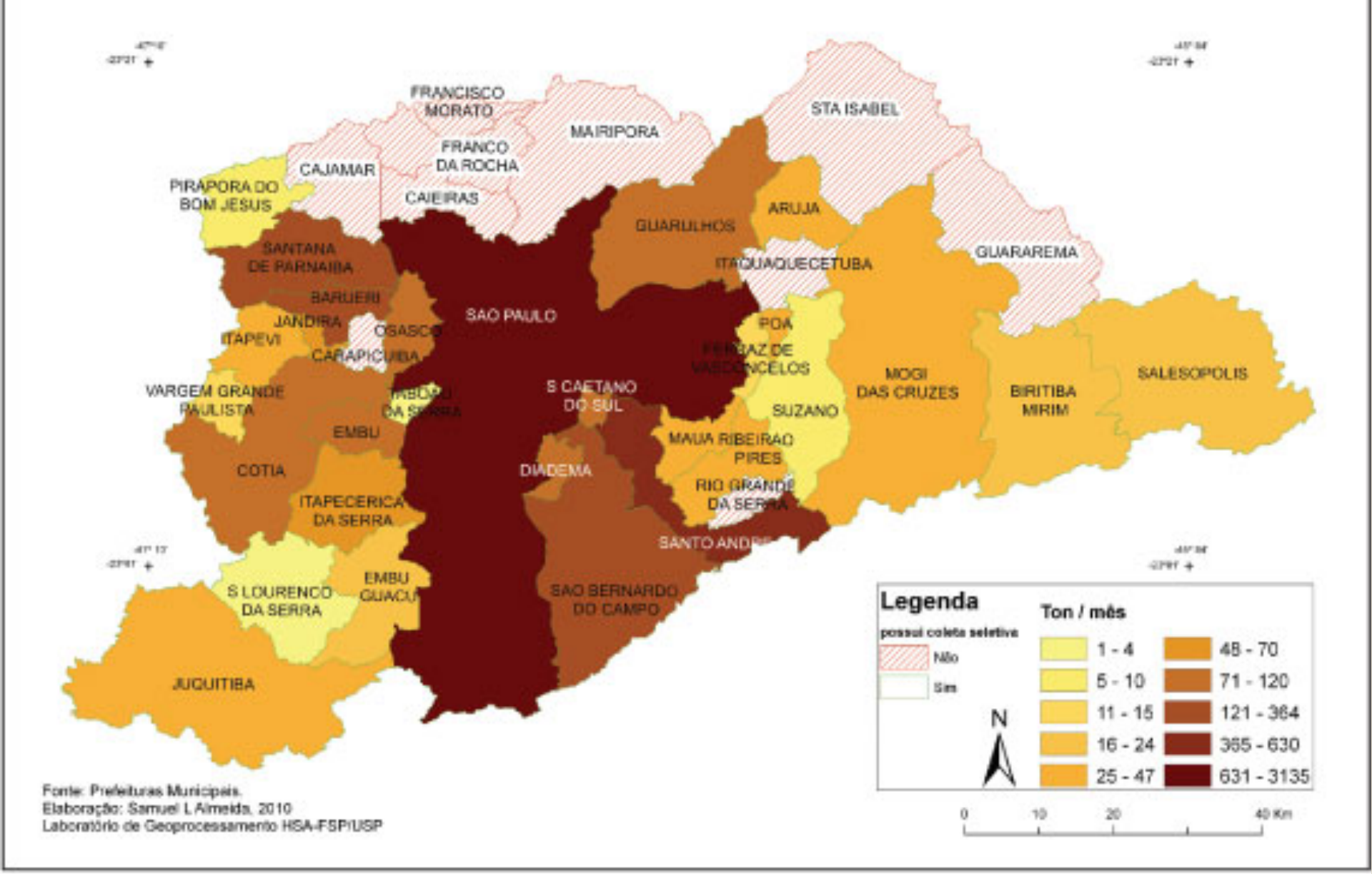
$$$ Movimentação de 12 bilhões de reais por ano

Reciclagem



Apesar dos avanços na área, o Brasil possui apenas 17% dos munícipios oferecendo serviços de coleta seletiva

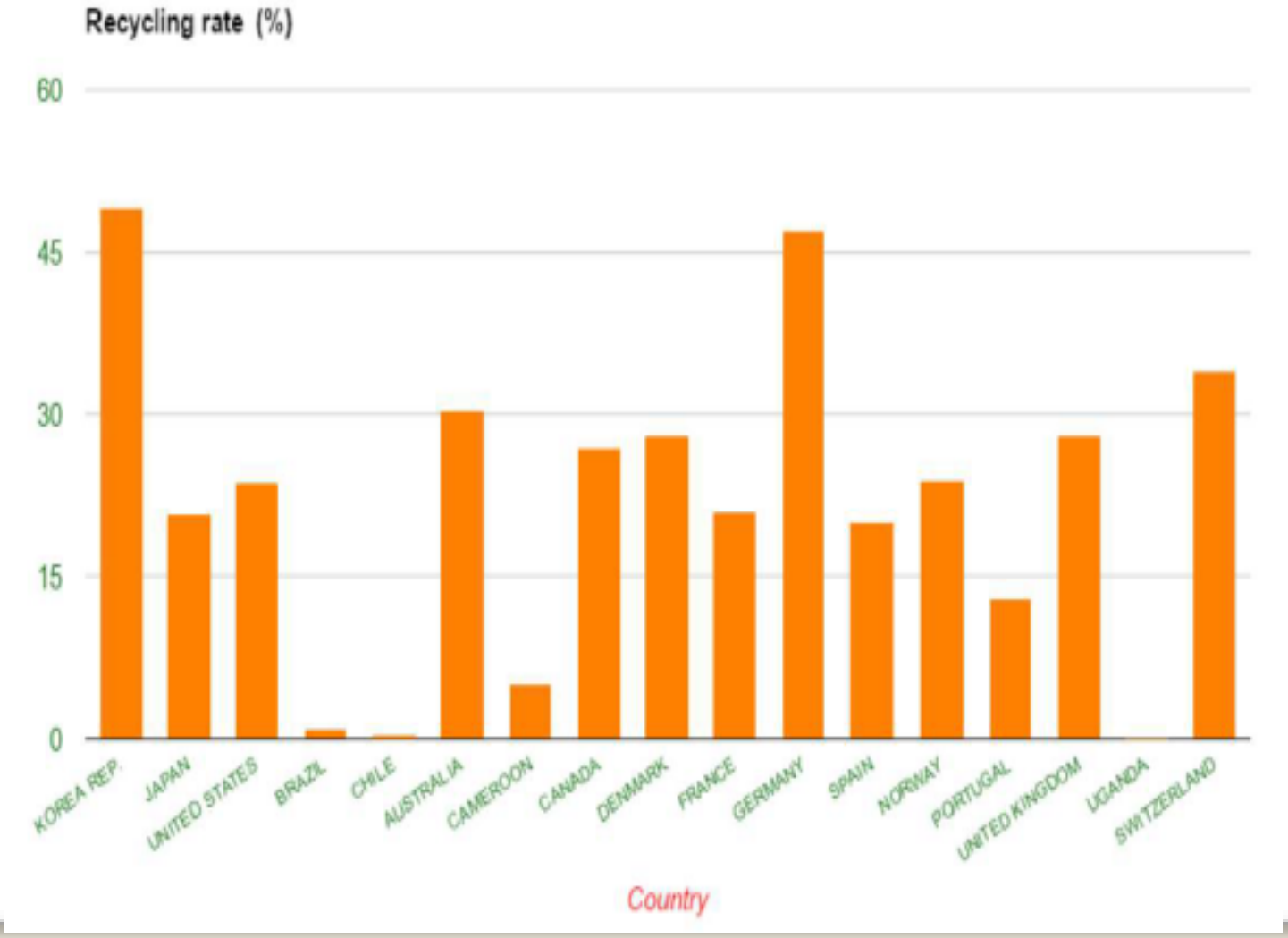
85% destes 17% estão nas regiões Sul e Sudeste



Fonte: Besen (2011). Baseada em dados fornecidos pelas prefeituras municipais, março de 2010.

Figura 2 – Mapa da coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo, março de 2010.

Reciclagem


Recycling rate (%)
60
45
30
15
0
KOREA REP.
JAPAN
UNITED STATES
BRAZIL
CHILE
AUSTRALIA
CAMEROON
CANADA
DENMARK
FRANCE
GERMANY
SPAIN
NORWAY
PORTUGAL
UNITED KINGDOM
UGANDA
SWITZERLAND
Country

Reciclagem

Desafios:

- A separação manual é cara e demorada, porém tem o benefício da geração de empregos e renda.
- Em 2012, o custo da coleta seletiva ainda se mostrava 4,5 vezes maior ao da coleta convencional de resíduos.
- O aumento da escala dos serviços de reciclagem depende da consolidação de uma cadeia produtiva eficiente e dos preços dos recicláveis no mercado.

Preço Médio dos Recicláveis SP e RJ (2012)

	Papelão	Papel branco	Latas de aço	Aluminio	Vidro incolor	Plástico rígido	PET	Plástico filme	Longa vida
São Paulo	R$220 Prensado Limpo	R$420 Prensado Limpo	R$320 Limpo	R$2800 Prensado Limpo	----	R$110 Limpo	R$1150 Prensado Limpo	R$135 Limpo	R$220 Prensado
Rio de Janeiro	R$250 Prensado Limpo	R$580 Limpo	R$170 Limpo	R$2300 Limpo	R$150 Limpo	R$500 Prensado Limpo	R$1400 Prensado Limpo	R$600 Prensado Limpo	R$210 Prensado Limpo

Fonte: Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)
(http://www.cempre.org.br/servicos_mercado.php)

Reciclagem

- A reciclagem não é um processo de P2, pois utiliza água, energia e químicos

- Papel

O limite para reciclagem de papel é de até 5 vezes
Papel engordurado não pode ser reciclado
O mesmo vale para papéis higiênicos, papéis metalizados, celofane, carbono, etc
50 kg de papel reciclado equivalem à poupa de celulose de 1 eucalipto

- Plástico

Não pode ser reciclado para compor embalagens que entrem em contato com alimentos
A reciclagem evita a extração de petróleo, mas consome energia

Reciclagem

- Metais

Tempo médio de abandono de uma lata até sua coleta em SP: 1 min

Tempo de retorno de uma embalagem metálica da prateleira a prateleira: 28 dias

Em 2014 foram utilizadas 294,2 mil toneladas de latas e recicladas 289,5 mil (98,3%)

Reciclagem economiza energia e pode ser infinitamente reciclável

- Vidro

Infinitamente reciclável

A energia para reciclar é quase a mesma para fazer um novo

1 kg de vidro reciclado = 1 kg de vidro novo (processo sem perdas)

Economiza matéria prima (sílica), que é amplamente disponível

Reciclagem de Resíduos

- O sucesso dos programas de reciclagem depende:
  - Existência de mercado para absorver os materiais recicláveis;
  - Participação da população, que deve estar consciente das vantagens e dos custos associados à reciclagem, devendo estar motivadas para participar;
  - Segregação adequada dos materiais a serem reciclados.

4. A reciclagem apresenta vantagens econômicas?

MATÉRIA-PRIMA

O uso de insumo reciclado na indústria gera ganhos econômicos, além de contribuir com a solução do problema dos resíduos nas cidades brasileiras

CUSTOS DE PRODUÇÃO*

	matéria-prima virgem	−	matéria-prima reciclada	=	vantagem econômica
Aço	552		425		127
Alumínio	6.162		3.447		2.715
Celulose	687		357		331
Plástico	1.790		627		1.163
Vidro	263		143		120

* R$ por tonelada

Fonte: UCA, 2013

EMBALAGENS RECUPERADAS APÓS O USO

	Total (ton/dia)	Taxa de recuperação (associações)
Resíduo reciclável total	18.003	65,3%
Alumínio	711	98,5%
Aço	1.698	49,2%
Papelão	9.827	72,7%
Plástico	2.841	56,8%
Vidro	2.926	49,9%

Fonte: IPEA e SNIS

Dados revista exame – março/2013

Segundo relatório da Agência Europeia do Ambiente,

- a taxa de reciclagem dos países europeus aumentou 21% entre 2001 e 2010;
- 35% de todo o lixo gerado nas cidades ganha vida nova e ainda gera receita a gestão de resíduos sólidos da União Europeia já rende 1% do PIB do bloco;
- mercado que emprega 2 milhões de pessoas e rende 145 bilhões de euros por ano.

  - Proposta: taxa de reciclagem de lixo urbano de **50% até 2020**.
  - Cinco: Áustria, Alemanha, Bélgica, Holanda e Suíça,

  - Brasil recicla apenas 13% de seus resíduos urbanos (IPEA).

ECONOMIA

BELO HORIZONTE
13 SETEMBRO 14H32

CAPA | SUPERFC | CIDADES | DIVERSÃO | INTERESSA | MAIS

Eleições 2018 | Blog Olho Neles | Caça-Fake | Aparte | Política | Brasil | Econo

Especiais: A Revolta dos Centavos | Minas no Brasil de 2018 | Balé da Copa | Tempo de Bike | Game: Em

PERDAS

Brasil perde R$ 120 bilhões por ano ao não reciclar lixo

País gera quase 80 milhões de toneladas de rejeitos anualmente e só reaproveita 3% do total

Geral

Brasil perde R$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos

O tratamento dos resíduos ainda é inadequado, apontam especialistas

Publicado em 07/06/2018 - 16:08 Por Camila Boehm - Repórter da Agência Brasil São Paulo

O Brasil produz mais de 78,3 milhões de

Publicidade

sustentabilidade

Brasil recicla 280 mil toneladas de latas de alumínio e mantém índice próximo a 100%

Em 2016, a coleta de latas de alumínio para bebidas foi responsável por injetar R$ 947 milhões na economia nacional

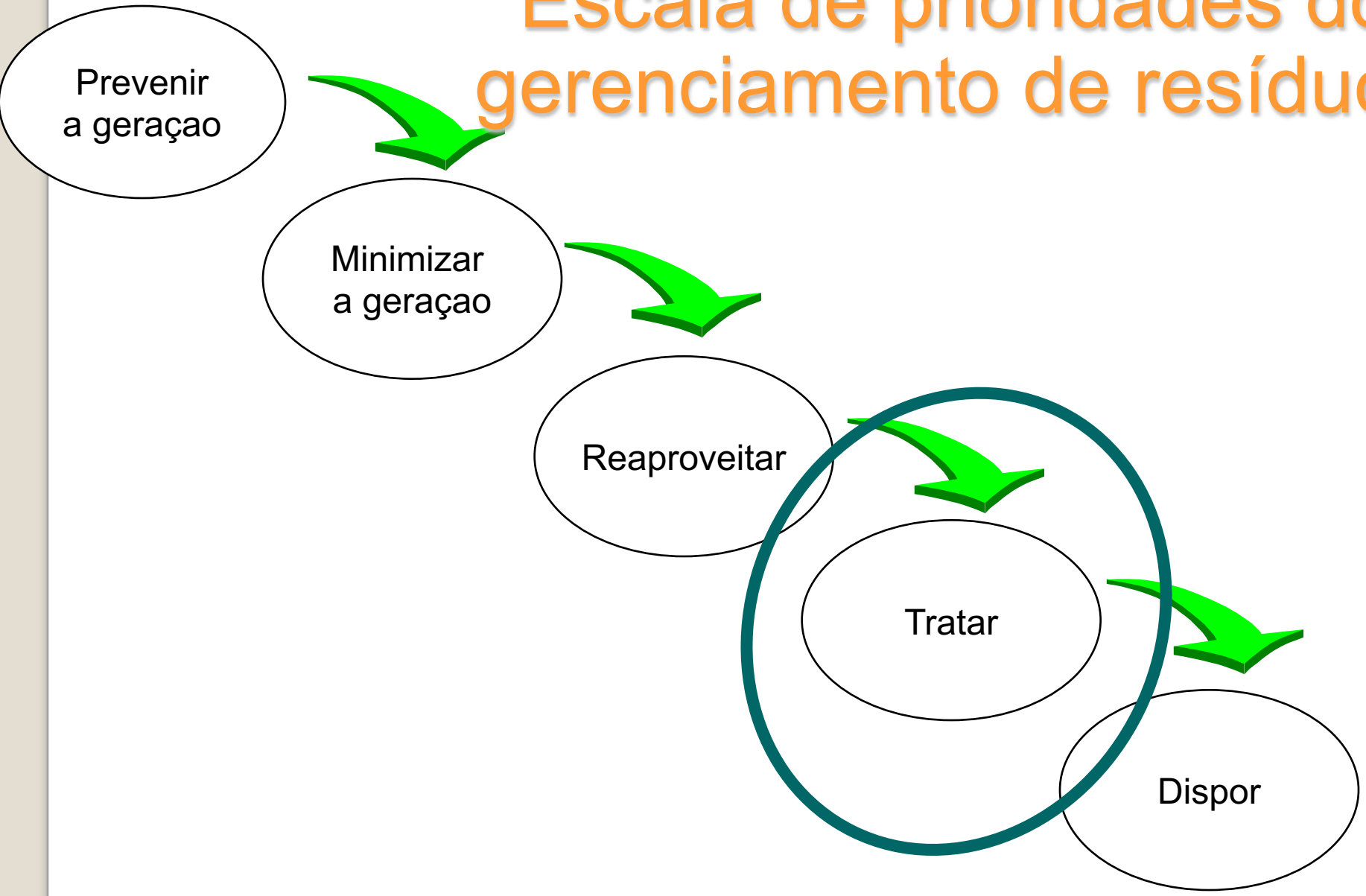
Resíduos:

- ✓ **cada vez mais é visto com valor econômico (movimenta cadeias produtivas!) – ex. Landfill mining!**
- ✓ **Deve ser discutido e integrado como peça fundamental no planejamento e gestão**
- ✓ **E quando o resíduo não é visto dessa forma?**

Landfill mining and reclamation (LFMR) is a process whereby solid wastes which have previously been landfilled are excavated and processed.[1] The function of landfill mining is to reduce the amount of landfill mass encapsulated within the closed landfill and/or temporarily remove hazardous material to allow protective measures to be taken before the landfill mass is replaced. In the process, mining recovers valuable recyclable materials, a combustible fraction, soil, and landfill space.

INTERNATIONAL
ACADEMIC SYMPOSIUM
ON ENHANCED LANDFILL MINING

Escala de prioridades do gerenciamento de resíduos



Tratamento de Resíduos

- A maioria das técnicas de tratamento disponíveis apenas transferem os contaminantes de um meio para outro;
- Podem ser gerados subprodutos potencialmente mais tóxicos do que aqueles inicialmente existentes;
- Em geral, procura-se reduzir o seu volume ao mínimo possível, para facilitar o gerenciamento.

Compostagem

Degradação BIOLÓGICA de matéria orgânica em condições favorecidas.

Compostagem

Degradação BIOLÓGICA de matéria orgânica em condições favorecidas.

Na prática...

- Problemas operacionais
- Requer a separação da matéria orgânica dos demais resíduos
- Em condições inadequadas pode gerar mal cheiro (processo se torna anaeróbio)
- Demanda uma extensa área
- Não e viável para grandes centros urbanos

Porém...

- Uma boa iniciativa individual

Compostagem

Objetivos gerais das técnicas de tratamento

- Recuperação de energia ou algum elemento de interesse;
- Separação dos contaminantes do resíduo;
- Destruição dos contaminantes ou do resíduo como um todo;
- Fixação do contaminante em uma matriz inerte;
- Redução de volume para disposição final.

Incineração

- Queima Controlada de resíduos (900 a 1000ºC)

- Prática Controversa: benefício pelo aproveitamento energético, impactos ambientais causados por poluição

- Os resíduos domésticos tem baixo poder calorífico pois apresentam elevada umidade

- É uma alternativa aplicada para resíduos de serviço de saúde, devido à capacidade de esterilização

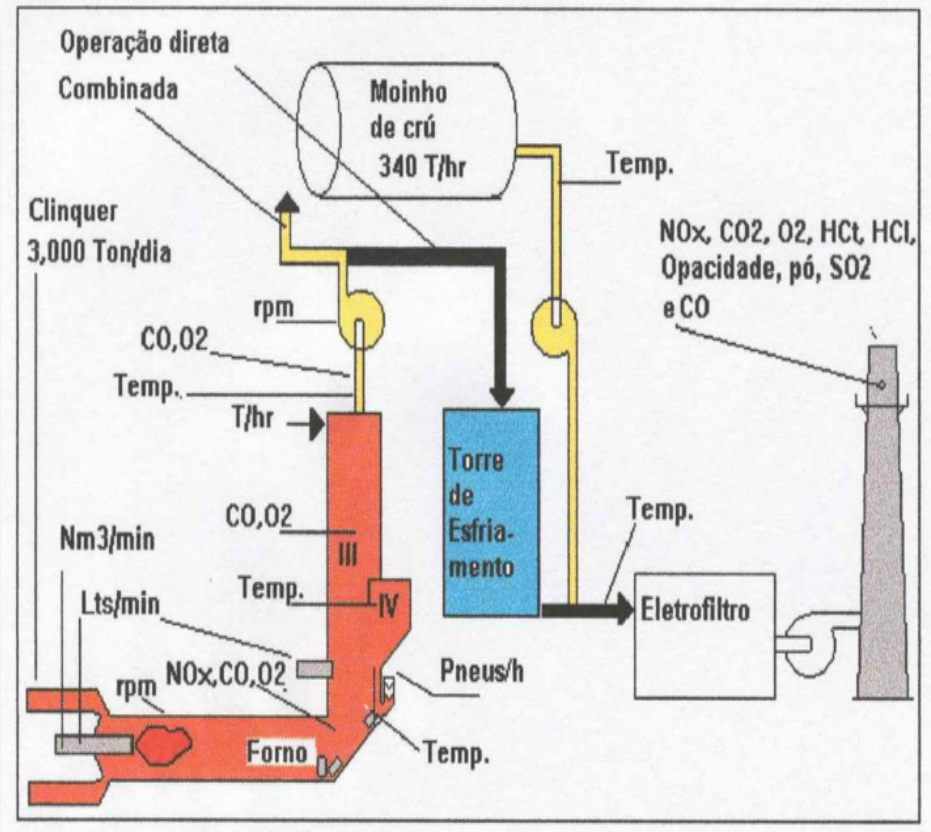
- A queima de alguns materiais (como plásticos) pode ocasionar a liberação de compostos tóxicos e cancerígenos (dioxinas e furanos)

- Operam em espaços reduzidos, pois o volume final é reduzido a até 10%
  do volume que entrou

Co-Incineração

- Fornos de cimento podem atingir temperaturas de até 2000ºC na chama do queimador principal

- O resíduo deve ser seco (sem matéria orgânica). Ex comum: pneus

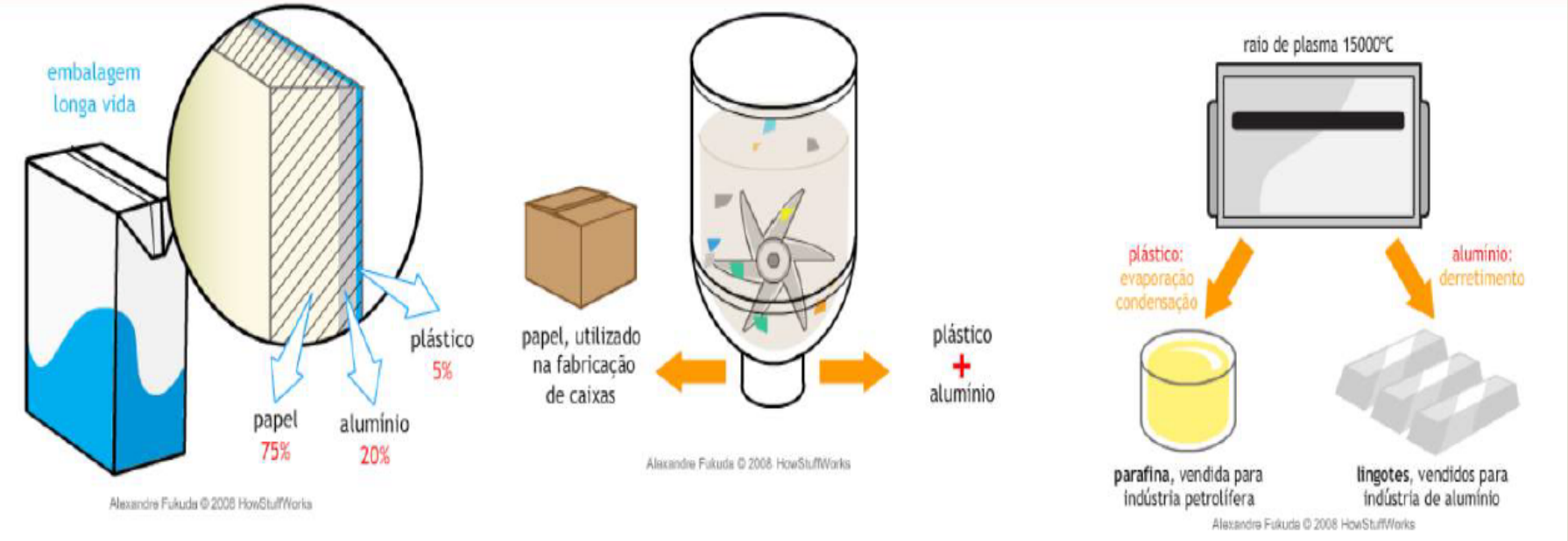


- Poder calorífico do pneu.
  - 7.000 kcal/kg.
- Poder calorífico do combustível.
  - 9.800 kcal/kg.
- Redução no consumo de combustível;
- As emissões atmosféricas devem ser devidamente monitoradas.

Outros Métodos – Plasma Térmico

Gás parcialmente ionizado produzido a alta temperatura (15.000ºC), o plasma é capaz de evaporar moléculas de carbono contidas em plásticos (condensando-as em parafina) e é capaz de derreter metais e recuperá-los posteriormente na forma de lingotes.

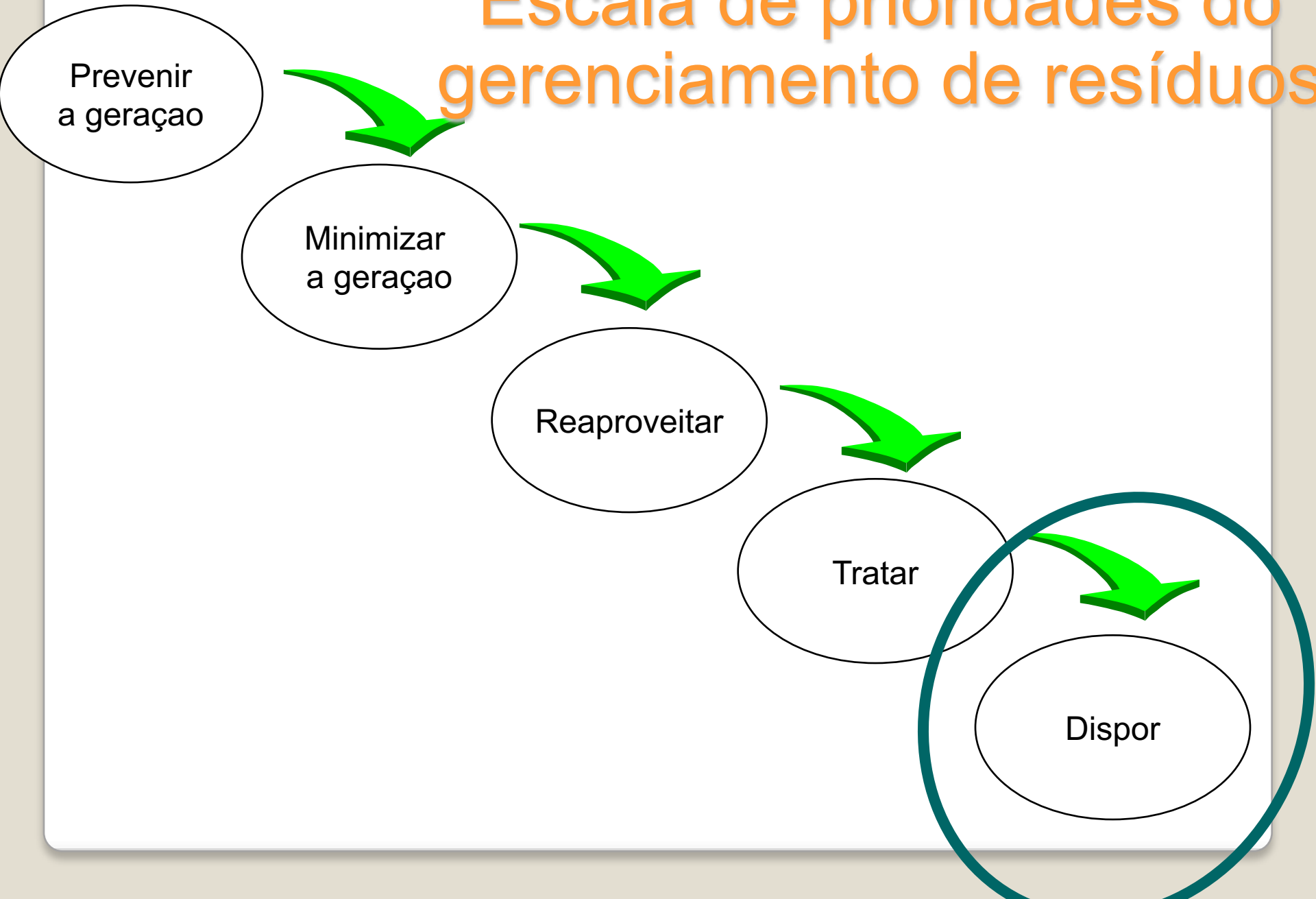
O processo vem sendo utilizado para reciclagem de embalagens longa vida, porém apresenta um custo relativamente alto comparado à destinação destas embalagens a um aterro.



Vantagens do Plasma Térmico

- A redução de volume do resíduo é significativa, podendo-se obter fatores de 100:1;
- Pode-se recuperar até 99,9 % do óleo contido no resíduo;
- Os metais são aprisionados em uma matriz cerâmica;
- O aproveitamento da energia gerada no plasma é de 85 %;
- Pode ser utilizado para **tratamento de lodos industrial e galvânico**, cinzas de **incineradores e catalisadore**s exauridos, entre outras aplicações.

Escala de prioridades do gerenciamento de resíduos



Gerenciamento dos resíduos urbanos

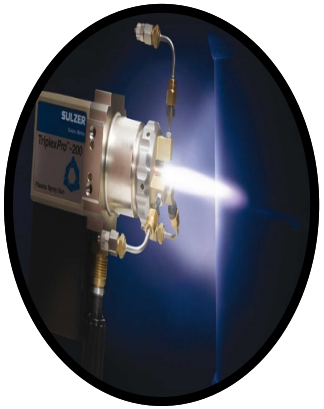
- Os procedimentos adotados para resíduos industriais, dificilmente são viáveis em áreas urbanas:
  - Quantidade elevada de lixo em função da concentração populacional;
  - Custo associado aos processos.
- Necessidade de um sistema público e comunitário que se incumba da coleta, tratamento e disposição dos resíduos urbanos.

Problemas associados aos resíduos sólidos

- <u>Quando dispostos de forma inadequada no meio ambiente:</u>
  - Contaminação do Solo e da Água Subterrânea e Superficial;
  - Proliferação de Vetores (Insetos, Roedores, entre outros), podendo trazer problemas relacionados à disseminação de doenças

Destinação de Resíduos

Aterro



Outras?

Reciclagem

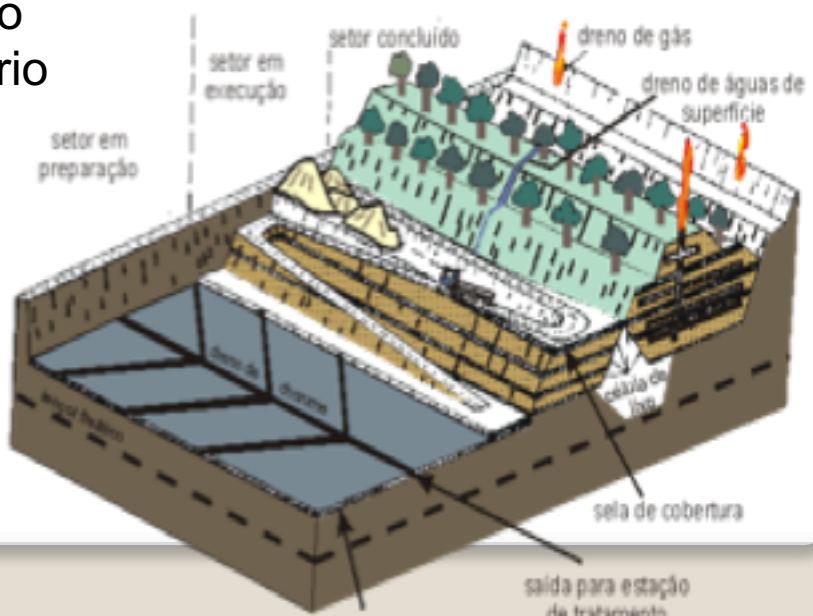
Compostagem

Incineração

Disposição final

Comum

Aterro sanitário



Aterros

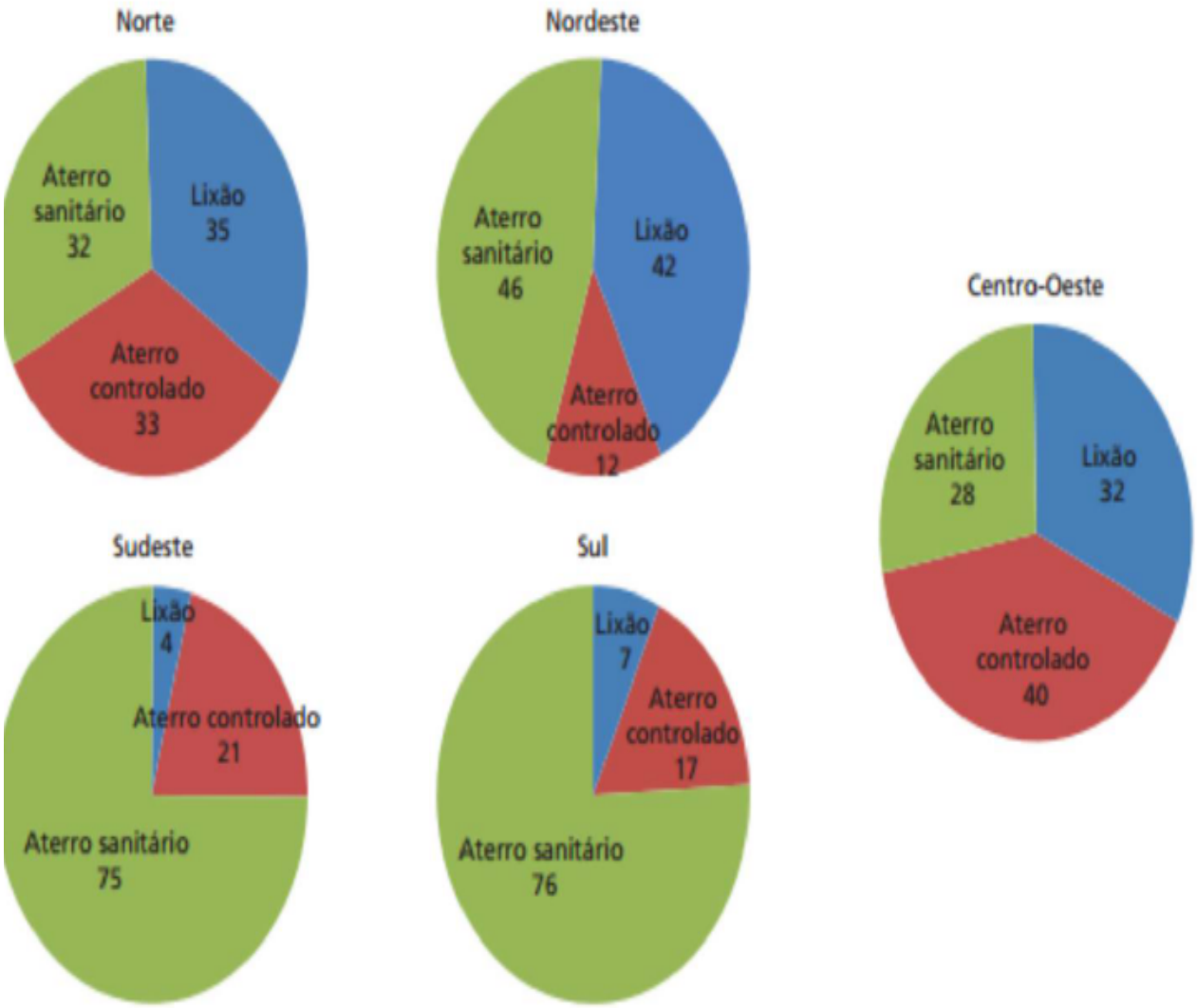
“Aterro” Comum: Também conhecidos como Lixões, os aterros comuns são terrenos desocupados que passaram a receber resíduos de forma não controlada. Não possuem nenhuma forma de revestimento no solo nem cobertura. (50,8% dos municípios brasileiros)

Aterro Controlado: Controlado apenas no nome. O aterro controlado não possui revestimento de proteção no solo. Trata-se de uma vala aberta na qual os resíduos são depositados até que seja preenchida. Depois a pilha é coberta com terra. Águas pluviais percolam sobre a pilha de resíduos enterrados, levando contaminação até o aquífero. (22,5% dos municípios brasileiros)

Aterro Sanitário: Forma ideal de controle de resíduos. O aterro sanitário é feito com base em projetos de geotecnia e fundações, de modo que as células de resíduos são acumuladas e cobertas diariamente, evitando vetores de doenças. Os acessos são controlados (evitando pessoas estranhas e animais). O solo é pouco permeável e revestido com uma manta geotêxtil impermeável. Há coleta do chorume (líquido de decomposição do lixo) e queima dos gases da decomposição (metano). (27,7% dos municípios brasileiros)

Distribuição de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para disposição no solo nas macrorregiões do Brasil (2008)

(Em %)

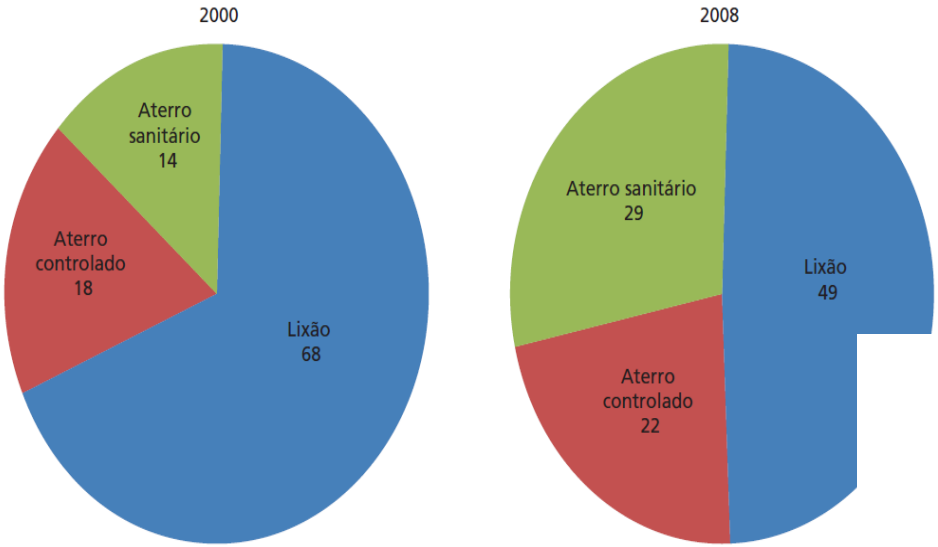


Fonte: IPEA (2009)

Política Nacional de Resíduos Sólidos

- Lei Nº 12305/2010

Fim de lixões e aterros controlados até 2014



Metas para reciclagem

Aterros – O chorume

Percolado da decomposição dos resíduos e águas pluviais.

Sua composição é variável, podendo ter uma DBO de até 10.000 mg O_2/L.

- Nos aterros comum (lixão) e controlado pode contaminar o aquífero raso.

- Nos aterros sanitários, as células de resíduos são projetadas para que haja a coleta do chorume em um tanque. O chorume é enviado até estações de tratamento de esgoto.

Aterros – O gás

Gás Natural oriundo da decomposição de matéria orgânica.

Sua composição tem frações variáveis de CH_4, CO_2, H_2O e hidrocarbonetos.

- Nos aterros comum e controlado o gás vaza para a atmosfera.

- Nos aterros sanitários há a coleta dos gases e queima. Em alguns casos, o gás pode ser aproveitado ara obtenção de energia.

A queima do metano libera CO_2, gás considerado menos “estufa” do que o metano.

Aterros – Plano de Encerramento

Outra particularidade dos Aterros Sanitários é que o projeto prevê uma reabilitação da área depois de concluídas as atividades do Aterro.

O Aterro pode se tornar um parque de lazer, ou área de proteção. O chorume e os gases da decomposição continuam a ser coletados e tratados.

Devido à instabilidade das fundações (resíduos em decomposição), não é recomendada a construção de edificações com fundações profundas.

Spetacle Island
(Boston-EUA)

(Aterro x Parque)

Aterro finalizado

Resíduos Perigosos

- Principais fontes de Resíduos Perigosos:
  - Indústrias;
  - Nucleares ou Radiativas;
  - Biomédicos
  - Atividades diversas, onde se manipulam substâncias perigosas.

Exemplos da Geração de Resíduos Perigosos

Setor	Fonte	Resíduos Perigosos
• Serviços, Comércio e Agricultura	Veículos Aeroportos Lavagem a Seco Transformadores Hospitais Fazendas, parques, etc	Resíduos oleosos Óleos, fluídos hidráulicos Solventes halogenados Bifenilas policloradas Resíduos patogênicos Resíduos de pesticidas.
• Indústria de pequeno e Médio Portes	Tratamento de metais (galvanoplastia, etc) Fabricação de Tintas Curtumes	Lodos contendo metais pesados. Solventes e borra de tintas. Lodos contendo cromo
• Indústria de Grande Porte	Processo de extração de bauxita, e fabrica-ção de alumínio. Refinarias de Petróleo Produção de Cloro Química	Resíduos do beneficiamento da bauxita e produção do alumínio. Catalisadores e resíduos oleosos Lodos contendo mercúrio Resíduos diversos.

Gestão dos Resíduos Perigosos

- Priorizar opções que visem minimizar a geração dos resíduos perigosos, como por exemplo:
  - Substituição de materiais tóxicos por outros que apresentem um menor grau de toxicidade;
  - Utilizar substâncias com maior grau de pureza, de forma a minimizar a geração de subprodutos;
  - Reutilizar ou reciclar os resíduos perigosos ou não.

Gestão dos Resíduos Perigosos

- Substituição de materiais tóxicos por outros que apresentem um menor grau de toxicidade: **tintas com metais pesados** (cádmio, chumbo, crômio e mercúrio), que se acumulam na gordura da pele e nos ossos; **colas** de carpetes, de compensados e de papel de parede têm a possibilidade de gerar dioxinas cancerígenas no processo de queima. **Opções:** tintas de látex e as colas feitas à base de água, as divisórias feitas de materiais naturais -cortiça, fibras de coco ou madeira- e os tapetes de sisal

- Utilizar substâncias com maior grau de pureza, de forma a minimizar a geração de subprodutos: alguns polímeros em indústrias químicas; processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema;

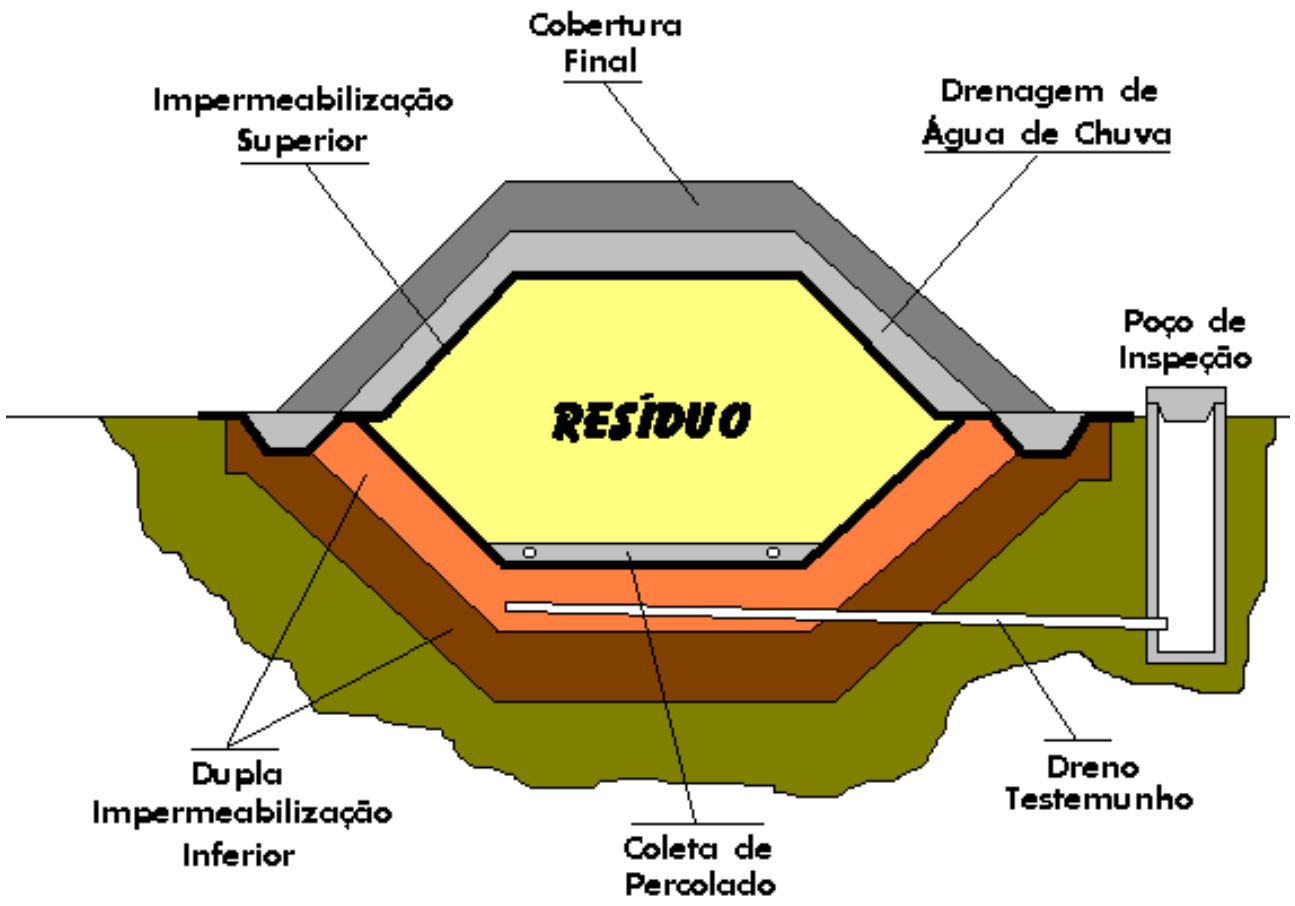
- Reutilizar ou reciclar os resíduos perigosos ou não: Tintas, solventes, óleos, graxas, instrumentos de aplicação impregnados, estopas, uniformes, EPIs contaminados, devem ser destinados a empresas aptas a receberem resíduos perigosos para uso em fornos de cimento (coprocessamento).

Gestão dos Resíduos Perigosos (cont.)

- Esgotadas as opções para a redução da quantidade de resíduos perigosos, deve-se:
  - Adotar procedimentos adequados de:
    - Coleta;
    - Acondicionamento;
    - Tratamento;
    - Disposição final.

Disposição Final dos Resíduos Perigosos

- Os resíduos perigosos também podem ser dispostos no solo, sendo as formas mais comuns de disposição:
  - Aterros de armazenamento;
  - Barragens Superficiais;
  - Armazenamento em formações geológicas subterrâneas.
- As estruturas utilizadas para a disposição de resíduos perigosos devem ser projetadas de forma a evitar a dispersão dos contaminantes presentes no resíduo.

Barragem para acúmulo de resíduos da mineração de molibdênio nos EUA

Representação de um Aterro para Resíduos Perigosos