

PHA 3203

Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULA 6

SOLO E RESÍDUOS SÓLIDOS



Tópicos

- ▶ Solo e água subterrânea
- ▶ Erosão
- ▶ Poluição do solo rural
- ▶ Poluição do solo urbano
- ▶ Resíduos sólidos urbanos
- ▶ Tratamento e disposição de RSU
- ▶ Resíduos da construção civil
- ▶ Resíduos perigosos
- ▶ Bibliografia



Solo

CONCEITOS, COMPOSIÇÃO,
FORMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO



Conceito de solo

- ▶ Manto superficial formado por:



Conceito de solo

- ▶ Manto superficial formado por:



- ▶ Apresenta diferentes significados para cada profissional atuante:

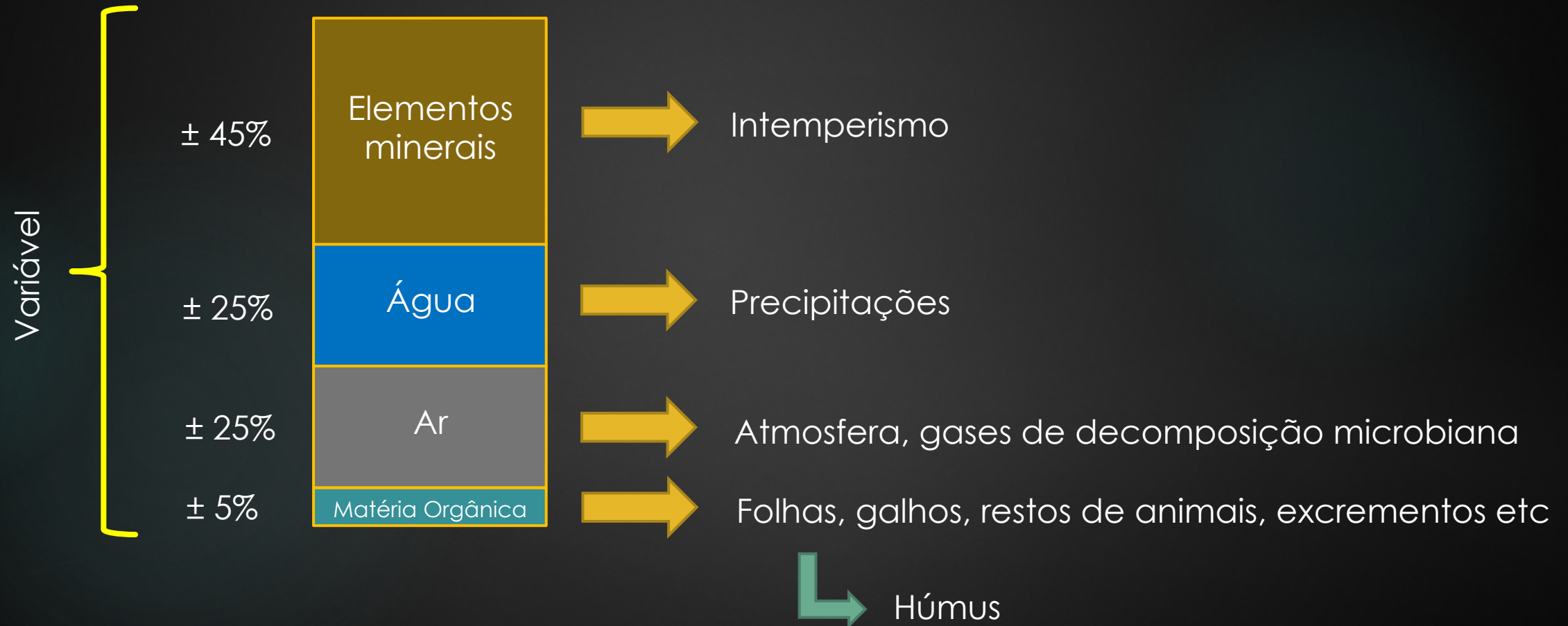


Conceito de solo

- Independente da abordagem, o mau uso do solo implica em problemas de grandes magnitudes!



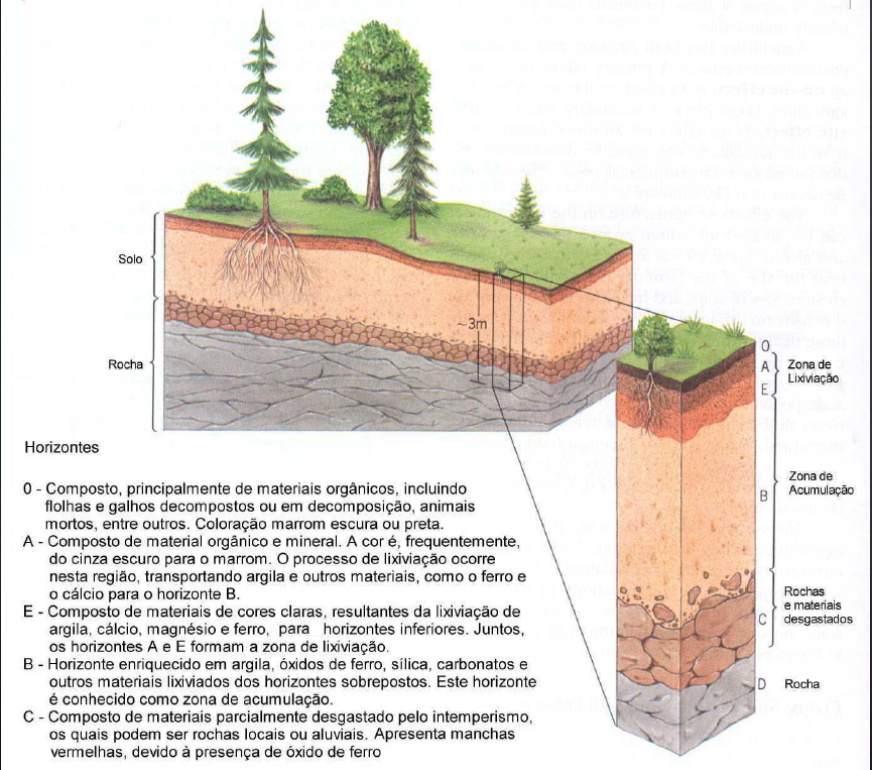
Composição do solo



Constituição dos solos

Os componentes inorgânicos compreendem:

- óxidos e óxidos-hidróxidos de ferro, alumínio e sílica, minerais primários e secundários, carbonatos, sulfatos, fosfatos e sulfetos
- Distribuição percentual média: 43% de materiais inorgânicos, 5% de matéria orgânica e 50% de vazios.



Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)	Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)
Alumínio	Al	8,00	Cobre	Cu	0,0058
Ferro	Fe	5,80	Cobalto	Co	0,0028
Magnésio	Mg	2,77	Chumbo	Pb	0,00010
Potássio	K	1,68	Boro	B	0,00070
Titânio	Ti	0,86	Berílio	Be	0,00020
Hidrogênio	H	0,14	Arsênio	As	0,00020
Fósforo	P	0,101	Estanho	Sn	0,00015
Manganês	Mn	0,100	Molibdênio	Mo	0,00012
Flúor	F	0,0460	Urânio	U	0,00016
Enxofre	S	0,0300	Tungstênio	W	0,00010
Cloro	Cl	0,0190	Prata	Ag	0,000008
Vanádio	V	0,0170	Mercúrio	Hg	0,000002
Cromo	Cr	0,0096	Platina	Pt	0,0000005
Zinco	Zn	0,0082	Ouro	Au	0,0000002
Níquel	Ni	0,0072			

Formação

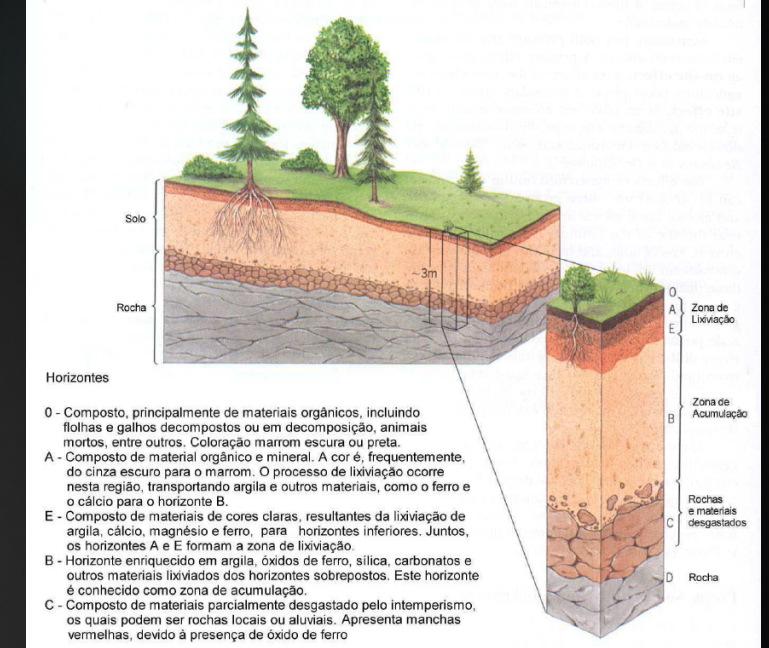
► Resultado da ação de cinco fatores:

- Clima
- Natureza dos organismos
- Material de origem
- Relevo
- Idade

Estágios de
sucessão



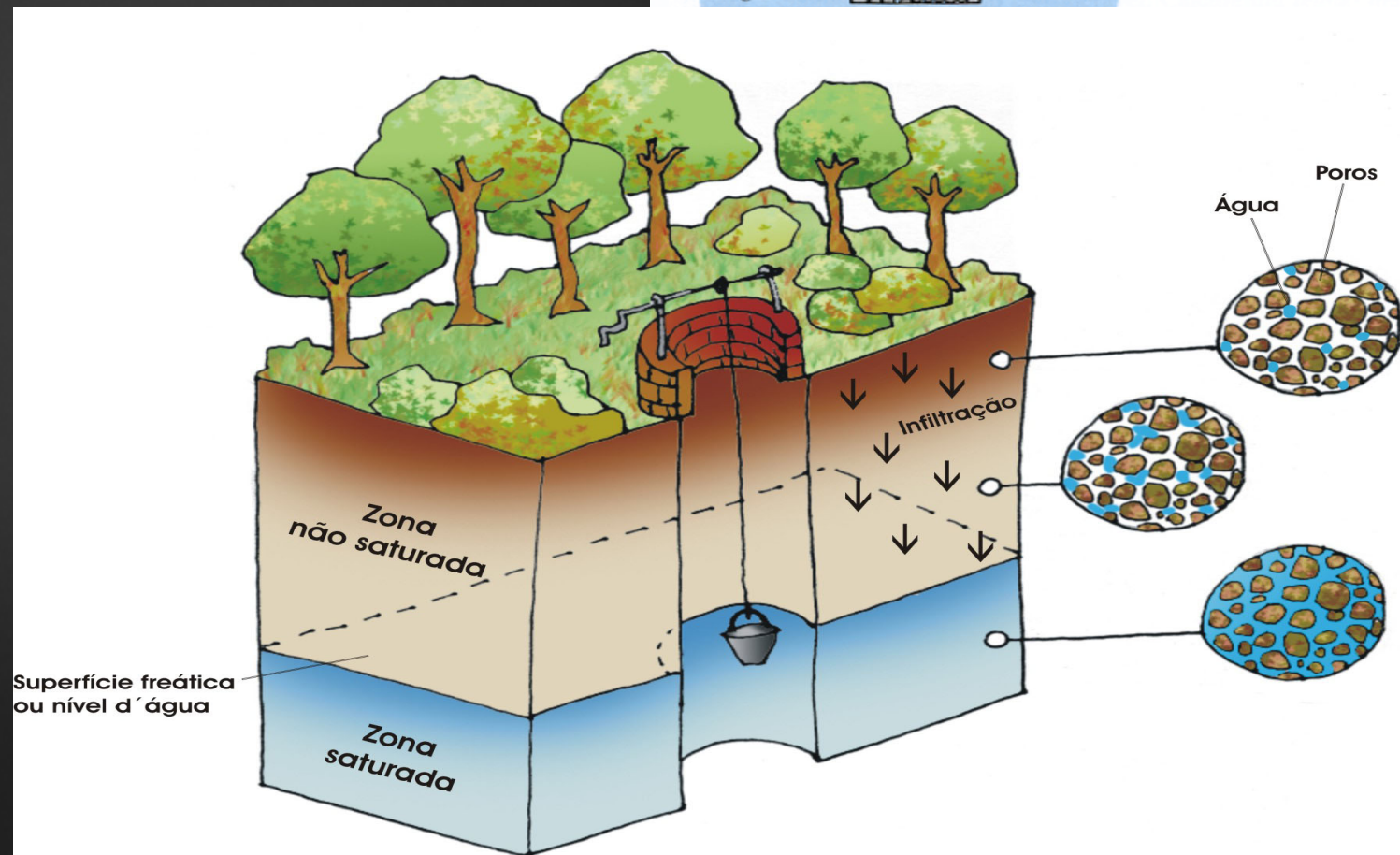
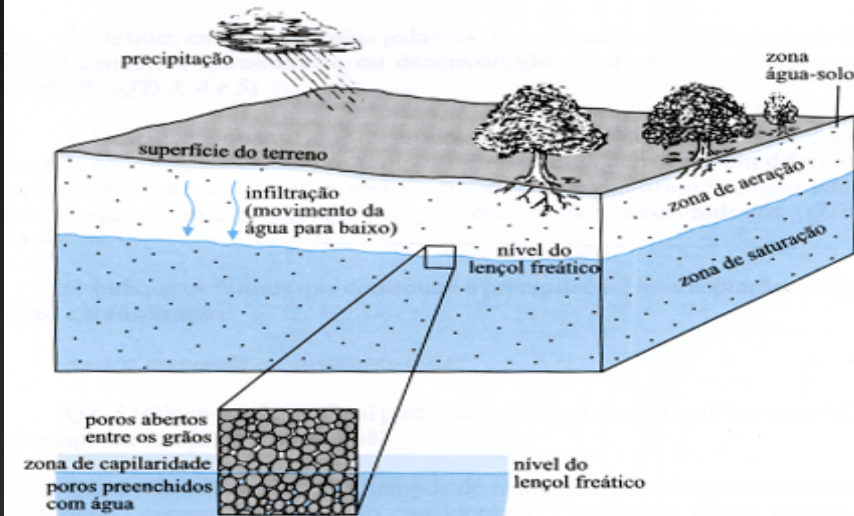
Horizontes
do solo



Constituição da água subterrânea

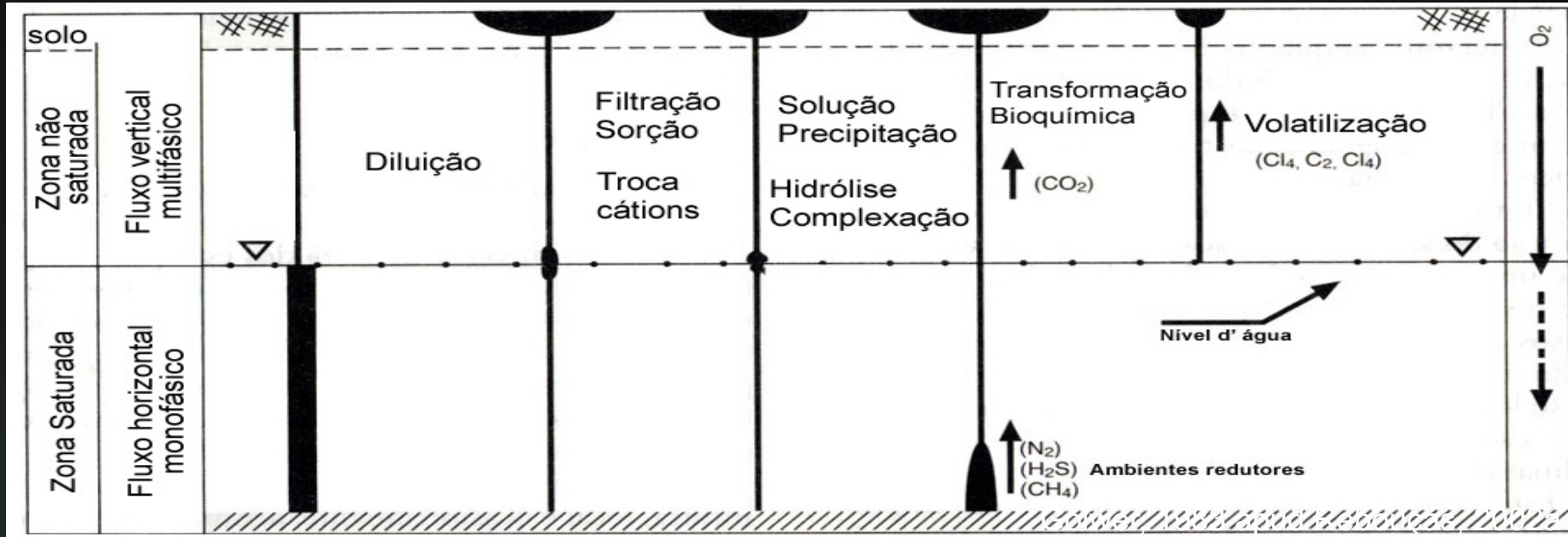
De acordo com Custodio e Llamas (1976), um dos livros clássicos de hidrologia subterrânea, na água subterrânea natural, a maioria das substâncias dissolvidas encontra-se em estado iônico.

- Os íons mais frequentes são: os ânions – clorato (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (HCO_3^-) e bicarbonato (CO_3^{2-}) e os cátions de sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+).
- A partir da composição química da água podem-se destacar dados importantes para o estudo de contaminação desse recurso



Atenuação natural: processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo
redução da massa ou concentração de contaminantes na água subterrânea em função do tempo e distância da fonte de contaminação devido a processos naturais.

11



Sorção: habilidade do solo, pelas suas características, em reter substâncias

Volatilização: passagem para a fase gasosa

Complexação: uma reação de complexação é uma reação entre um íon metálico, M, e um ligante, L, resultando na formação de um complexo, ML

Transformação bioquímica: processos bioquímicos degradativos

Hidrólise: reação da substância com molécula de água



Por que é necessário conhecer como se forma o solo e águas subterrâneas e suas principais características?

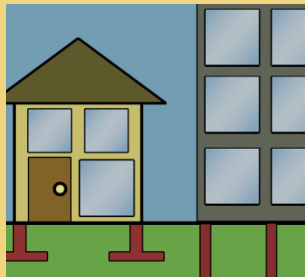
Funções do solo e água subterrânea: serviços ecossistêmicos

- Filtragem e depuração;
- Produção florestal e agrícola (cadeia alimentar);
- Herança cultural;
- Preservação genética e produção (biodiversidade);
- Infraestrutura (suporte e material para obras de engenharia);
- Fonte de matérias primas (bens minerais para indústria).

Agrônomo



Engenheiro Civil



Engenheiro de Minas

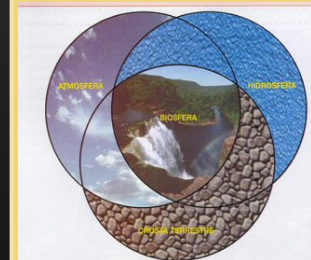


Economista

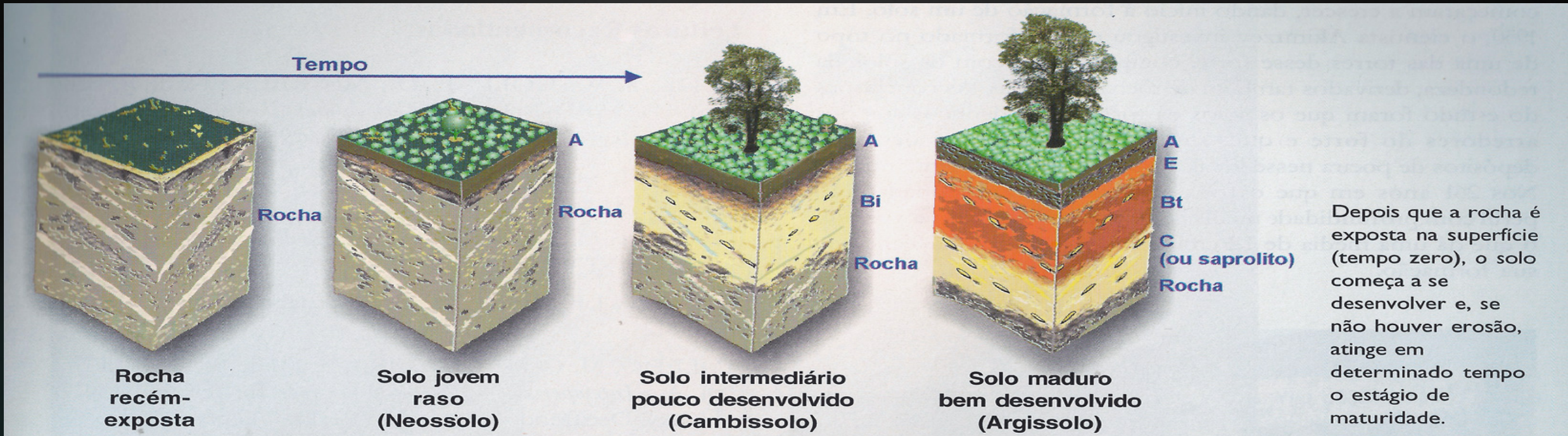


Fator de produção

Ecologista



Solo: recurso finito!



Fonte: Lepsch, 2002

Ordem de grandeza representativa: 20 a 50 m/milhão de anos

Erosão e poluição do solo



Erosão

- ▶ Carreamento de partículas do solo por ação do intemperismo ou antrópica
- ▶ Erosão lenta ou geológica: processo natural e milenar



Grand Canyon
Erosão hídrica



Deserto de Neguev
Erosão eólica



- ▶ Erosão acelerada ou antrópica:
 - ▶ Monocultura
 - ▶ Desmatamento
 - ▶ Queimadas
 - ▶ Drenagem inadequada
 - ▶ Falta de infra-estrutura em obras



Erosão – prevenção e correção

- ▶ Prevenção da erosão acelerada
 - ▶ Plantio em curvas de nível
 - ▶ Rotação de culturas
 - ▶ Preservação da vegetação em encostas
 - ▶ Estruturas de dissipação de energia
 - ▶ Drenagem adequada



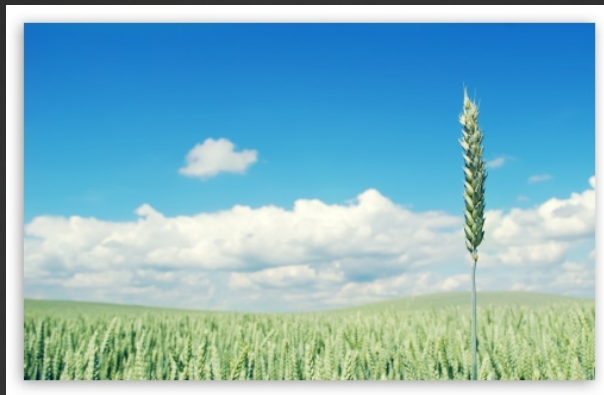
- ▶ Medidas corretivas: podem ser economicamente custosas em muitos casos



Poluição do solo rural

- ▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

- ▶ Fertilizantes
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização



▶ Fertilizantes

- ▶ Fertilizantes naturais usados historicamente (estrume) sem danos maiores
- ▶ Fertilizantes artificiais: **acumulação ambiental**



Nem todos os nutrientes aplicados são assimilados pelos vegetais



Excesso acumula no solo e atinge mananciais



Alguns compostos podem se acumular em tecidos vegetais



Poluição do solo rural

▶ Defensivos agrícolas

- ▶ Inseticidas, fungicidas, herbicidas etc



- ▶ Não são seletivos
- ▶ Acumulam em organismos
- ▶ Contaminam o solo e a água



Alternativas:

Controle biológico
de pragas

Manipulação
genética:
Transgênicos

- ▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

- ▶ Fertilizantes
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização



Poluição do solo rural

▶ Salinização

- ▶ Natural: dependente do material e relevo
- ▶ Antrópica: irrigação inadequada

Água com alta salinidade

Irrigação em excesso



Elevação do lençol freático e da franja de capilaridade

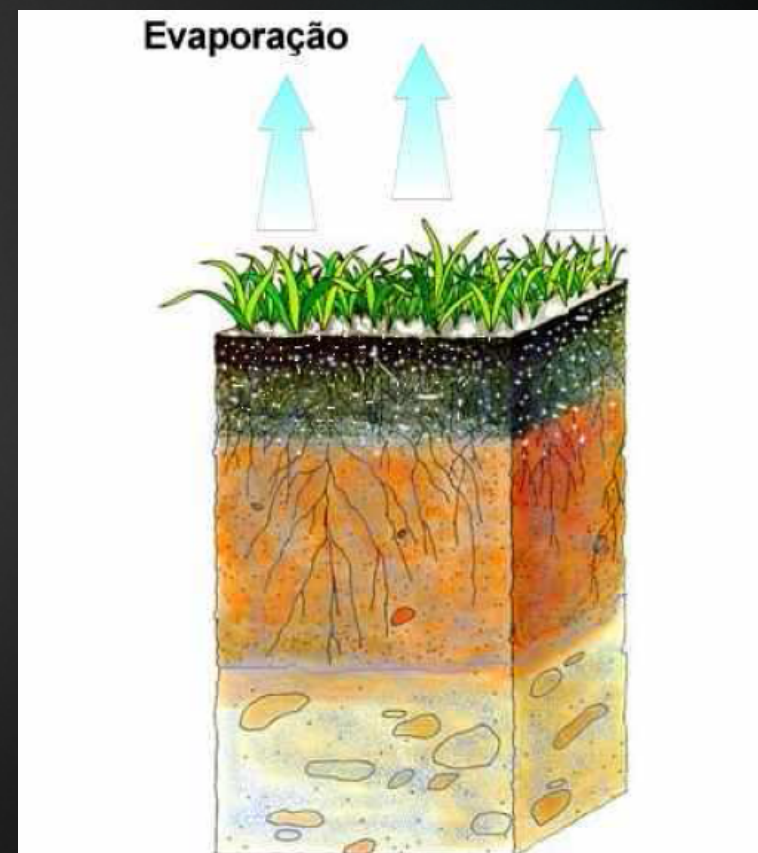
Baixa drenabilidade

▶ Prevenção:

- ▶ métodos alternativos de irrigação
- ▶ Sobre-irrigação para lixiviação dos sais

- ▶ Decorrente da necessidade de se aumentar a produção primária para o atendimento da população sempre crescente, através de:

- ▶ Fertilizantes
- ▶ Defensivos agrícolas
- ▶ Irrigação: salinização



Poluição do solo urbano

- ▶ Residências, comércio, serviços, indústrias
- ▶ Comparação com poluição rural: resíduos em áreas urbanas são confinados em áreas menores com alta densidade populacional



Problemas sociais

- ▶ Poluição do solo urbano: fase sólida, líquida e gasosa

LIXO



Greve dos garis – Rio de Janeiro – 06/03/2014 - g1.globo.com



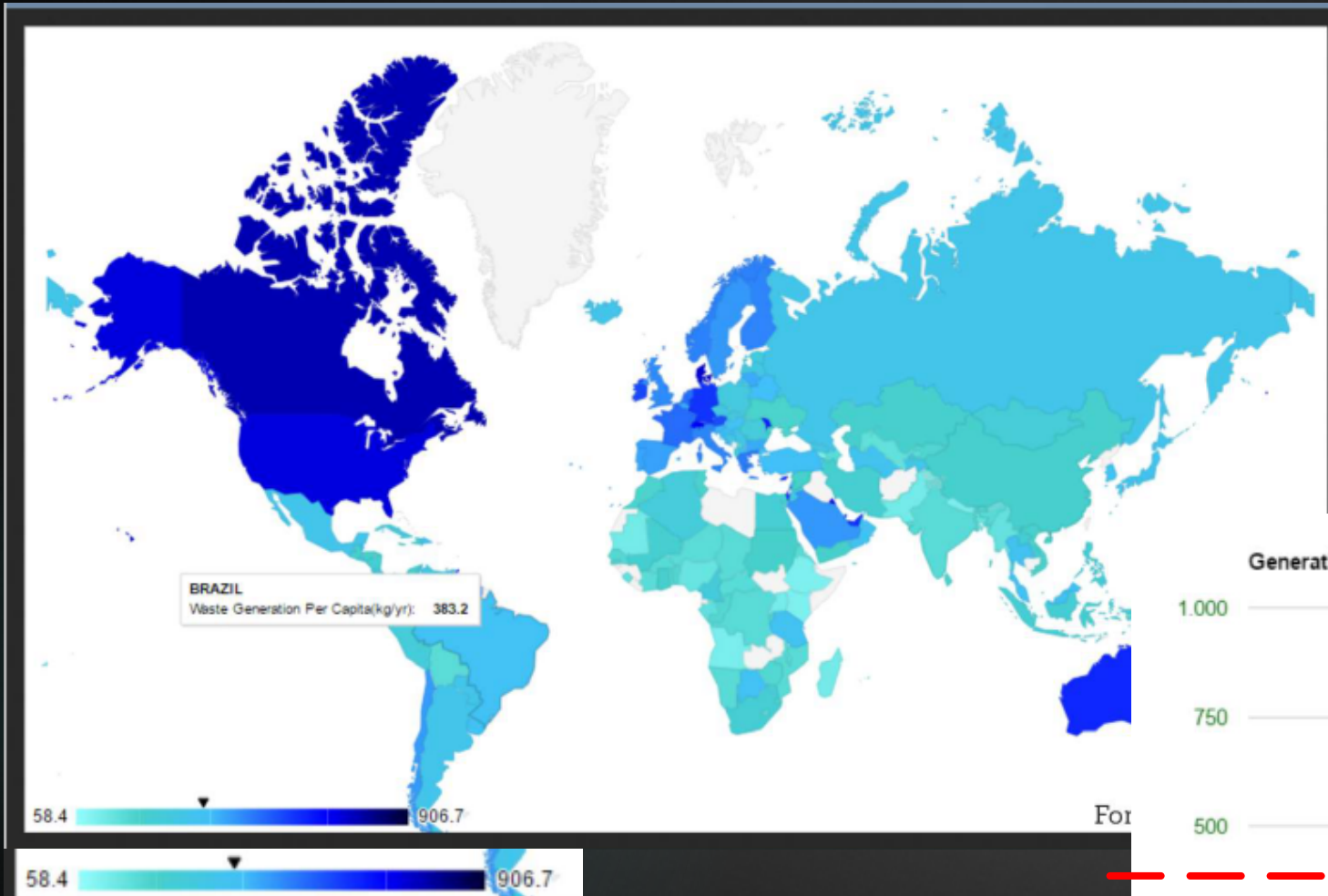
Da aula passada: poluição das águas por cargas difusas – relações diretas com poluição do solo....



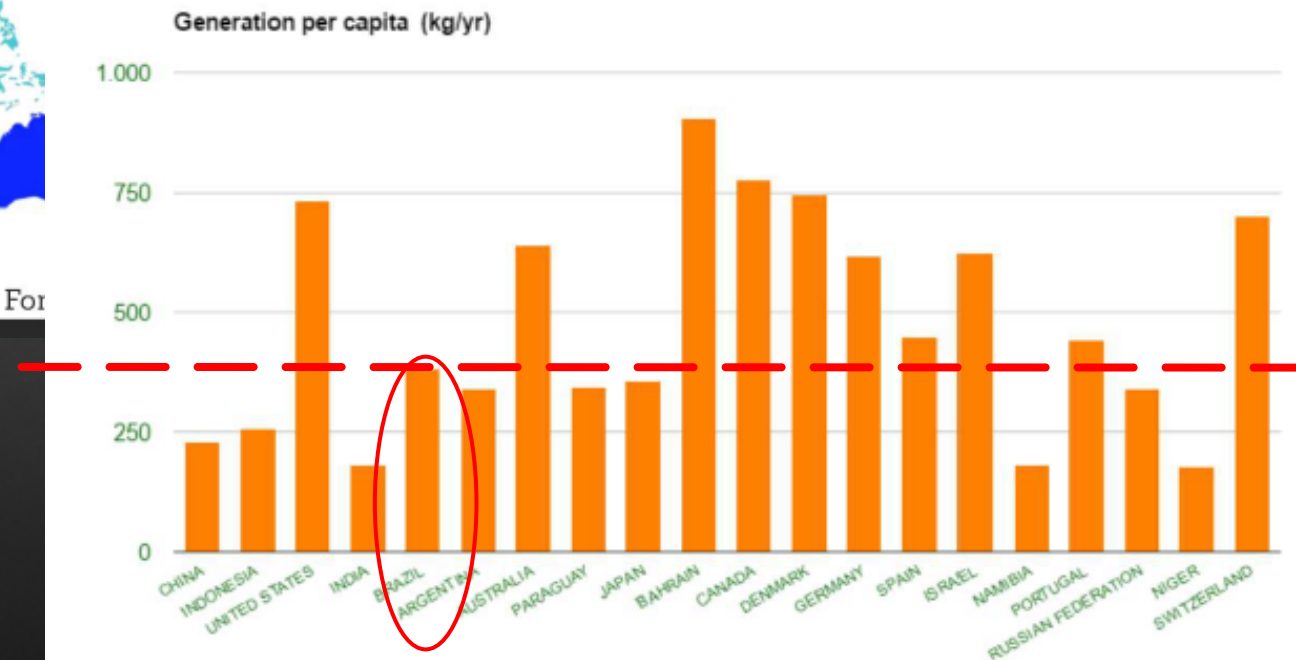
Resíduos sólidos urbanos (RSU)



Geração de Resíduos Sólidos per capita



For



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, no estado sólido ou semissólido.

O que fazer com os resíduos?



O que fazer? Depende...

Classificação de Resíduos – ABNT NBR 10.004

1º) É necessário saber se esse resíduo é perigoso

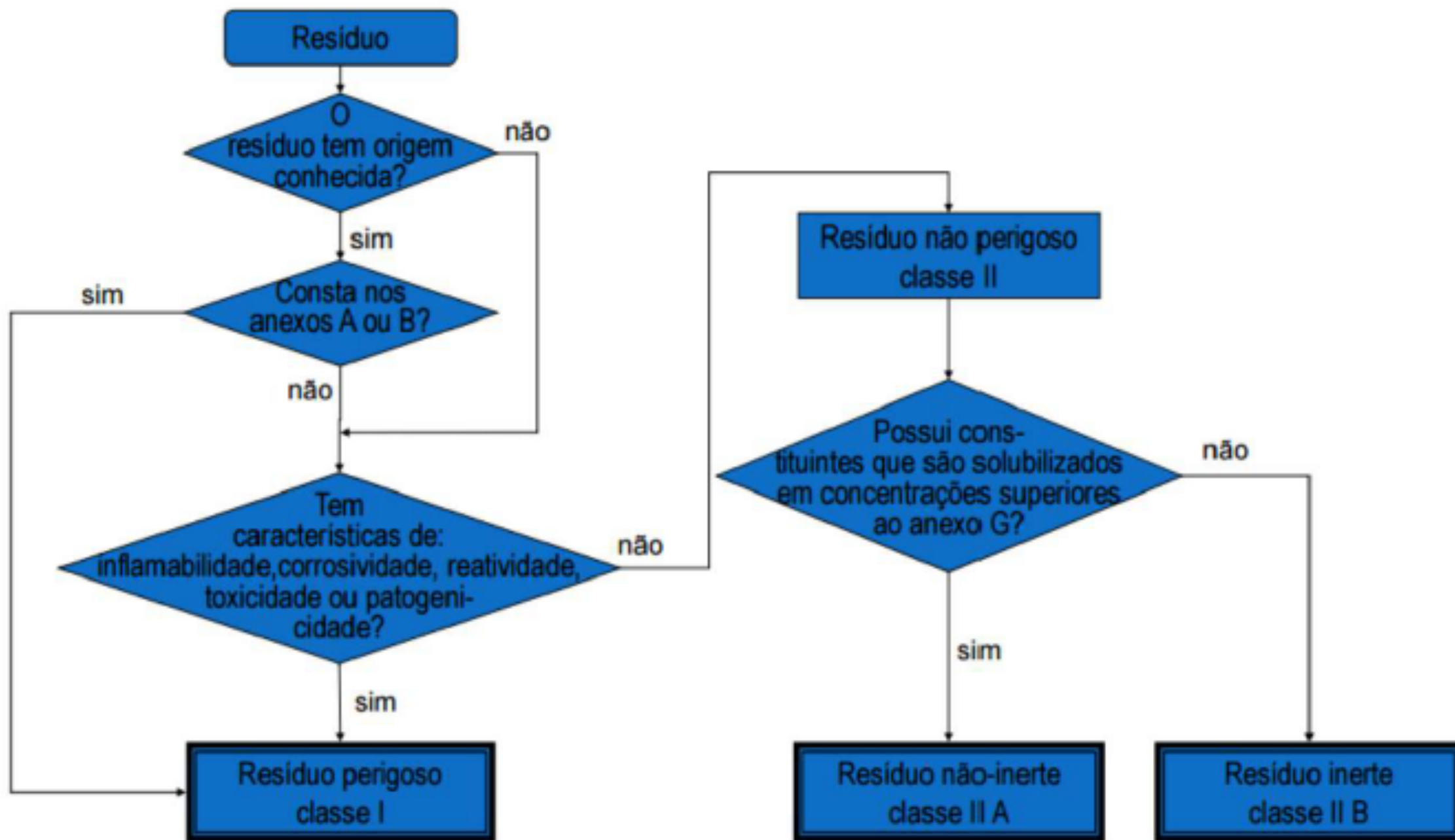
2º) – Se for perigoso, é classificado como “Classe I” e deve ser mandado a um aterro de resíduos perigosos

– 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.



Inflamabilidade: Ponto de fulgor $< 60^{\circ}\text{C}$, Compostos Oxidantes, Combustíveis.

Corrosividade: $\text{pH} < 2$ ou $\text{pH} > 12,5$. 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 $< 50 \text{ mg/kg}$ de massa corpórea; ex metais pesados.

Patogenicidade: Transmissão de doenças; ex: resíduos hospitalares

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

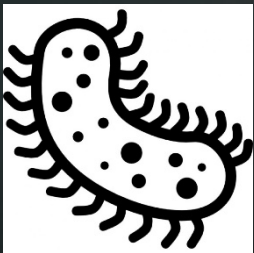
Teratogenicidade: Riscos de deformidade ao feto

Carcinogenicidade: altera a replicação celular e expressão dos genes.

Resíduos Perigosos



Inflamabilidade



Patogenicidade



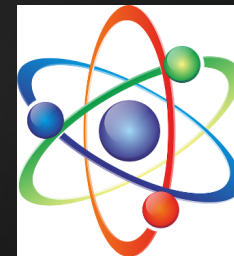
Mutagenicidade



Teratogenicidade



Carcinogenicidade



Reatividade

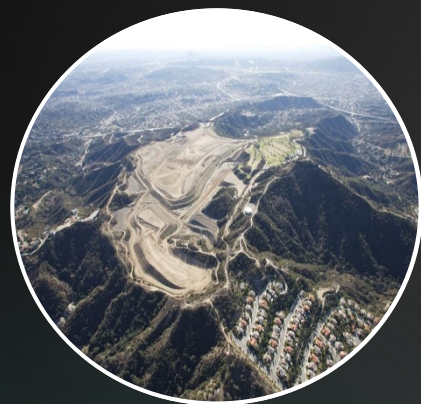


Corrosividade



Toxicidade

Destinação de Resíduos



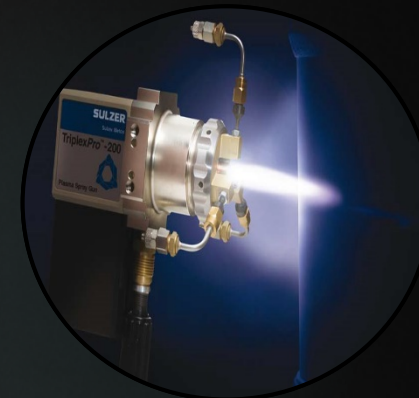
Aterro



Reciclagem



Compostagem

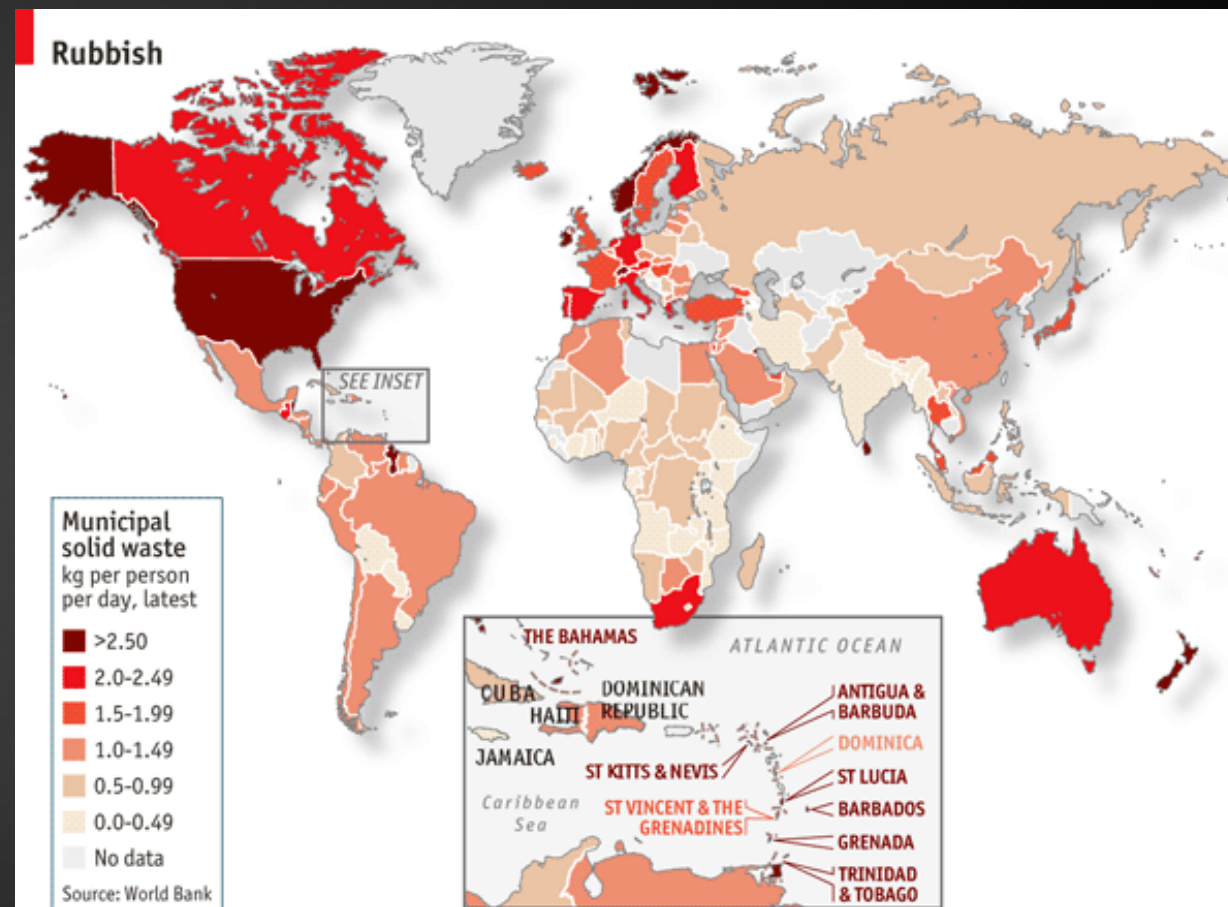


Outras?



Incineração

Caracterização de RSU



Fonte: The Economist (2012)

Caracterização de RSU

TABELA 32

Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil

Materiais	Participação	Quantidade	
		2000	2008
	%	t/dia	t/dia
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Papel, papelão e tetrapak	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico	13,5	20.191,1	24.847,9
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
Matéria orgânica	51,4	76.634,5	94.309,5
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
Total coletado	100,0	149.094,3	183.481,5

Fonte: IPEA (2012)

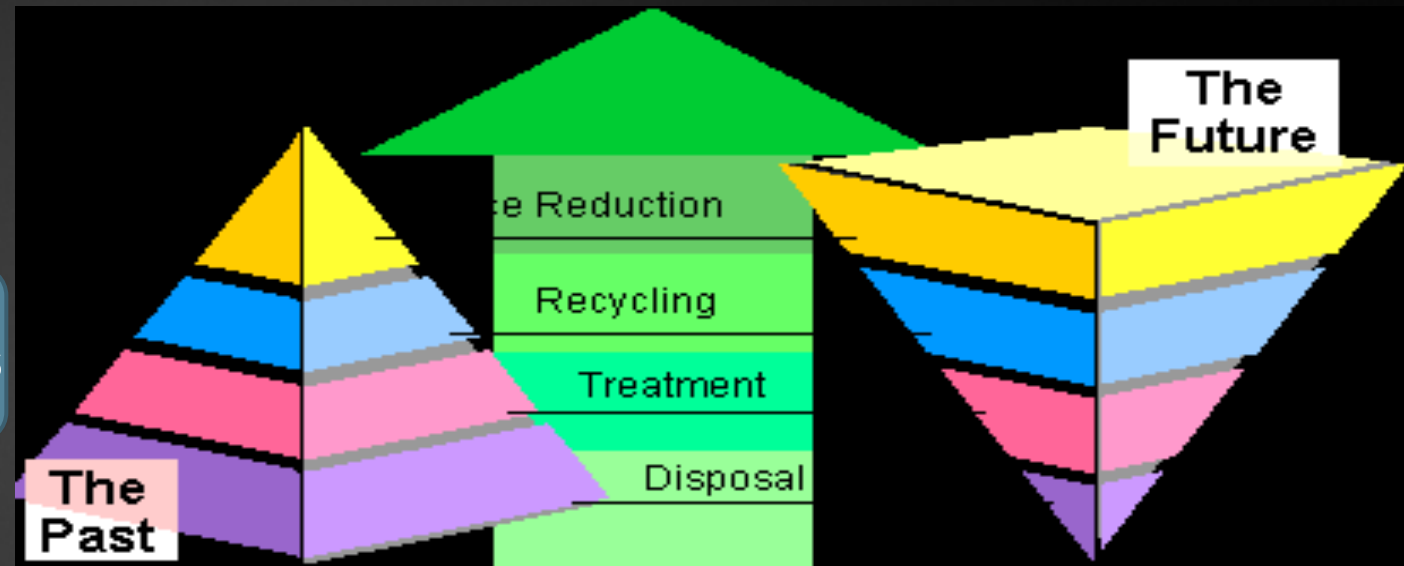
O que podemos fazer com para reduzir essa quantidade de resíduos provenientes de matéria orgânica?

Política Nacional de Resíduos Sólidos

► Lei Nº 12305/2010



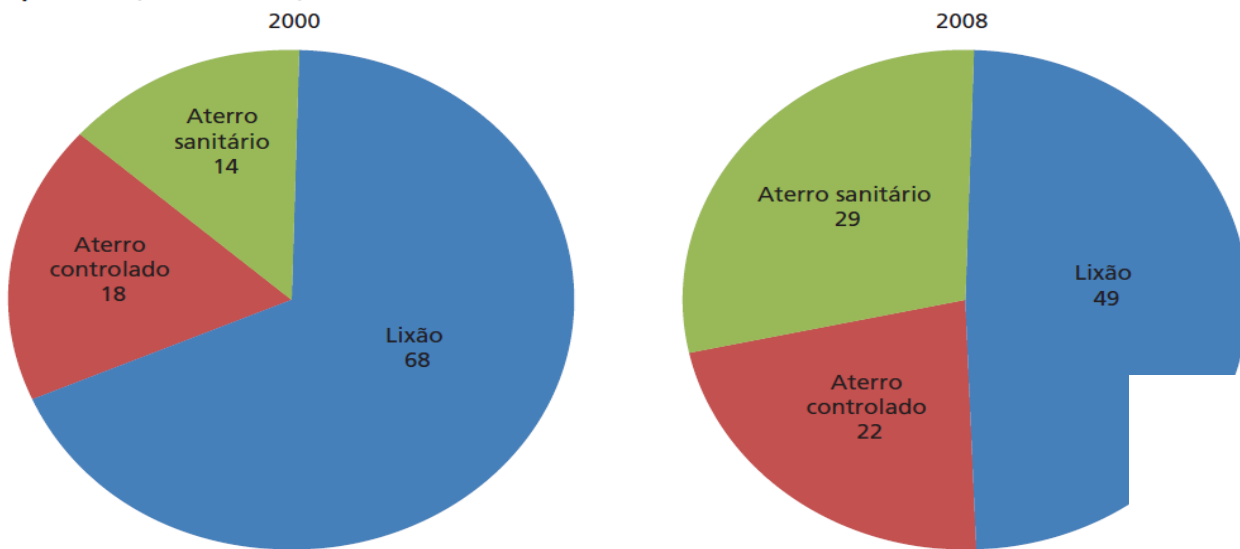
Hierarquia na gestão de resíduos



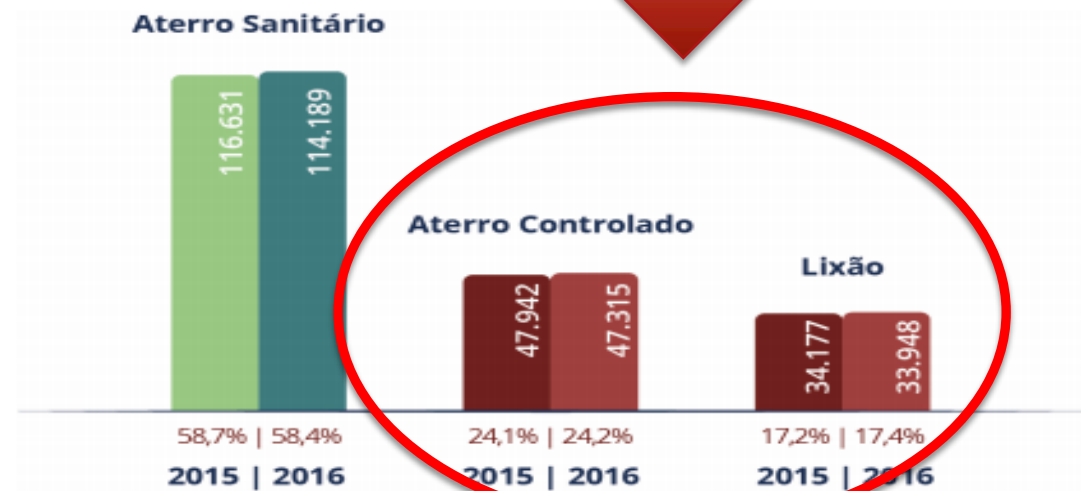
Política Nacional de Resíduos Sólidos

► Lei Nº 12305/2010

→ Fim de lixões e aterros controlados até 2014

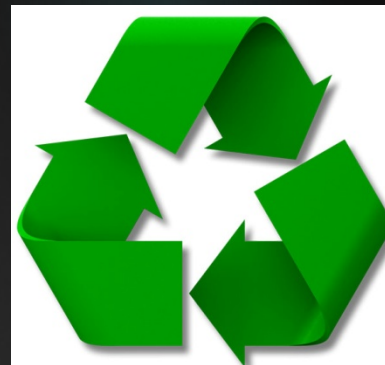


→ Metas para reciclagem



Reciclagem

- ▶ Separação de materiais que podem ser reaproveitados, recuperados ou reprocessados
- ▶ Separação pode ser feita no ponto de geração ou em estações de triagem
- ▶ Reduz a quantidade de material a ser disposto
- ▶ Requer mercado para absorver o material
- ▶ Requer participação popular e separação adequada do material



Resíduos da construção civil

- ▶ Resíduos de construção e demolição (RCD)
 - ▶ Geração depende do gerenciamento e eficiência das obras civis
 - ▶ 41 a 70% da massa dos RSU em cidades de médio e grande porte (John e Agopyan, 2001)
 - ▶ 510 kg/hab.ano no Brasil (John e Agopyan, 2001)
 - ▶ Podem ser reciclados, com uso atualmente preponderante na produção de pavimentação

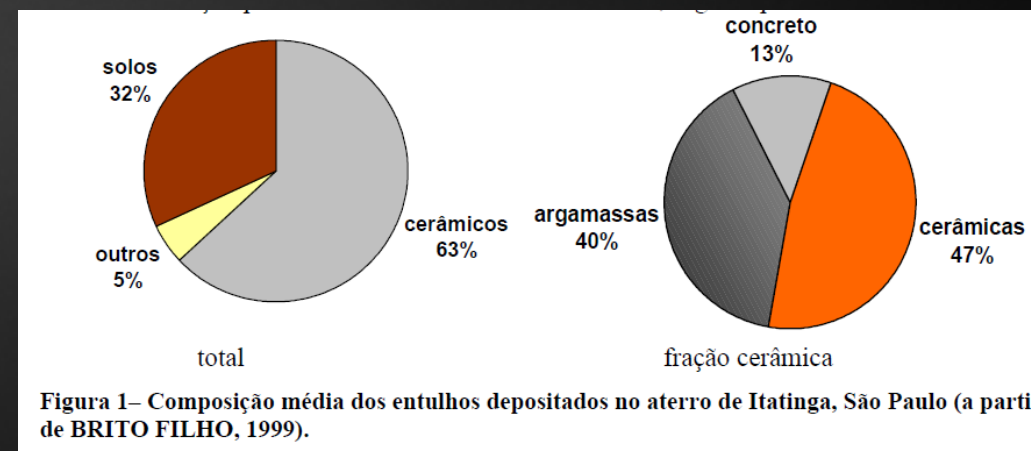


Leitura complementar:

“Reciclagem de resíduos da construção”
(John e Agopyan, 2001)

Disponível em:

http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf



Tratamento de RSU

► Compostagem

- Decomposição aeróbia de resíduos orgânicos
- Aeração: revolvimento ou mecanizada
- Duas fases:
 - Termófila: Reações exotérmicas de decomposição aquecem a mistura até 70 °C – 2 a 4 semanas
 - Mesófila: Temperatura volta à faixa dos 30 °C – 2 a 4 meses
- Resíduo final: **composto** ➡ Agricultura
- Adição de minhocas: vermicompostagem



Melhor qualidade do composto



Disponível em:
redegestaosustentavel.blogspot.com



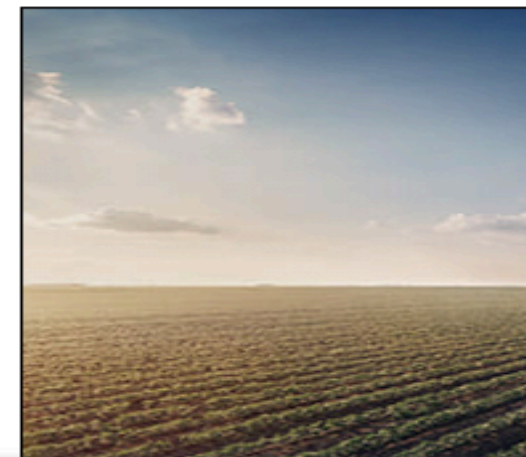
Disponível em: abicomweb.org.br

Teto de shopping em São Paulo vira horta orgânica de 5 mil m²

Ao lado da Marginal Pinheiros, espaço utiliza adubo gerado a partir de resíduos orgânicos da praça de alimentação

POR KARINA CAMPOS, CASSIANO RIBEIRO E FELLIPE ABREU

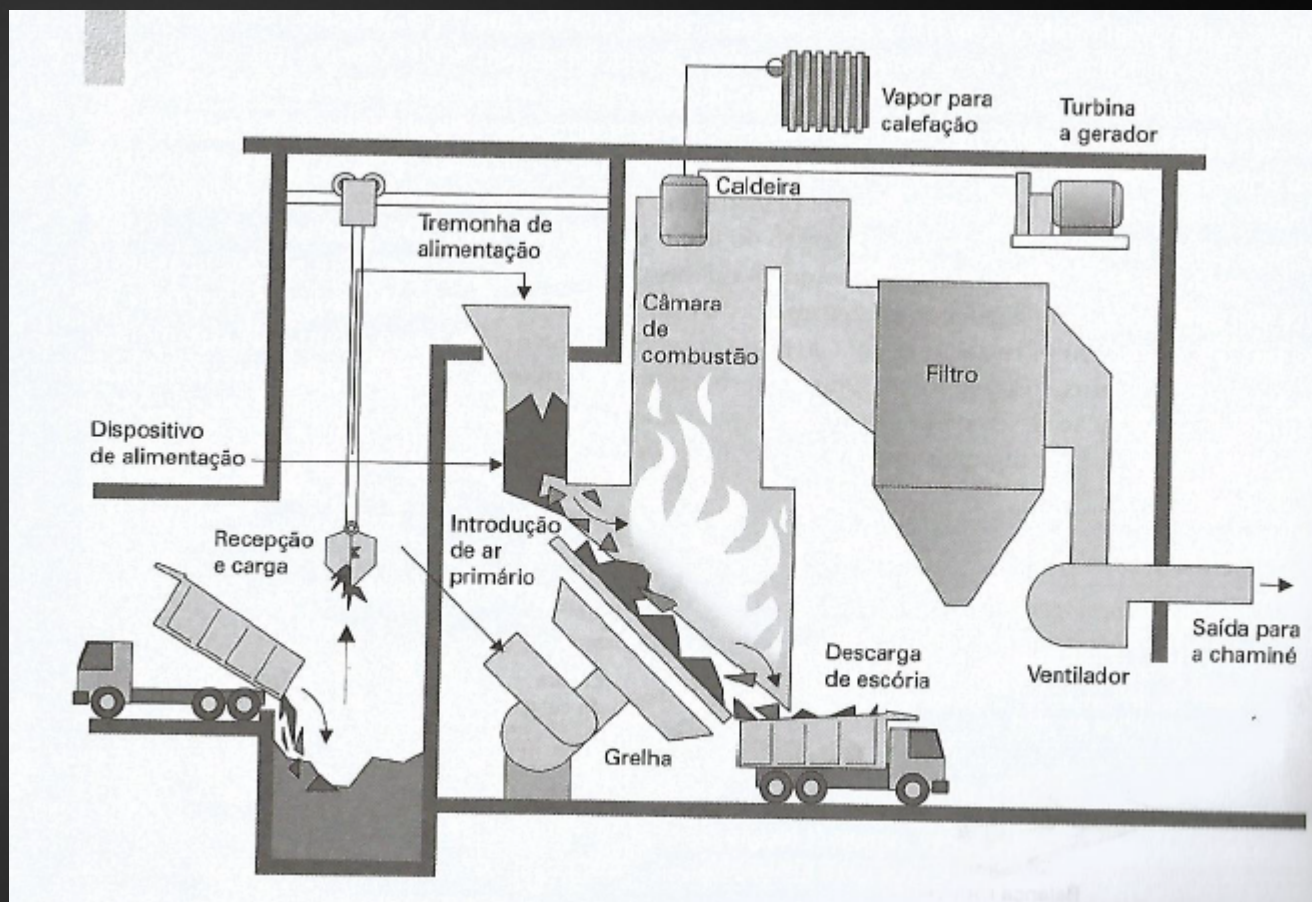
[f Compartilhar](#) [p](#) [in](#) [G+](#) [Twitter](#) [Assine já!](#)



Tratamento de RSU

► Incineração

- Redução do volume de resíduos através da combustão em incineradores
- Cinzas produzidas são apenas uma fração do volume inicial
- Necessitam controle dos gases produzidos
- Furanos e dioxinas, altamente tóxicos, podem ser produzidos por plásticos contendo cloro, como o PVC
- Dependem do poder calorífico do resíduo



Fonte: Cetesb (1990)

Disposição final

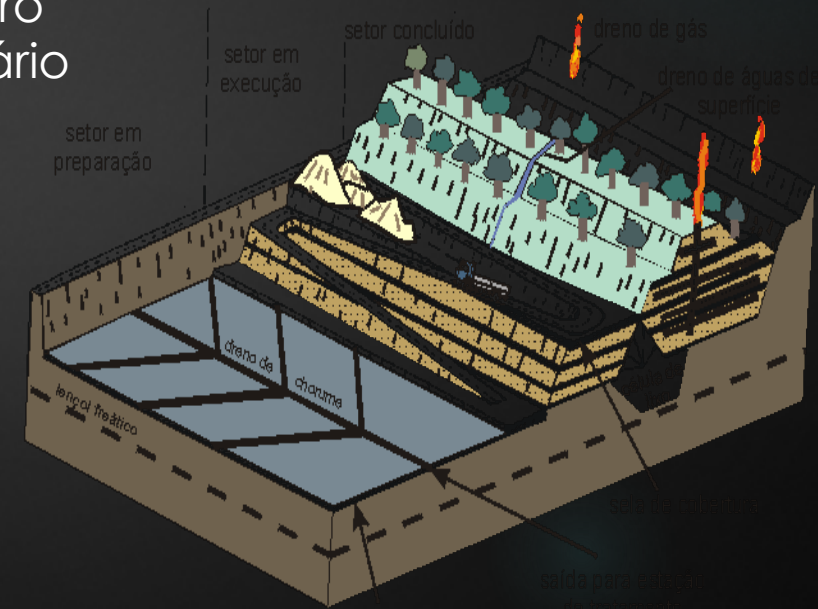


Comum

Controlado



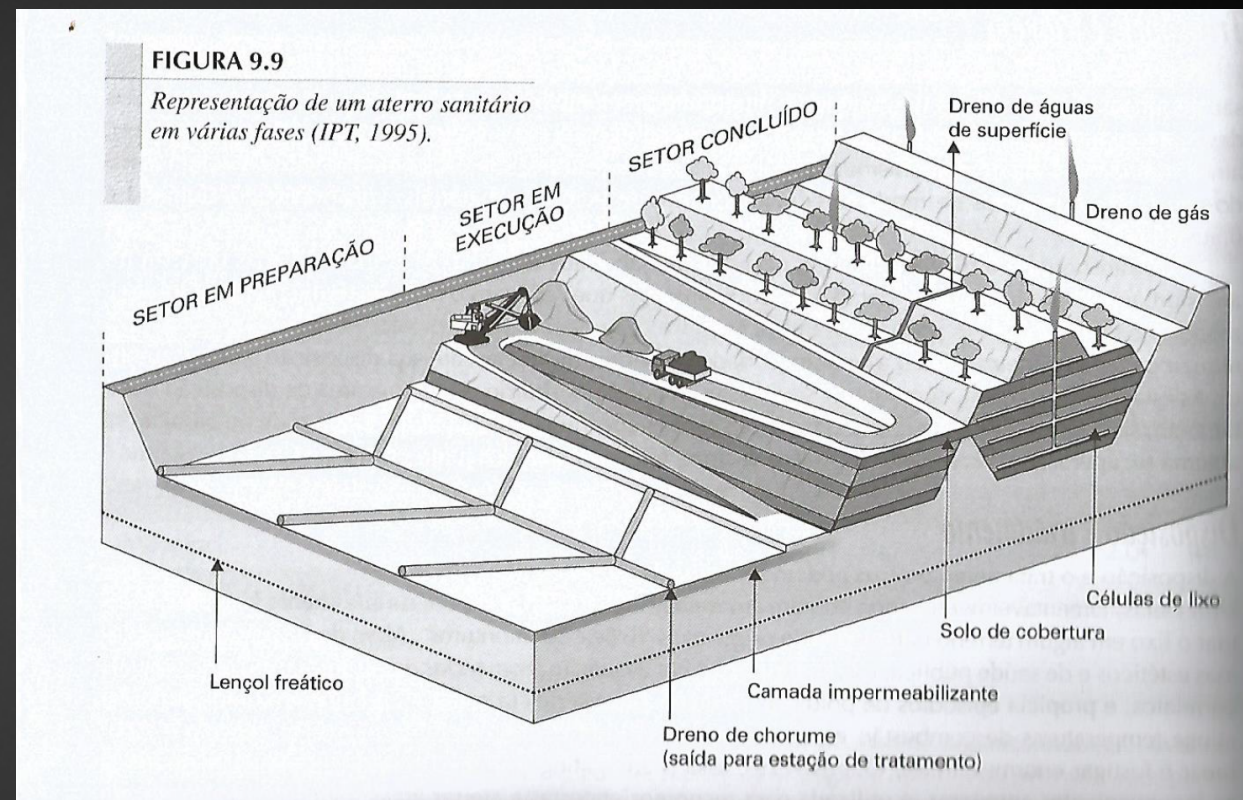
Aterro
sanitário



Tratamento e disposição de RSU

▶ Aterros sanitários

- ▶ Disposição adequada seguindo critérios de engenharia e normas específicas
- ▶ Resíduos sólidos dispostos em camadas progressivamente compactadas
- ▶ As camadas de solo impedem a proliferação de vetores
- ▶ Impermeabilização da base para contenção do lixiviado (chorume)
- ▶ Drenos de gás
- ▶ Após fim da vida útil, podem ser transformados em áreas verdes



➡ Aterro não é uma solução definitiva para a problemática dos resíduos sólidos!

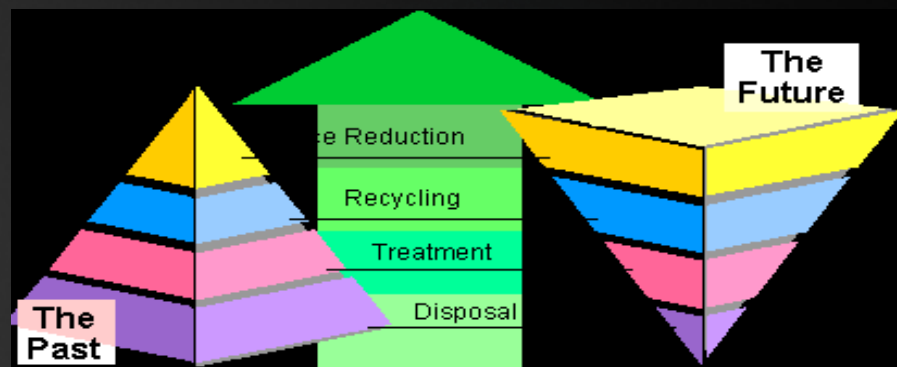
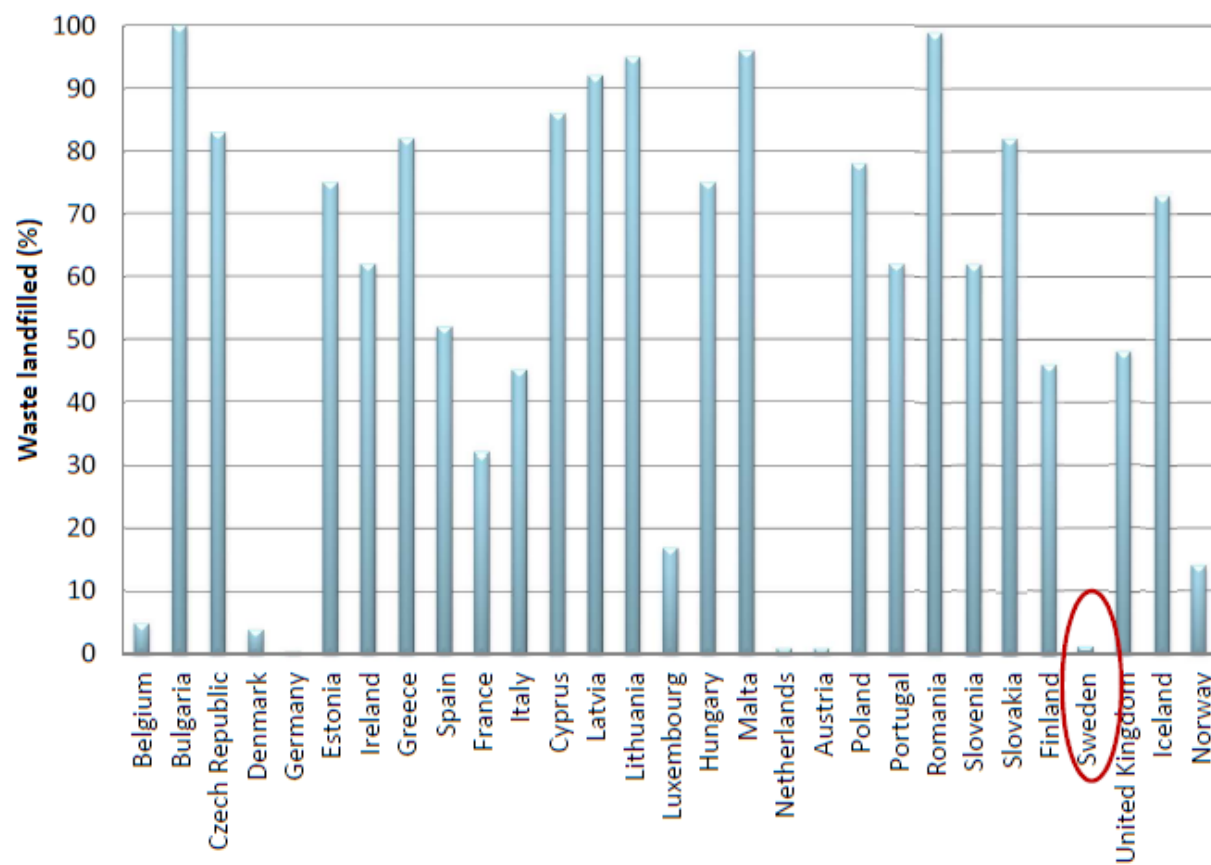
➡ É necessário reduzir, reutilizar, reciclar e tratar sempre que possível

➡ Maior vida útil do aterro

Tratamento e disposição de RSU

► Aterros sanitários

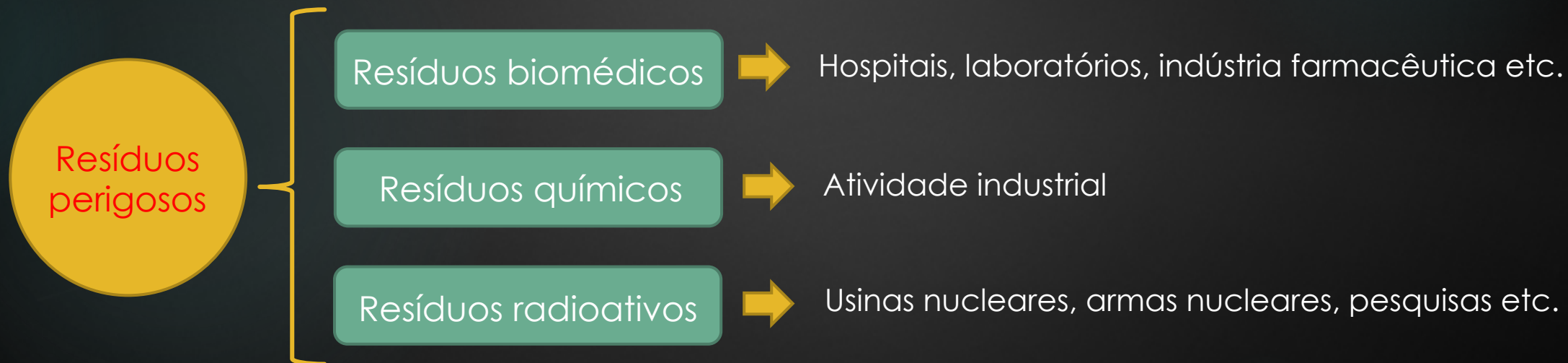
Municipal waste treatment in EU (2009)



Resíduos perigosos

- ▶ NBR 10.004:

- ▶ Resíduos Classe I: Perigosos
- ▶ Resíduos Classe II: Não perigosos
 - II A: Não inertes
 - II B: Inertes



Resíduos perigosos

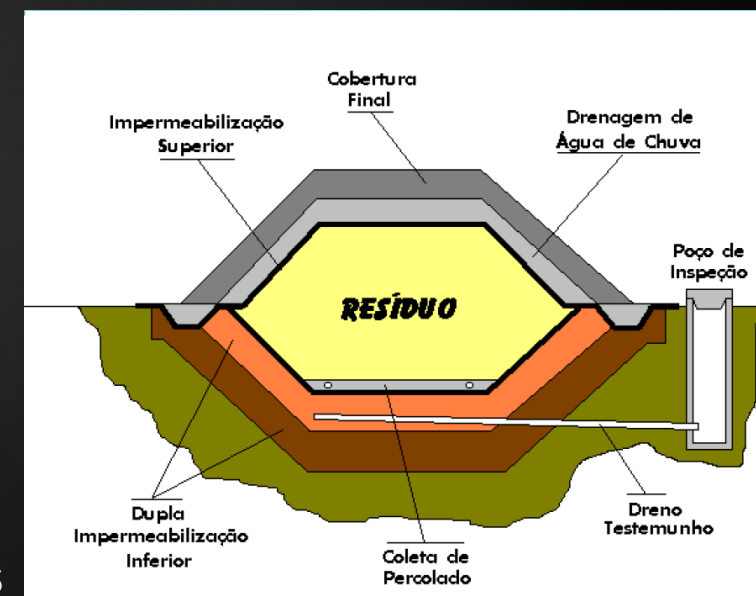
► Gestão de resíduos perigosos:

► Minimizar a geração:

- Substituição de materiais tóxicos na linha de produção
- Uso de substâncias com maior grau de pureza para minimizar a formação de subprodutos
- Reutilização e reciclagem de resíduos

► Formas de disposição:

- Aterros de armazenamento
- Armazenamento em formações geológicas subterrâneas



Bibliografia

- ▶ Livro-texto da disciplina: Introdução à Engenharia Ambiental
 - ▶ Capítulo 9: O meio terrestre, p. 125 a 167
- ▶ Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei N° 12305/2010
 - ▶ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- ▶ Texto complementar:
 - ▶ John, V.; Agopyan, V. (2001). Reciclagem de resíduos da construção. Anais do Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, CETESB
http://www.globalconstroi.com/images/stories/Manuais_tecnicos/2010/reciclagem_residuos/CETESB.pdf