

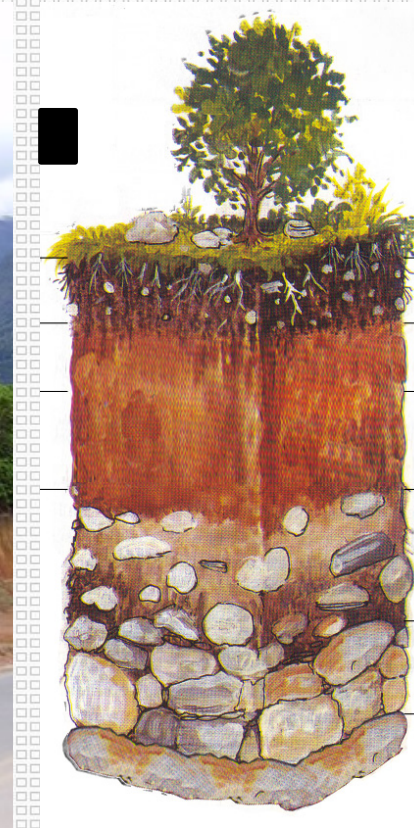
PHA 3001 – Engenharia e Meio Ambiente

Aula 5 – Poluição Industrial e Urbana

Amarilis L C F Gallardo



Solo



- Camada mais externa da crosta terrestre formada por:
 - Rocha desagregada e outros materiais;
 - Matéria orgânica em decomposição
 - Água;
 - Ar;
 - Microrganismos.

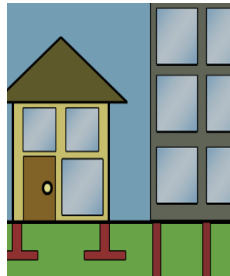


solo

- Manto superficial formado por:



- ▶ Apresenta diferentes significados para cada profissional atuante:



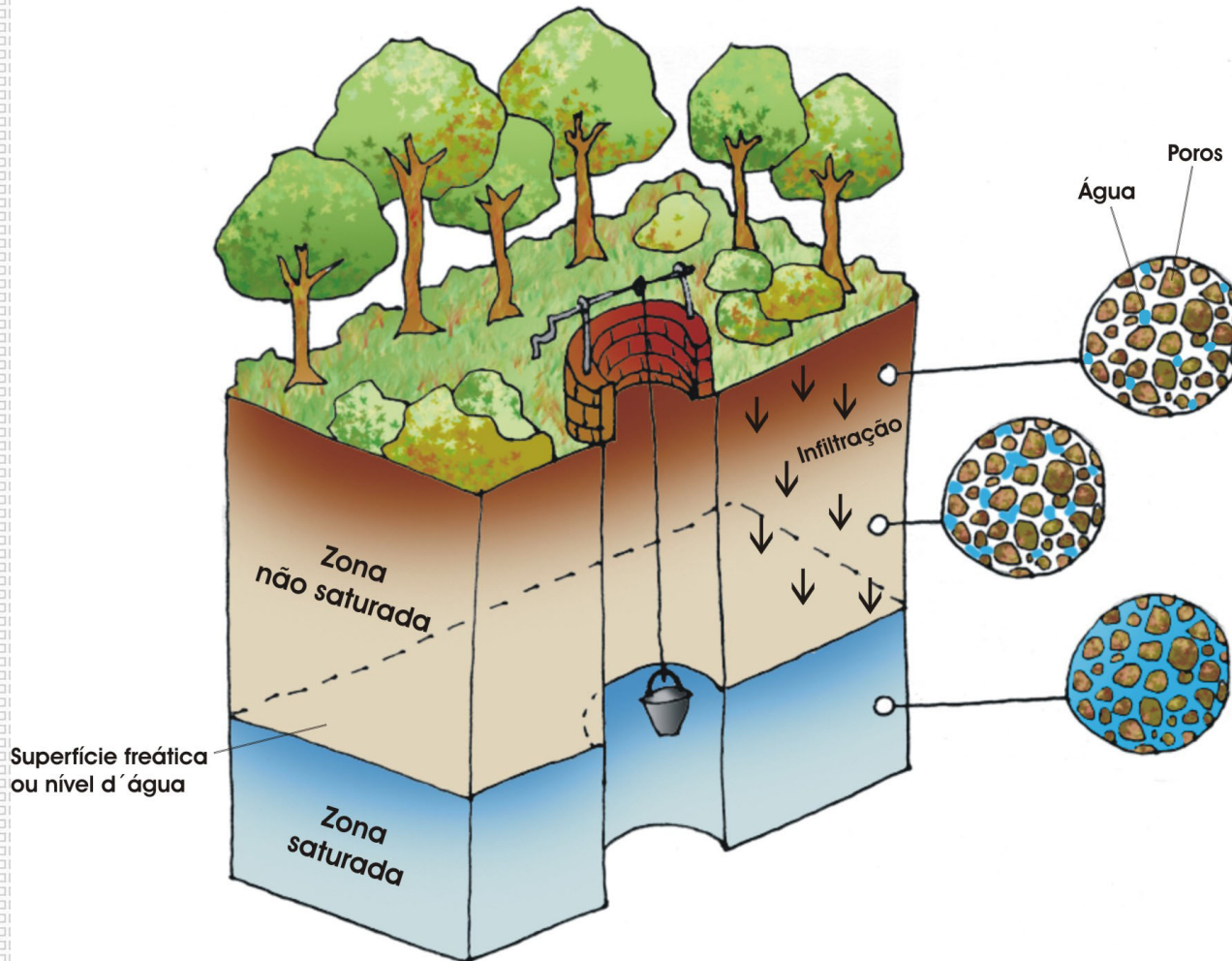
Constituição dos solos

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.



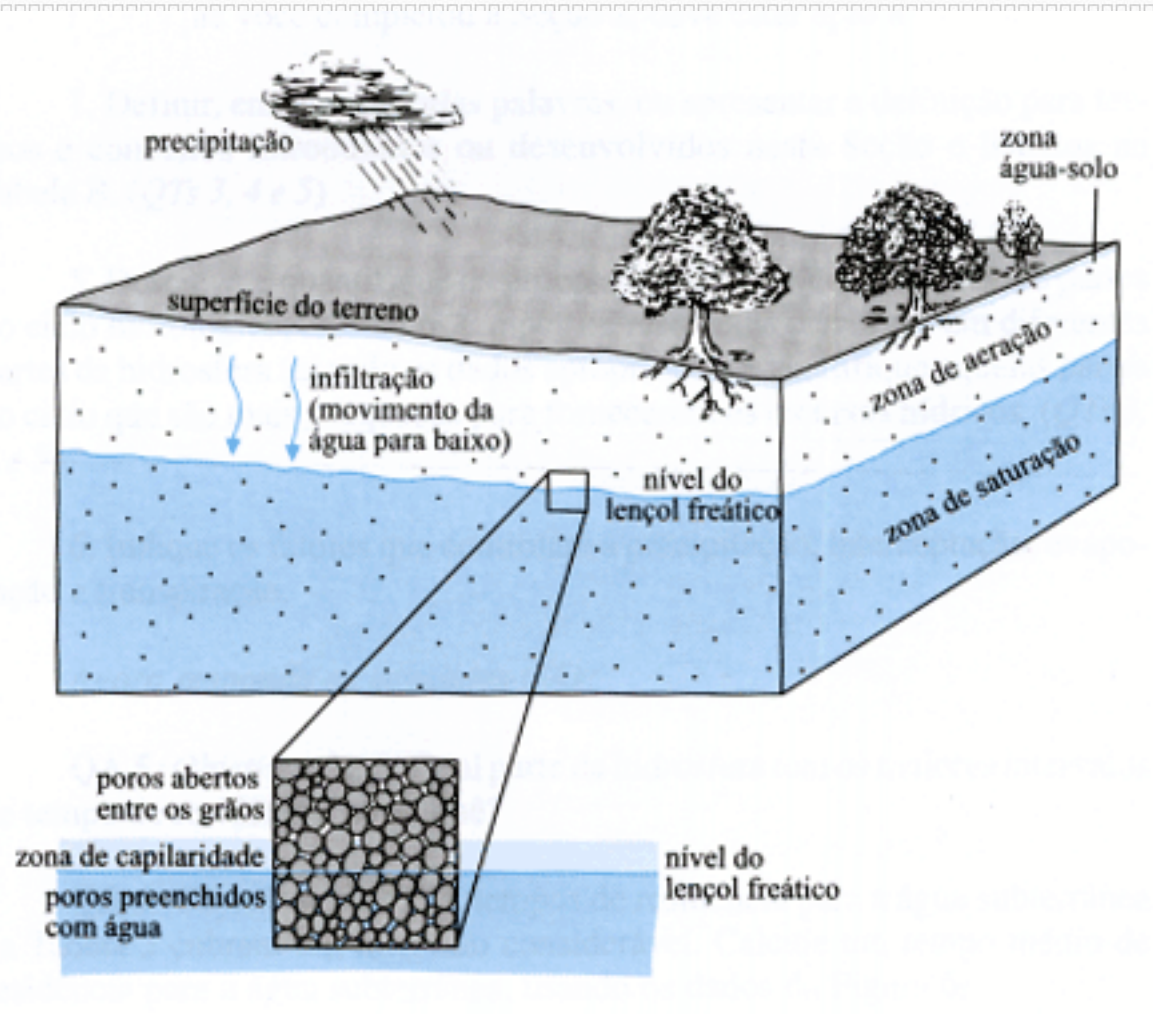
Água subterrânea



**Zona não saturada,
vadosa ou de
aeração**

**Zona saturada ou
freática**





Fonte: Brown/Crósta, 2000



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



Erosão e poluição do solo



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



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

LIXO



Greve dos garis – Rio de Janeiro – 06/03/2014 –
a1.globo.com



poluição das águas por cargas difusas – relações diretas com poluição do solo....



ÁREAS CONTAMINADAS: PROBLEMA AMBIENTAL URBANO

Resíduos → contaminação → riscos à saúde



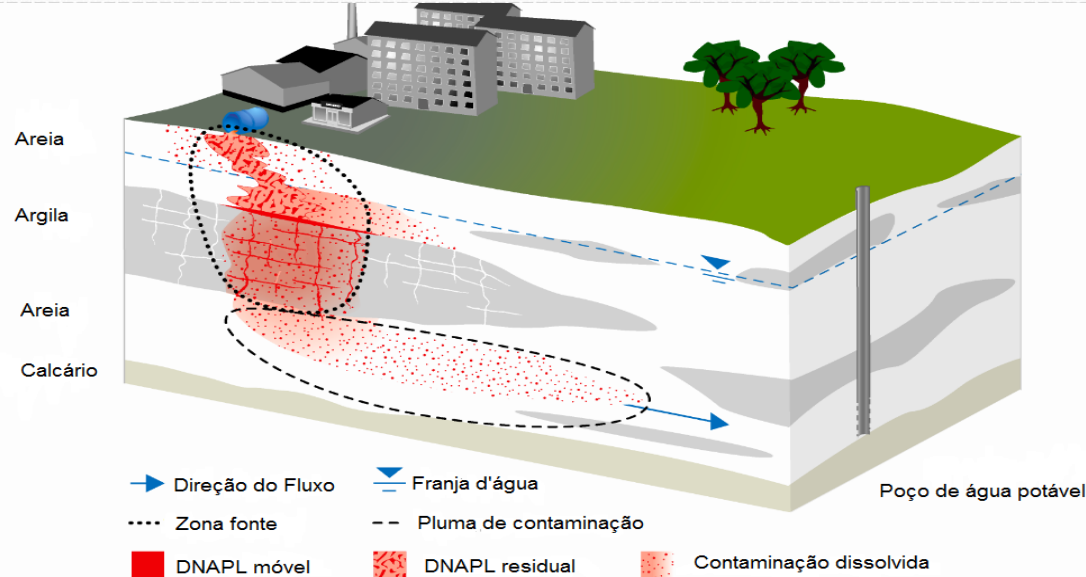
Disponível em:
<http://axelgrael.blogspot.com.br/2009/11/conama-regulamenta-remediacao-de-areas.html>



Disponível em: <http://livotrato.blogspot.com.br/>



Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/noticias/campos-minados-a-situacao-de-quatro-terrenos-contaminados-no-estado-do-rio>



Área Contaminada

- Área, região ou local onde há comprovadamente contaminação do solo e das águas subterrâneas.
- Contaminação é causada pela introdução de substâncias ou resíduos dispostos, enterrados ou infiltrados.



Poluição industrial e urbana



Poluição urbana e industrial: resultados principais

Áreas em que há presença de substâncias perigosas para a saúde humana e ecossistemas

Áreas contaminadas



Área contaminada na USP Leste. Disponível em: <http://ultimosegundo.ig.com.br/educacao/2013-09-11/professores-da-usp-leste-entram-em-greve-apos-constatacao-de-metano-no->



Fonte:
Cetesb

PERIGO

**ÁREA
CONTAMINADA**

Quais atividades podem desencadear poluição industrial e urbana?



Poluição industrial e urbana



Principais fontes de poluição do solo e águas subterrâneas:

- lixões
- Vazamentos de redes de esgoto
- Resíduos urbanos
- Resíduos industriais
- Resíduos de mineração
- Vazamentos de tanques de armazenamento
-



Contextos frequentes para desencadear poluição industrial e urbana:

- 1) Operações de atividades industriais
- 2) Acidentes tecnológicos



Contextos frequentes para desencadear
poluição industrial e urbana:

Operação de indústrias



Acidentes tecnológicos:

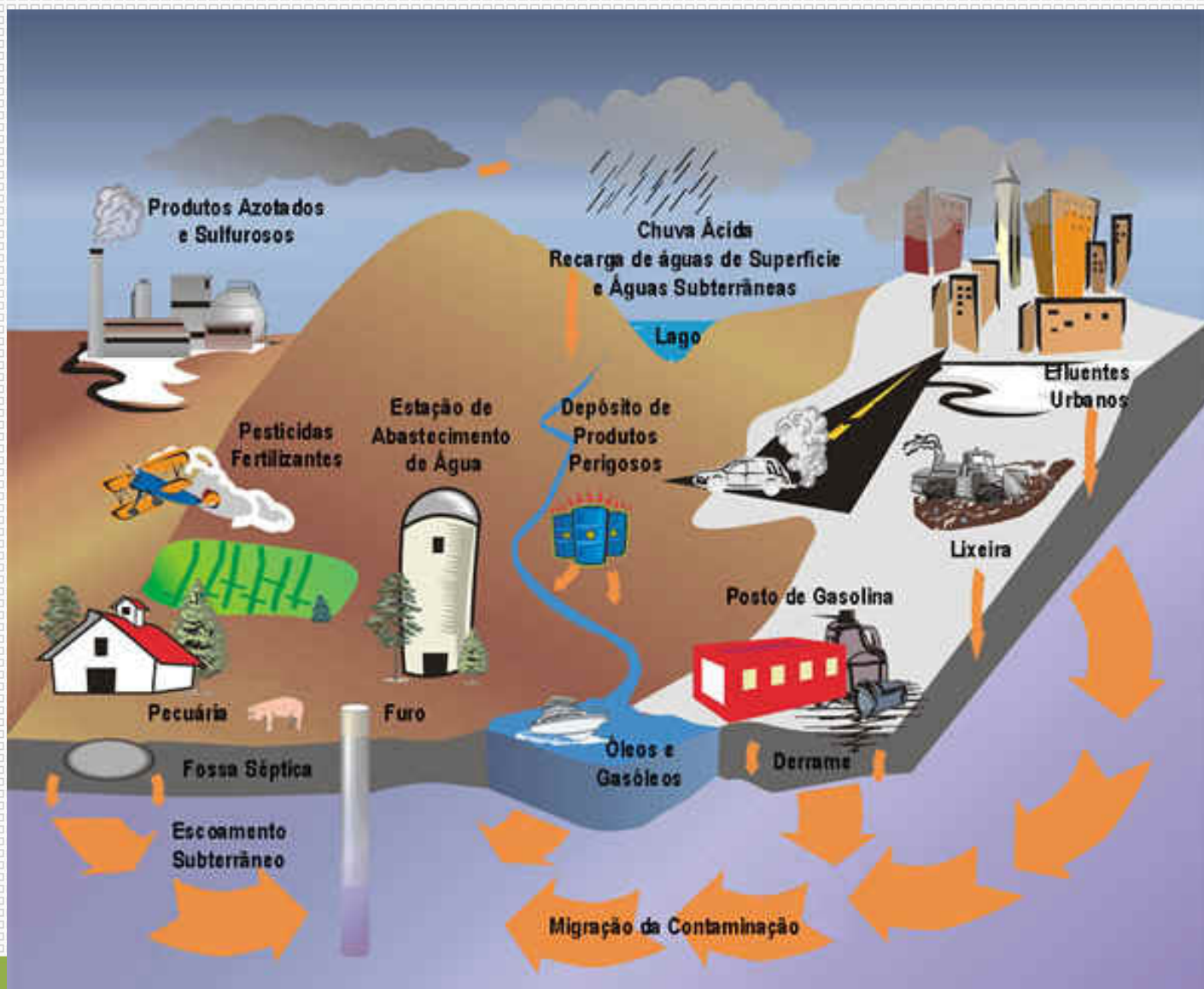
Ruptura de barragem de rejeito da mineração (de bauxita)
Rio Pomba Guataguases em 2007.



Dois bilhões de litros
de lama sobre
municípios de Minas
e do Rio, em 2003.



Fontes de contaminação em áreas urbanas



Principais contaminantes do solo e águas subterrâneas :

- Orgânicos: hidrocarbonetos (etanos, etenos, benzenos, toluenos, xilenos e outros), orgânicos sintéticos (fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e outros), orgânicos nitrogenados, sulfonados e fosforados.

- Inorgânicos: principalmente metais tóxicos ou elementos traços (arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio); metais alcalinos e alcalinos-terrosos (Na, Ca, Mg, K).

- Patogênicos

- Cetesb: lista com 84 substâncias contaminantes



VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Substância	CAS Nº	Referência de qualidade	Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco) ⁽¹⁾				Água Subterrânea
			Prevenção	Intervenção			(µg.L ⁻¹)
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	Intervenção
Inorgânicos							
Alumínio	7429-90-5	-	-	-	-	-	200
Antimônio	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	150	300	500	750	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	<0,5	1,3	3	8	20	5
Chumbo	7440-43-9	17	72	180	300	900	10
Cobalto	7439-92-1	13	25	35	65	90	5
Cobre	7440-50-8	35	60	200	400	600	2.000
Cromo	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Ferro	7439-89-6	-	-	-	-	-	300
Manganês	7439-96-5	-	-	-	-	-	400
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	12	36	70	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	13	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	-	-	-	-	-	10.000
Prata	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	5	-	-	-	10
Vanádio	7440-62-2	275	-	-	-	-	-
Zinco	7440-66-6	60	300	450	1000	2000	5.000
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos ⁽²⁾							
Antraceno	120-12-7	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17
Naftaleno	91-20-3	na	0,12	30	60	90	140
Benzenos clorados ⁽²⁾							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	na	0,41	40	45	120	700
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	na	0,73	150	200	400	1.000
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	na	0,39	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	na	0,39	50	70	150	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	na	0,01	5	15	35	(a)
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	na	0,011	7	20	40	(a)
1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	na	0,5	-	-	-	(a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	634-66-2	na	0,16	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	634-90-2	na	0,0065	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	na	0,01	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	118-74-1	na	0,003 ⁽³⁾	0,005	0,1	1	1
Etanos clorados							



Exemplo clássico de poluição industrial e urbana

● Polo industrial de Cubatão (1950):

- 23 indústrias: siderurgia, fertilizantes, minerais não-metálicos (cimento, gesso e concreto), refino de petróleo, química e petroquímica
- 1966 → CLOROGIL (solventes e fungicidas clorados):
 - Capacidade de produção de 950 T/ano;
 - Geração de 2,6 T/dia de resíduos tóxicos.
- 1974 → grupo Rhône-PROGIL:
 - Geração de 500 T/ano de resíduos tóxicos;
 - 53 T/mês lançadas em vala clandestina (5.000 T).
 - 15.000 T de resíduos lançados nos entornos dos municípios da região.



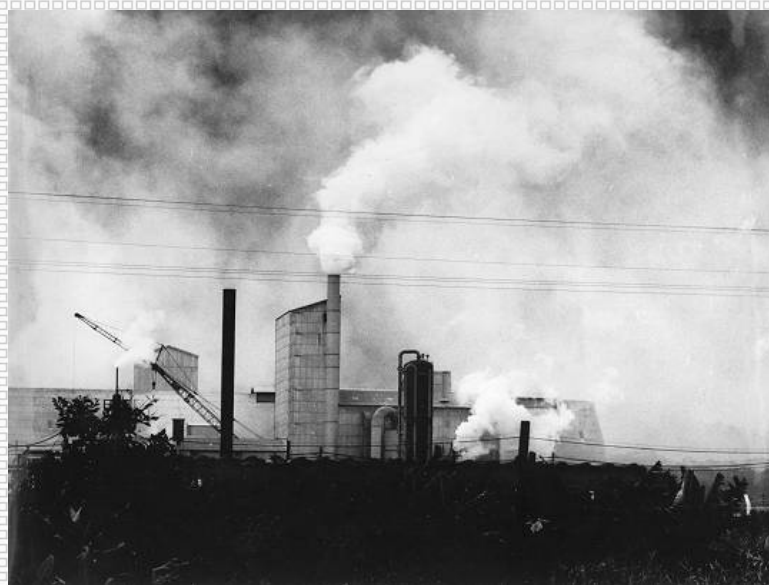
Cubatão



Fonte: Acervo do Arquivo Histórico Municipal da Prefeitura Municipal de Cubatão, 2009 apud Rosângela Mendanha da Veiga, s/d.



Cubatão



Fonte: Acervo do Arquivo Histórico Municipal da Prefeitura Municipal de Cubatão, 2009 apud Rosângela Mendanha da Veiga, s/d.



Vila Parisi, Cubatão-SP

em 1983:

* 320 fontes de poluição
(ar, águas e solo)

Decreto Nº 22.636, de 3 de setembro de **1984**

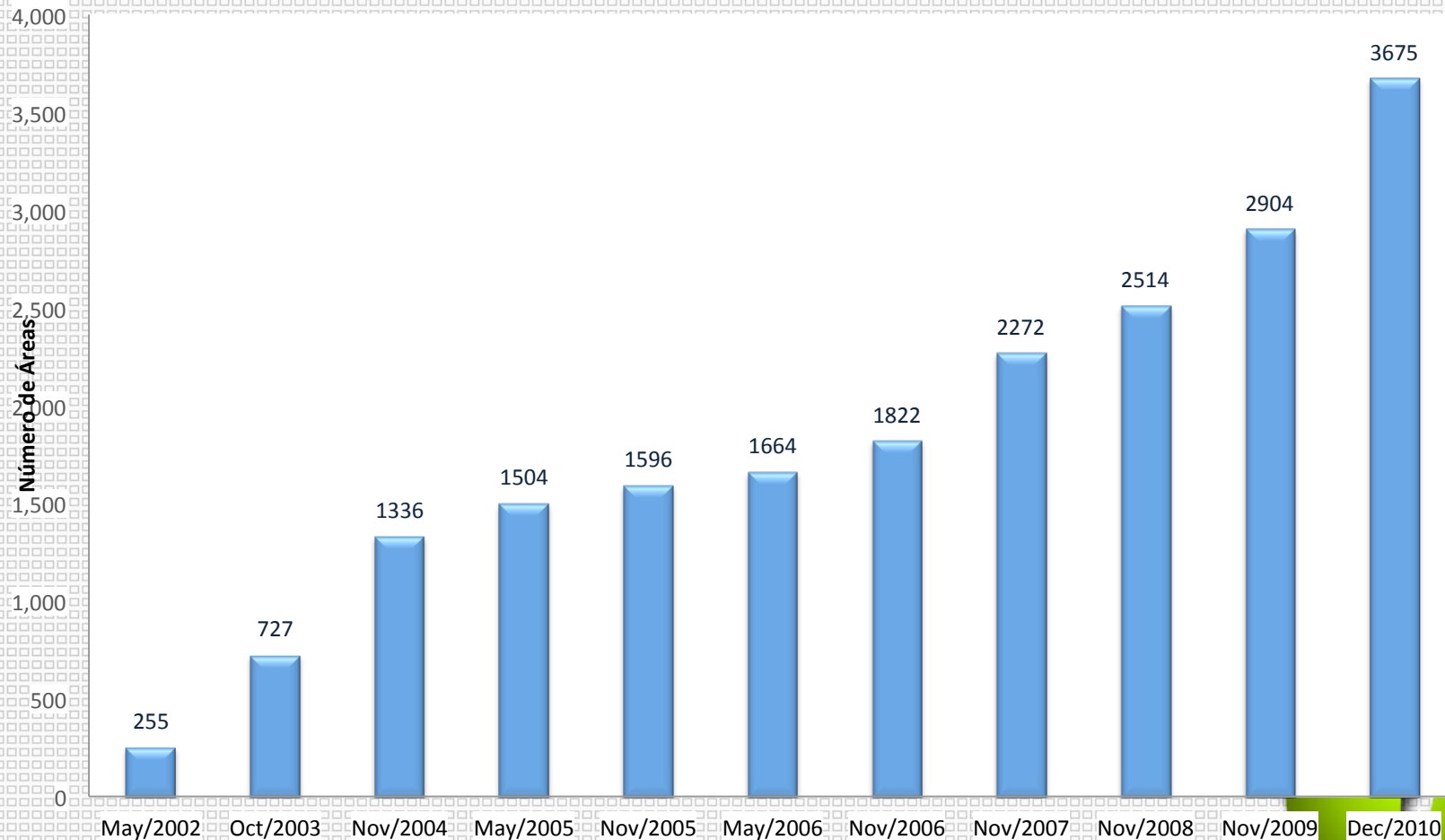
Declara Nível de Emergência para a Região de Cubatão-Vila Parisi

Considerando que os índices de poluição relativos a material particulado na estação medidora de Vila Parisi ultrapassaram os níveis de emergência previstos na legislação

No Estado de São Paulo:



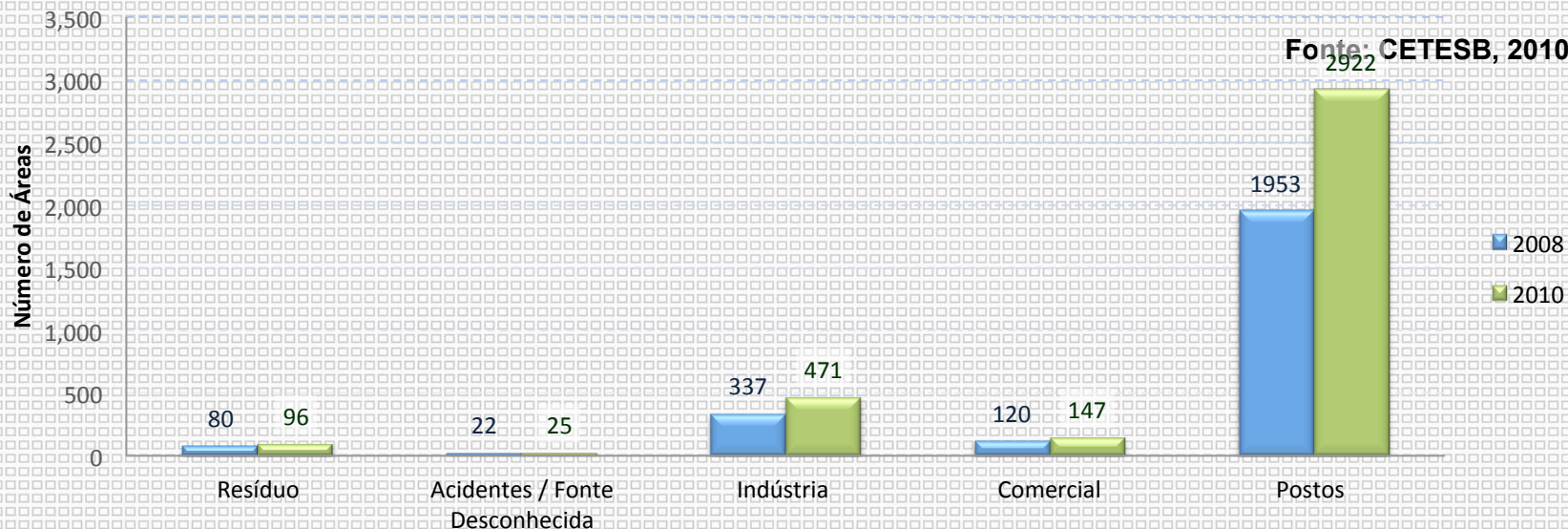
Evolução do Número de Áreas Contaminadas em São Paulo (Fonte: Cetesb, 2010)



Fonte: CETESB, 2010

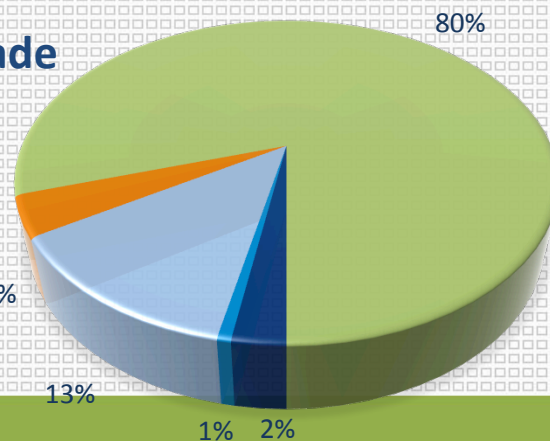
Evolução do Número de Áreas Contaminadas (Fonte: Cetesb, 2010)

Áreas Contaminadas por Atividade



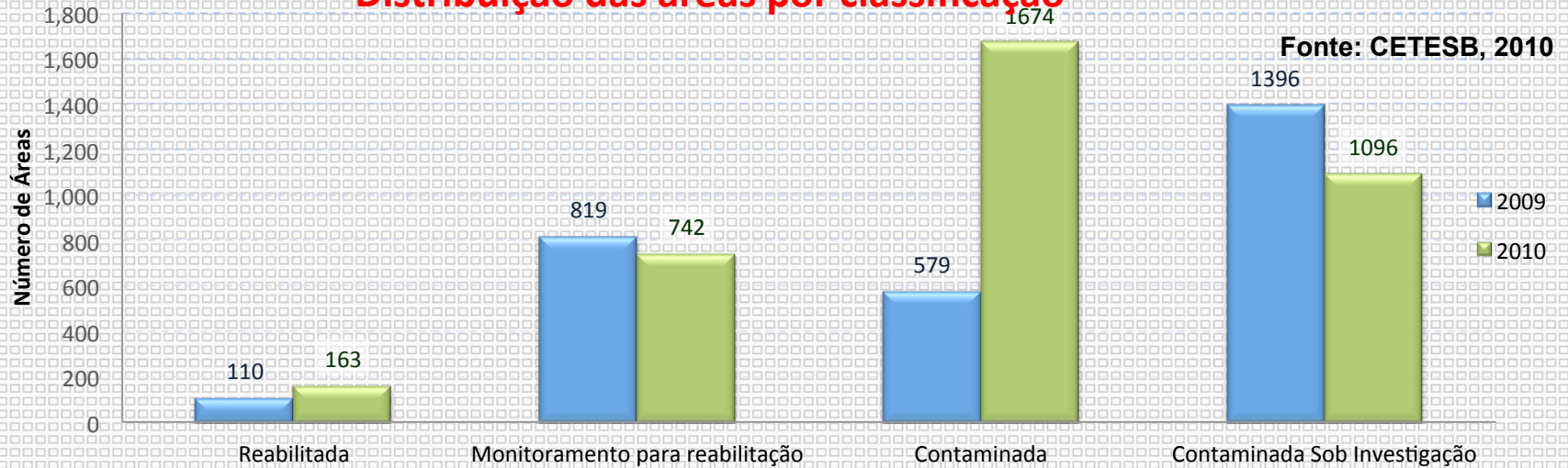
Áreas Contaminadas por Atividade 2010

- Resíduo
- Acidentes / Fonte Desconhecida
- Indústria
- Comercial
- Postos

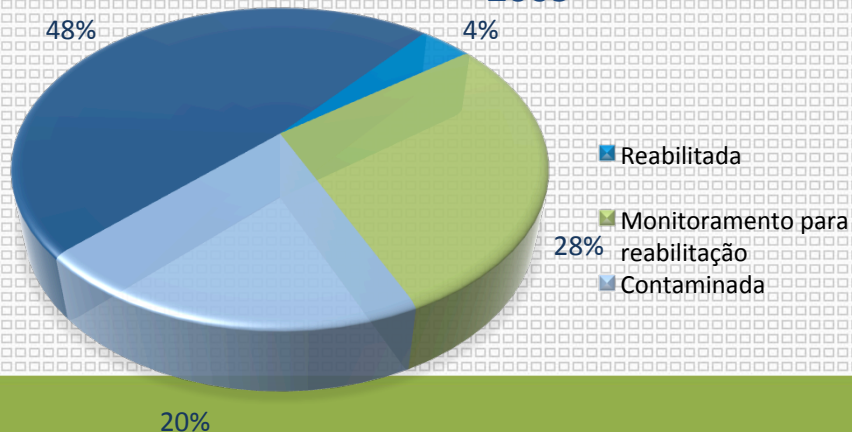


Casos de Áreas Contaminadas por Segmento (Fonte: Cetesb, 2010)

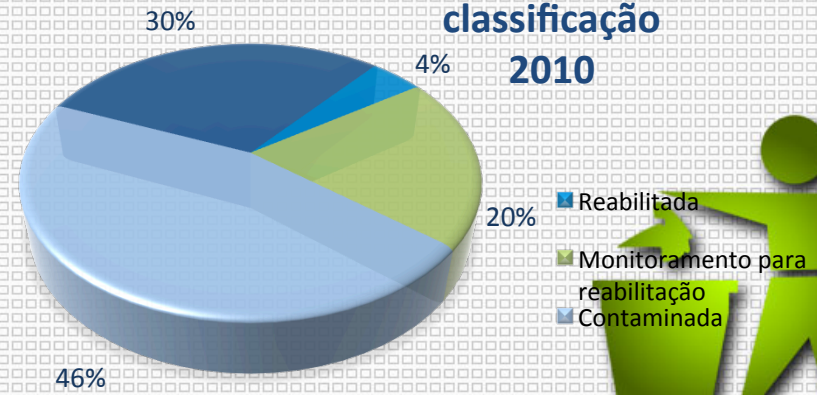
Distribuição das áreas por classificação



Distribuição das áreas por classificação 2009



Distribuição das áreas por classificação 2010



Dados da Cetesb de dezembro de 2013: 4.771 áreas contaminadas no Estado de SP

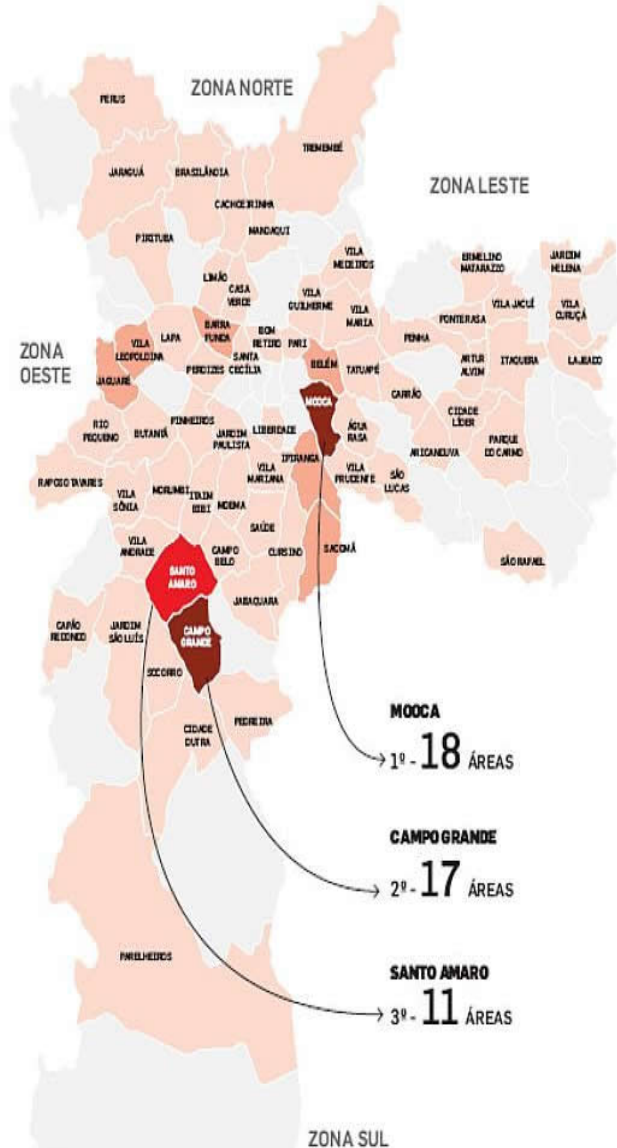
- postos de combustíveis: 3.597 casos (75% do total);
- atividade industrial : 768 registros (16%);
- comercial: 232 (5%);
- resíduos: 136 (3%);
- “Acidentes/Desconhecida/ Agricultura” com 38 (1%).



LEVANTAMENTO

● Pesquisa da Prefeitura de São Paulo detectou terrenos contaminados em 66 dos 96 distritos do município

0 1 A 5 6 A 10 11 A 15 16 A 20



Disponível em : http://www.blogger.ind.br/post/46/prevencao_do_solo_contaminado_os_profissionais_de_construcao_civil_precisam_ter_os_pes_no_chao.php#.VOPVifnF91Y

BROWNFIELDS



Áreas com instalações industriais e comerciais abandonadas, ociosas ou subutilizadas com potencial de estarem contaminadas ou áreas urbanas potencialmente contaminadas



Remediação de Áreas Contaminadas



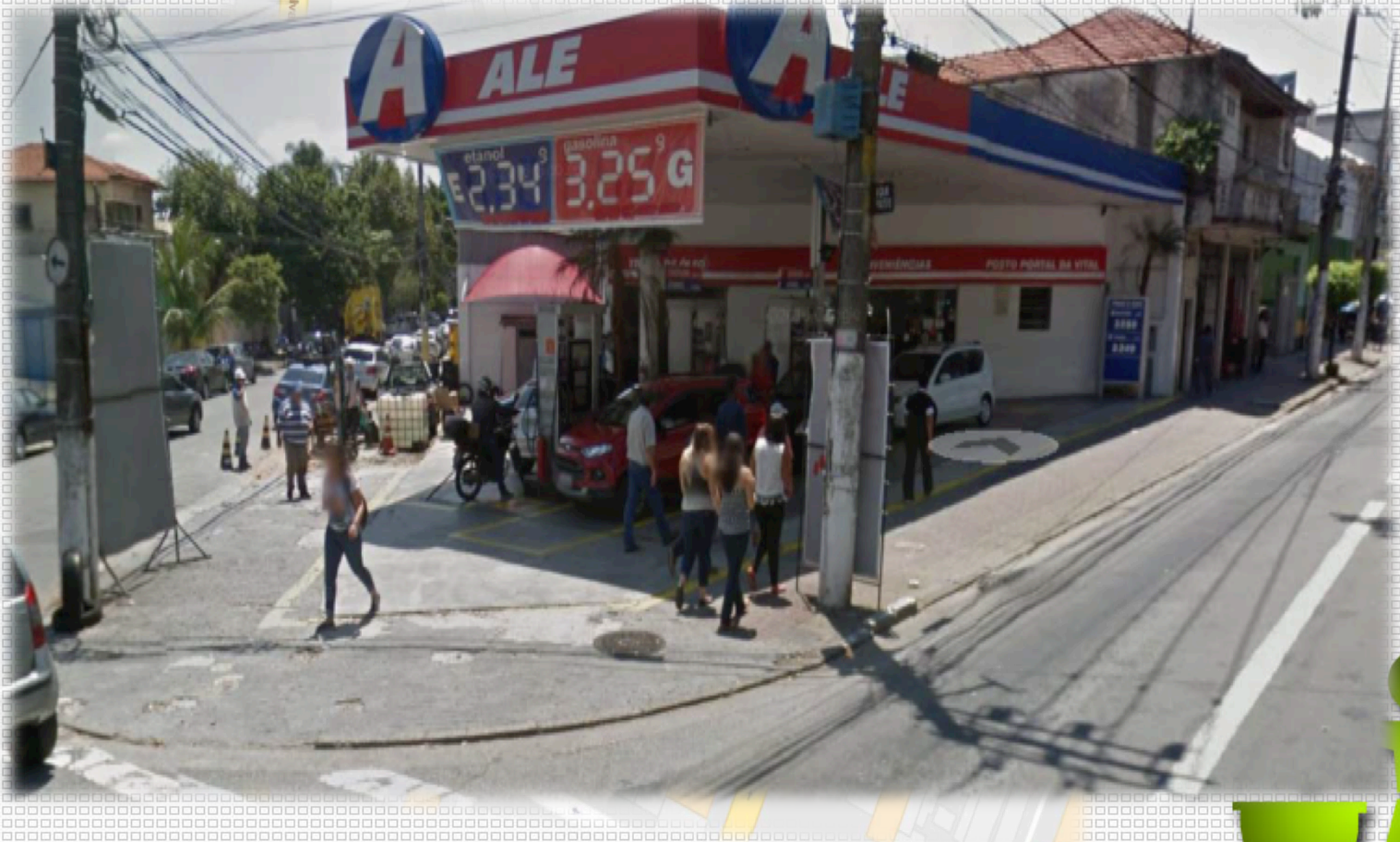
Remediação de áreas degradadas:

Conceito: é o resultado da aplicação de técnicas de engenharia visando tornar uma área contaminada apta para um novo uso

- ✓ novo uso: igual ou diferente do uso que precedeu a ação que causou a degradação
- ✓ o uso futuro proposto vai condicionar **o nível de descontaminação** a ser atingido



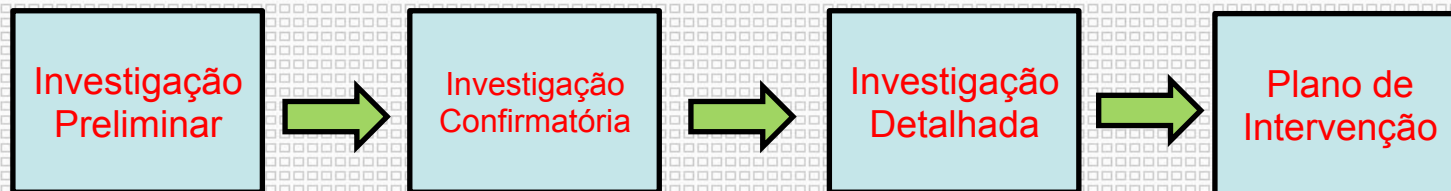
Poluição de Solo – Áreas Contaminadas



Investigação Ambiental

Como saber se uma área está contaminada ou não?

Atividades realizadas para verificar o histórico da área, as atividades envolvidas e seu potencial de contaminação de solo e de águas subterrâneas



Investigação Ambiental (CONAMA 430)

Investigação (ou Avaliação) Preliminar: objetivo de verificar o histórico da área. Quem foram os donos nos últimos 50 anos? Existem imagens de satélite antigas que mostram a ocupação do lote? Existem vizinhos como indústrias e postos de combustíveis que podem contaminar a área? É uma etapa baseada em levantamento de dados, visitas de campo e entrevistas com moradores locais

Investigação Confirmatória: Em caso de suspeita de contaminação, devem ser instalados poços de monitoramento em regiões estratégicas do terreno para coletar amostras de solo e de água subterrânea e mandar para análises laboratoriais. O objetivo é confirmar se as suspeitas levantadas na etapa anterior tem algum fundamento

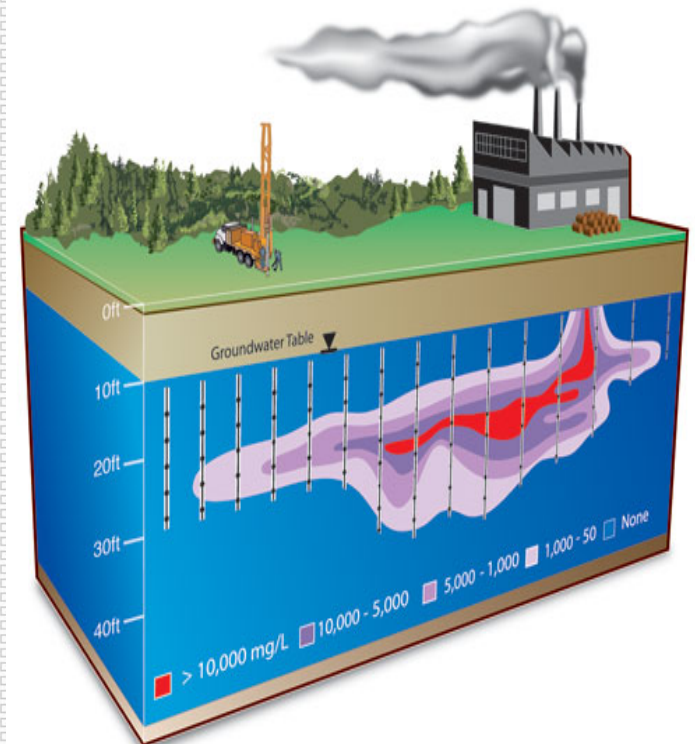
Investigação Detalhada: Em caso de confirmação de contaminação, é necessário saber de onde veio (se a fonte está dentro ou fora da área) e até onde se estendem os limites da contaminação. São feitas novas sondagens e novas análises laboratoriais. O resultado é um mapa de distribuição espacial da concentração de contaminantes (chamado de pluma de contaminação)

Plano de Intervenção: Uma vez conhecidos os limites da área, o proprietário estabelece quais medidas de engenharia (estruturais e não estruturais) devem ser tomadas para remediar a contaminação e não expor os indivíduos a riscos toxicológicos.



Investigação Ambiental

Plumas de contaminação em 2D e 3D



Contaminação de Solo

Caso seja verificada contaminação de solo, o que deve ser feito?

- 1) Verificar quais os limites desta contaminação (pluma de contaminantes em solo). Deve ser feita uma delimitação para cada contaminante detectado.
- 2) O solo pode ser tratado *in-situ* (no local), *ex-situ* (fora do local), ou destinado como resíduo
- 3) Tratamentos *in-situ* incluem oxidação química por injeção (oxidantes são injetados em camadas de solo)
- 4) Caso seja transportado para tratamento *ex-situ* ou destinado como resíduo, o solo afetado deve ser caracterizado de acordo com a NBR 10.001. O solo é classificado como resíduo perigoso, não-perigoso inerte ou não-perigoso não inerte. A periculosidade define o local de destino e a segurança associada ao transporte
- 5) Caso o solo seja tratado fora da área (por incineração, por exemplo), o mesmo deve ser novamente analisado antes de ser descartado
- 6) O buraco de onde o solo saiu pode ser recoberto, mediante aprovação do órgão ambiental, com um solo não contaminado de origem conhecida

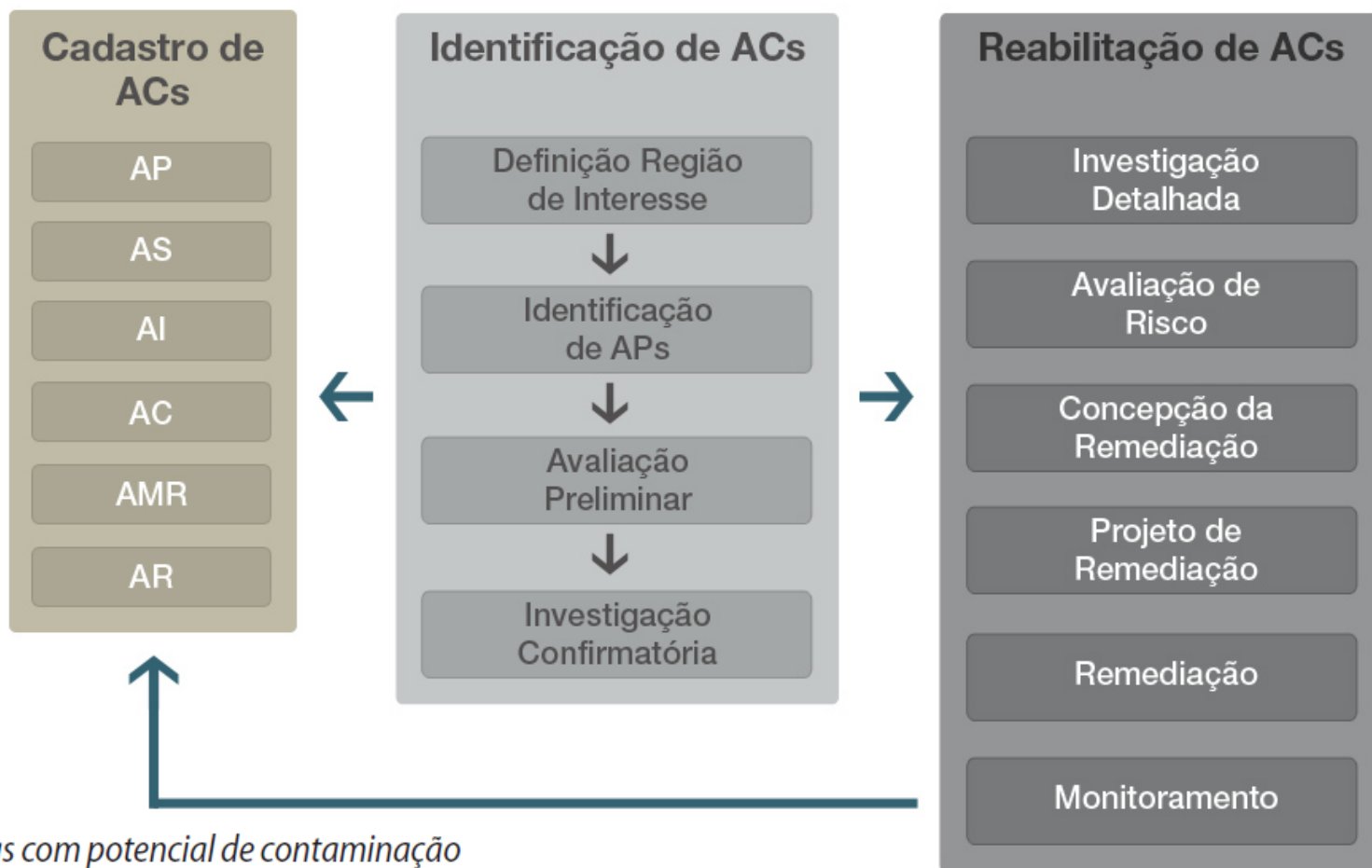


Futuro dos Estudos de Remediação de Áreas Contaminadas

- Remediação (tratamento para reabilitação) é uma metodologia considerada “de fim de tubo” (não considera atacar a origem da poluição). Desta forma, **não** é uma medida de prevenção à poluição.
- Com a aplicação de medidas de prevenção à poluição e produção mais limpa e fortalecimento das leis de proteção ambiental, a tendência é que não existam novas áreas contaminadas de forma deliberada (somente em caso de acidentes ambientais)
- Com o tratamento das áreas existentes e a diminuição do surgimento de novos casos, o mercado de investigação ambiental tende a sofrer um desequilíbrio (excesso de profissionais na área), evidenciado também com a desaceleração da expansão imobiliária.



Princípios gerais para Remediação de área contaminada:



AP - Áreas com potencial de contaminação

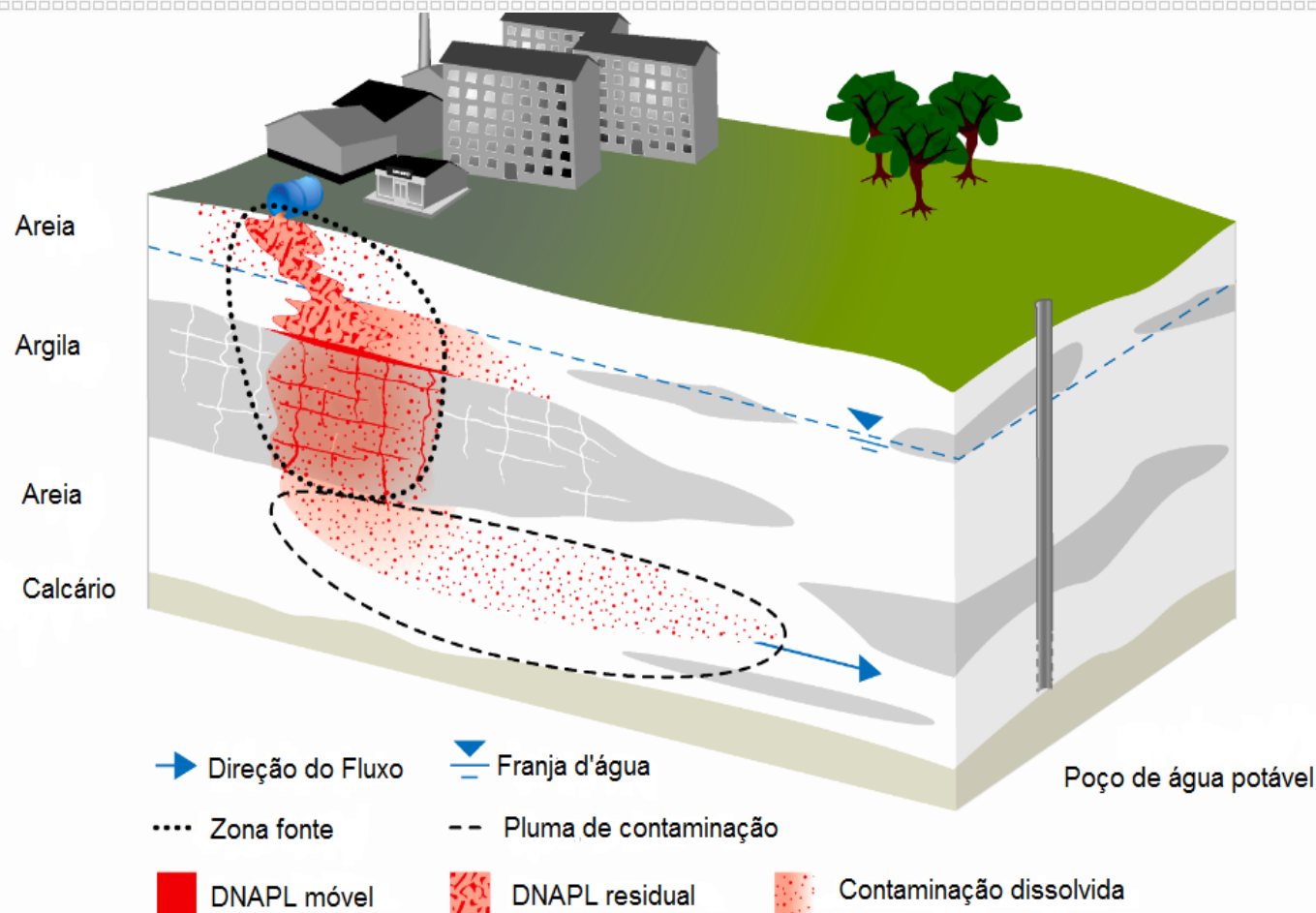
AS - Áreas suspeitas de contaminação

AI - Áreas contaminadas sob investigação

AC - Áreas contaminadas

AMR - Áreas em processo de monitoramento para reabilitação

Identificação da área Contaminada



- investigação geológico-geotécnica, ensaios geotécnicos
- investigação indireta: ensaios geofísicos



Atenuação natural:

redução da massa ou concentração de contaminantes na água subterrânea em função do tempo e distância da fonte de contaminação devido a processos naturais como biodegradação, dispersão, diluição, adsorção e volatilização



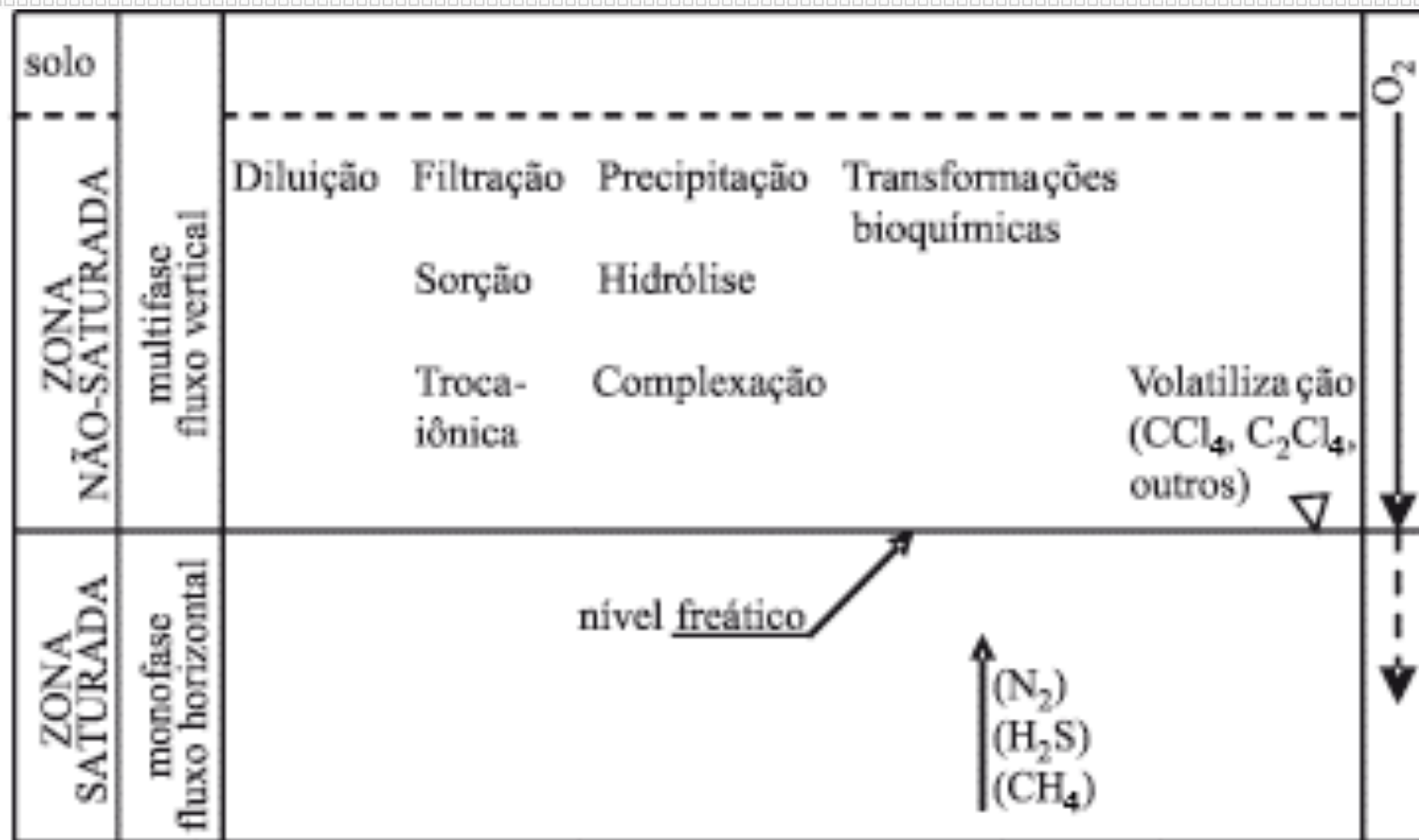
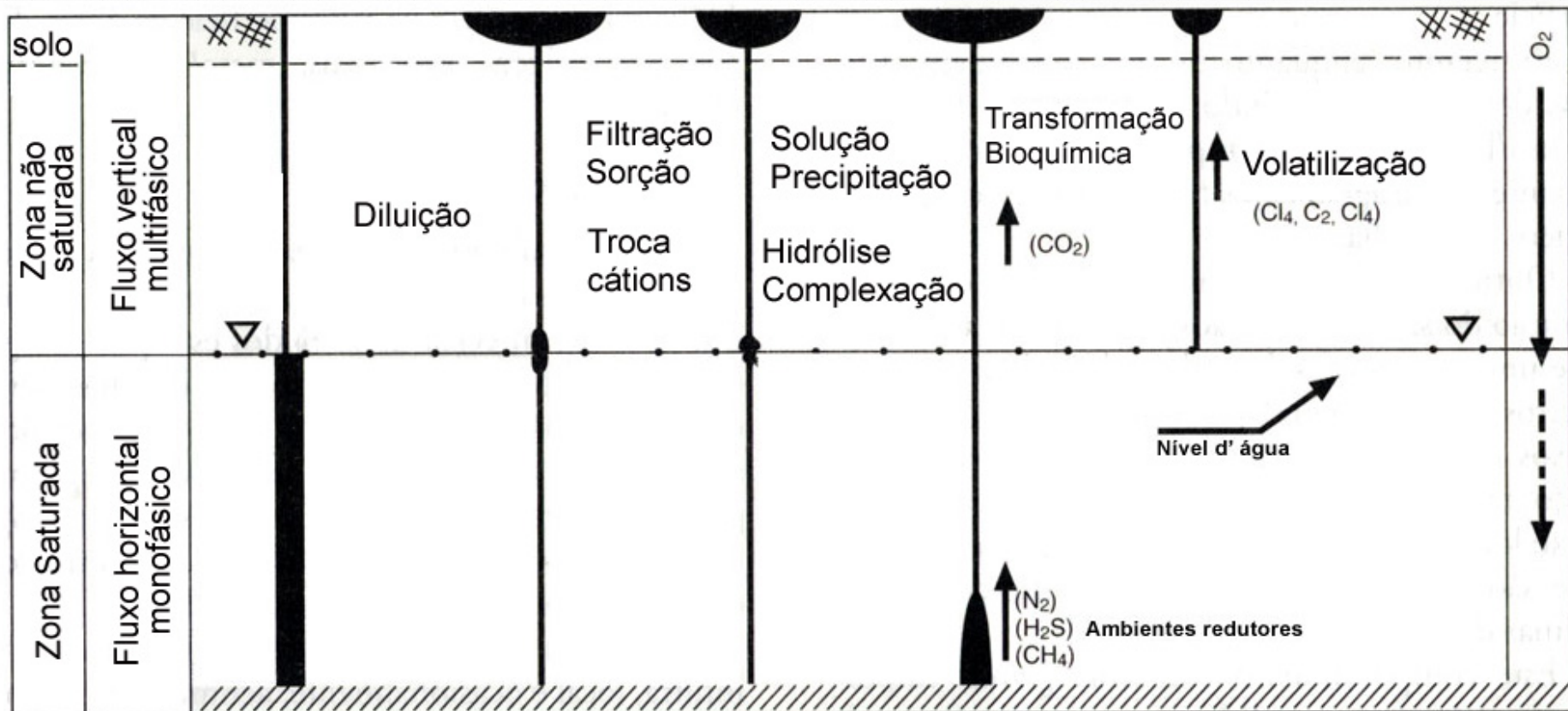


Figura 3. Processos que induzem a atenuação de poluentes nos sistemas de água subterrânea. Adaptada da ref. 14

Atenuação natural: processos físico, químicos e biológicos que ocorrem no subsolo

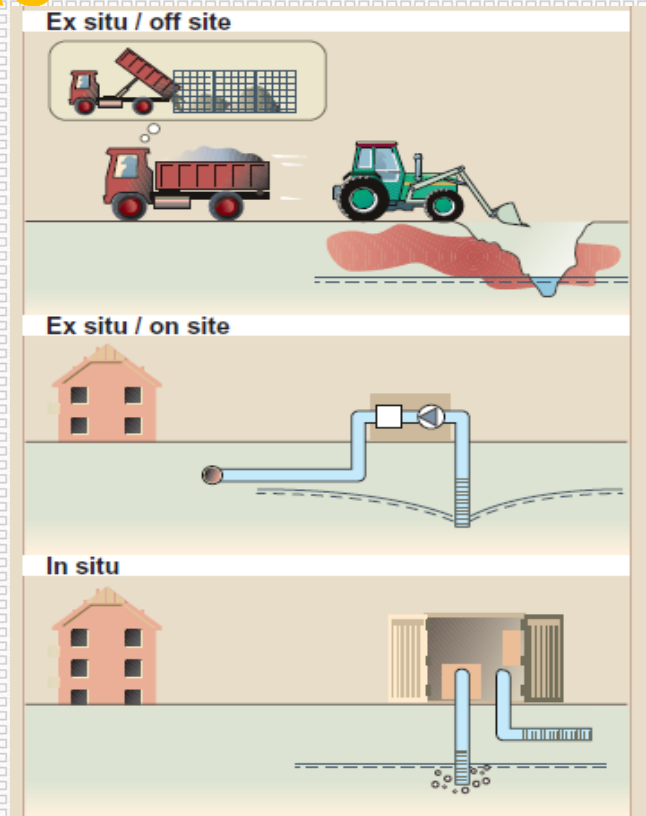


Golwer, 1983 apud Rebouças, 2002a



Tecnologias de Remediação

- **Ex situ/off site**
Escavação e incineração
- **Ex situ/on site**
Bombeamento e tratamento
- **In situ**
Injeção Tratamento químico
Nanopartículas de Fe
Biorremediação



- consumir insumos
- consumir recursos hídricos e energéticos
- alterar o meio
- gerar emissões

Remediação Ex Situ - Escavação



ACS Estopardo
INSTRUÇÃO DE TRABALHO ANEXO 1
Número: 03
Vigência: 21/07/2008
Permissão: 12/07/2008

TÍTULO: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS
FORMULÁRIO: FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
ESTAB: Estação de Tratamento de Efluentes

Nome do Resíduo: *Solo contaminado com PCB's*

IDENTIFICAÇÃO INTERNA
Quantidade: *1000 kg*
Localização: *Área de Escavação*
Responsável: *Eng. Roberto*

DESTINO
 Exatidão: Resíduos, etc.
 Reuso
 Reciclagem

CUIDADO
Este resíduo contém substâncias tóxicas, nocivas ou cancerígenas.
RESÍDUOS
A FUNDIÇÃO AMBIENTAL, PRESTA A SEUS SERVIÇOS DE RESÍDUOS PERIGOSOS, ATUANDO EM CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO FEDERAL, ESTADUAL, DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL.

INSTRUMENTAÇÃO
Projeto: Remediação Ex Situ - Escavação
Folha: 01 de 01

TELEFONES DE EMERGÊNCIA
Fundo de Emergência: 0800-029888
Fundo de Emergência: 0800-029888
Fundo de Emergência: 0800-029888

9



Remediação – In situ

- A fonte de contaminação não é removida
- Geralmente aplicada para VOCs (Volatile Organic Compounds)
- Depende do tipo de solo e da hidrogeologia
- Muito especializada e cara
- Para a remediação ser completada pode durar anos
- Não é tão comum como as técnicas ex situ

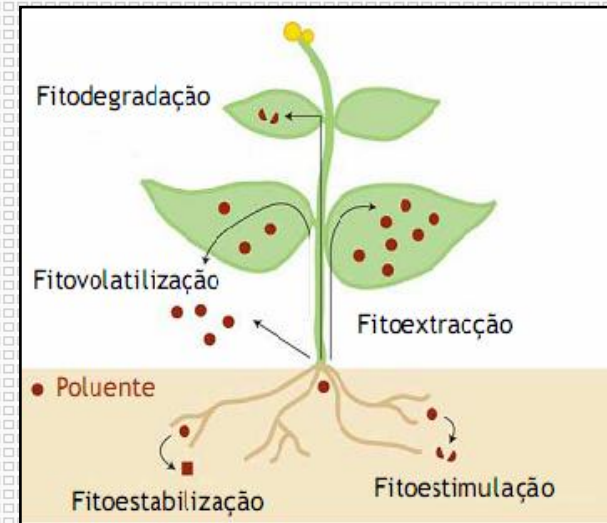


Disponível em: <http://www.clean.com.br/site/remox-1/>



Fitorremediação

- **Biodegradação na rizosfera (Fitoestimulação):**
- **Substâncias naturais liberadas pelas raízes das plantas suprem a demanda de nutrientes pelos microorganismos, potencializando suas atividades biológicas.**



Disponível em: <http://www.aprenda.bio.br/porta/?p=6864>

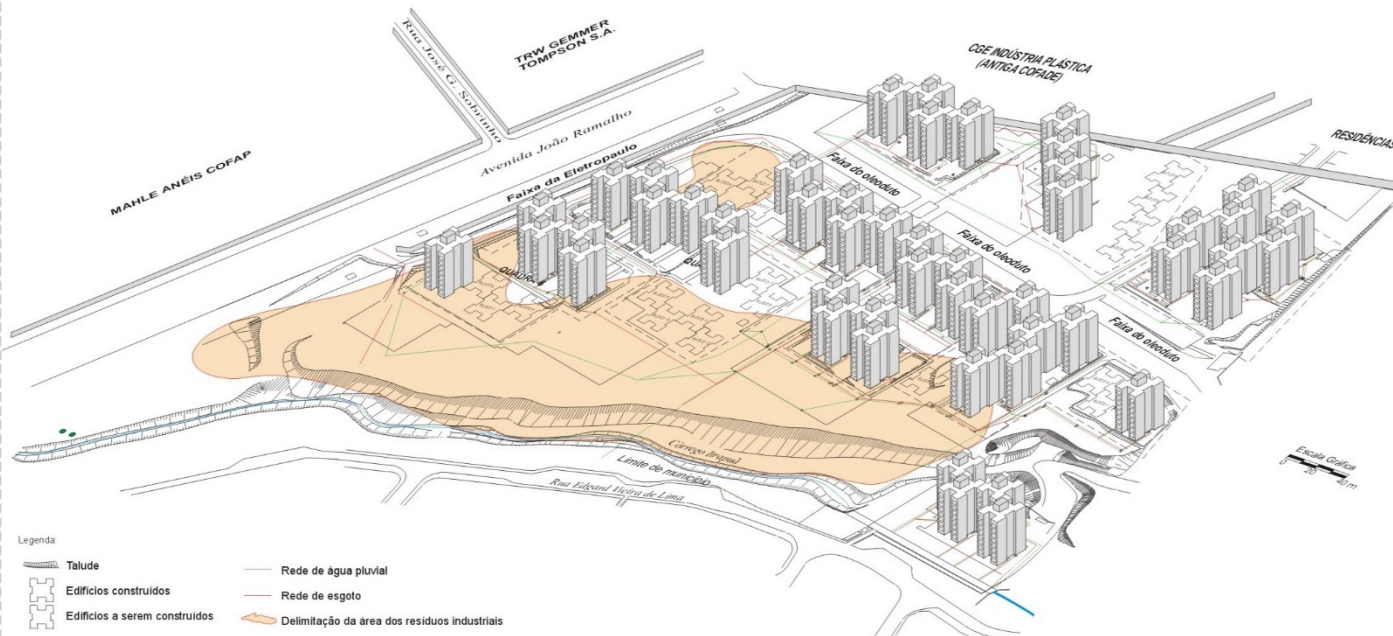
- **Fitoestabilização:** Fenômeno de produção de compostos químicos pela planta para imobilizar contaminantes na interface raízes/solo.
- **Fitoacumulação:** Absorção de contaminantes pelas raízes e acumulação na matéria seca ou folhas.
- **Fitodegradação:** Metaboliza contaminantes no interior dos tecidos da planta por enzimas.



Exemplo de Remediação de Área Contaminada



Condomínio Barão de Mauá - Fonte: CETESB



- O Conjunto Residencial Barão de Mauá (Mauá) é uma área contaminada por compostos orgânicos e inorgânicos, alguns deles voláteis.
- Foi implantado em terreno pertencente à empresa de amortecedores Cofap, o qual havia sido aterrado com resíduos sólidos industriais, predominantemente areias de fundição.
- Como não havia controle da área pelos proprietários, outras substâncias tóxicas foram depositadas inadequadamente.
- Nem todos os edifícios foram construídos sobre os resíduos; a maioria foi implantada em terreno que não sofreu contaminação.



CETESB passou a atuar no caso em função de explosão ocorrida em abril de 2000

Exigências técnicas da Cetesb, quando do acidente:

- monitoramento de índices de explosividade;
- ventilação forçada dos espaços fechados;
- monitoramento da qualidade do ar na área do condomínio;
- proibição do uso das águas subterrâneas;
- monitoramento da qualidade da água de abastecimento público fornecida aos edifícios;
- cobertura dos resíduos expostos com material inerte;
- realização de investigação detalhada, para delimitação, caracterização e quantificação dos resíduos dispostos e da contaminação do solo e das águas subterrâneas;
- realização de avaliação de risco à saúde;
- adequação dos playgrounds, posicionando-os sobre uma camada de argila compactada;
- extração forçada de vapores e gases do subsolo, com monitoramento da eficiência do sistema de tratamento dos gases coletados;
- apresentação de projeto destinado à remoção dos bolsões de materiais orgânicos geradores de gases e vapores;
- implantação de medidas para remediação das plumas de contaminação das águas subterrâneas mapeadas no local.



Situação em 15 de setembro de 2014

A COFAP, a SOMA, a SQG e PAULICOOP, após 14 anos da explosão ocorrida no Condomínio iniciam processo de recuperação ambiental exigida pela CETESB.

- em duas fases:
 1. ampliação do sistema de extração de gases, tratamento das águas subterrâneas, capeamento e pavimentação das garagens, remoção de resíduos, investigação complementar da extensão da contaminação e monitoramento ambiental, com prazo previsto de 18 meses.
 2. realocação temporária de 44 famílias que residem em apartamentos térreos de 11 blocos (do 1 ao 8), para dois prédios permitindo, assim, a finalização da remoção e do tratamento dos resíduos, continuação da extração de gás metano do subsolo e análises do subsolo nos apartamentos térreos. O retorno para os apartamentos originais dependerá de uma avaliação futura, após o encerramento das ações de remediação e análise pela CETESB.
- Periodicamente, serão distribuídos aos moradores informativos sobre o andamento das etapas de remediação.
- Também será disponibilizada uma página da Internet, para a obtenção de informações sobre o andamento do Plano de Recuperação.



Exemplos: áreas degradadas recuperadas

