

PHA 3203

Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULA 7

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E
REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS



Solos Contaminados e Degradados



Vamos antes recordar brevemente
os conceitos de solo e água subterrânea ...

Agenda da aula:

- O que é degradação ambiental
- Áreas degradadas
 - ✓ Papel da engenharia civil na recuperação de áreas degradadas
 - ✓ Exemplos
- Áreas contaminadas
 - ✓ Papel da engenharia civil na remediação de áreas contaminadas
 - ✓ Exemplos

O que é degradação ambiental?

- ✓ “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou alteração adversa da qualidade ambiental” (Sánchez, 2014)
- ✓ Nesse conceito está incluída qualquer alteração de um ambiente e qualquer tipo de ambiente. É um impacto ambiental negativo.

Áreas Degradadas

1. Locais onde os *processos naturais* encontram-se em situação de desequilíbrio, impossibilitando seu uso sustentável

Ex.: processos erosivos intensos

2. Áreas da quais foram suprimidos *componentes* essenciais para manutenção de suas funções ecológicas

Ex.: cobertura vegetal / horizontes superficiais do solo

Áreas Degradadas

3. Áreas que sofreram qualquer perturbação percebida como danosa ou indesejável

Ex. Alterações paisagísticas; degradação do ambiente construído

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

Ex. Áreas contaminadas

Degradação ambiental e seus efeitos:

- perda de capital ou patrimônio natural
- perda das funções ambientais
- alterações paisagísticas
- qualquer situação criada pelo homem que represente risco à saúde ou à segurança

Fonte: Sánchez e Gallardo (2012).

EXEMPLOS:

1. Locais onde os *processos naturais* encontram-se em situação de desequilíbrio, impossibilitando seu uso sustentável – processos erosivos intensos
2. Áreas das quais foram suprimidos *componentes* essenciais para manutenção de suas funções ecológicas – supressão da cobertura vegetal e dos horizontes superficiais do solo



Exemplos: minerações abandonadas em áreas urbanas e rurais

Outros exemplos de áreas degradadas



1 – áreas de empréstimo contíguas a rodovia não recuperadas;

2 - escorregamento decorrente de falta de implantação de sistema de drenagem em rodovia;

3 – processos erosivos não recuperados em taludes marginais provocados pelo enchimento do reservatório

EXEMPLOS:

3. Áreas que sofreram qualquer perturbação percebida como danosa ou indesejável

Ex. Alterações paisagísticas; degradação do ambiente construído



<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2012/04/07/familias-resistem-em-deixar-casas-em-areas-de-risco-na-mata-sul-38413.php>

Cidades com ocupação irregular em áreas de preservação permanente (cursos d'água)



Área urbana (acima) e Área rural (ao lado) degradadas por chuva ácida



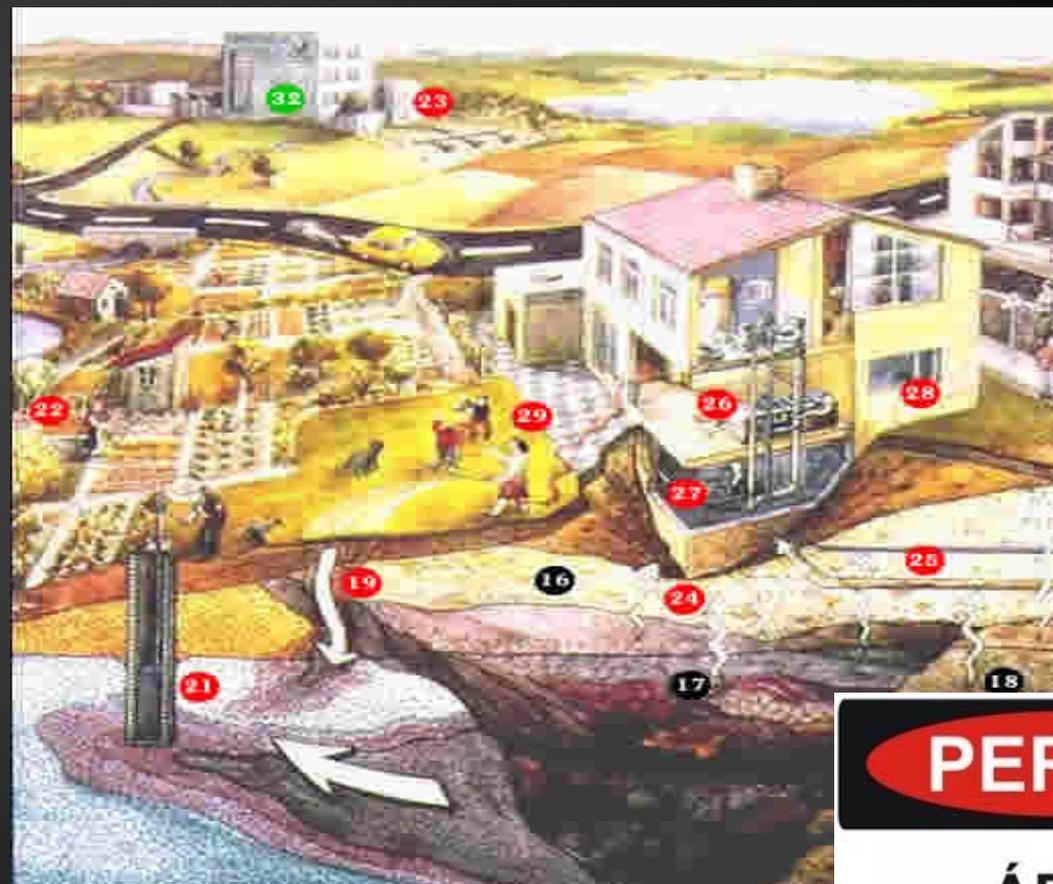
EXEMPLOS:

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

Ex. 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-campus.html>



Fonte: Cetesb

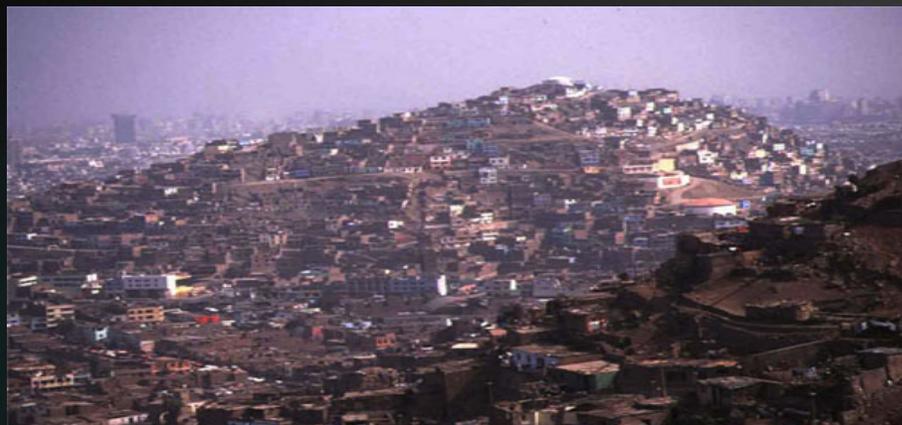
PERIGO

**ÁREA
CONTAMINADA**



Quais atividades podem desencadear áreas degradadas?

Uso e ocupação do solo e intervenções de engenharia



Uso e ocupação do solo e intervenções de engenharia



Fonte: L.E. Sánchez



Algumas atividades que podem desencadear áreas degradadas:

- Agricultura, pecuária, silvicultura
- Mineração
- Obras civis (rodovias, barragens, dutos...)
- Urbanização
- Indústrias
- Disposição de resíduos sólidos
-



Uso e ocupação do solo
X
áreas degradadas



Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

1) Acidentes tecnológicos

2) Intervenções não planejadas

3) Intervenções planejadas

4) Aplicações deficientes de técnicas e procedimentos preventivos

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

- 1) Acidentes Tecnológicos:
Ex.: operação de indústrias



Exemplo:

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.

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

2) Intervenções não ou mal planejadas.

Ex. lançamento de lixo em boçorocas



Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

3) Intervenções planejadas. Ex. Implantação de urbanização.

- a) Implantação de projetos urbanísticos com grande movimentação de terra sem implantação de sistema de drenagem
- b) Deficiência de sistema de drenagem em áreas altamente suscetíveis a processos erosivos.

a)



b)



Exemplo:

Conjunto habitacional Santa Etelvina, Cohab, SP - década de 80
(Fonte: Manual de Habitação, 2001)



Foto: A.R. Santos

Terraplenagem de grande porte: 5.000.000 m³ (21% da UHE Itaipu)

saldo: custo final de cada residência (incluindo o de recuperação) - valor de mercado equivalente a um apartamento na Av. Paulista

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

4) Aplicações deficientes de técnicas e procedimentos preventivos





Recuperação de Áreas Degradadas

Recuperação de áreas degradadas:

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

- ✓ novo uso: igual ou diferente do uso que precedeu a ação que causou a degradação



**Qual o papel da engenharia civil
na recuperação de áreas degradadas?**

Princípios gerais para Recuperação de Área Degradada:

- **estabilidade física:** processos do meio físico em equilíbrio dinâmico
- **estabilidade química:** métodos químicos ou biológicos para eliminar, neutralizar, imobilizar ou confinar elementos contaminantes presentes

Conhecimento da engenharia civil:

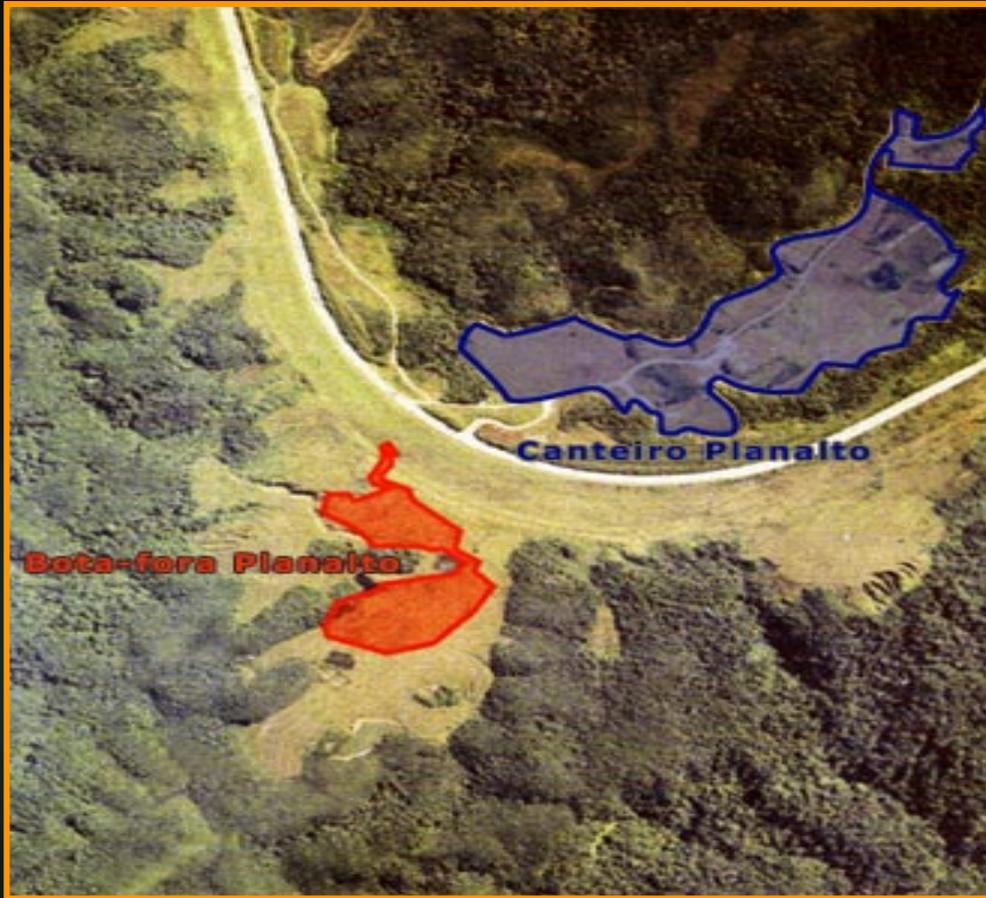
- **Geotécnica:** estabilidade de taludes, mecânica dos solos
- **Hidráulica:** implantação de sistemas de drenagem

Recuperação de área degradada

Exemplo: Construção da pista descendente da rodovia dos Imigrantes

- a) área degradada da construção da 1ª pista**
- b) necessidade de área para bota-fora de material excedente de escavação de túnel**
- c) projeto geotécnico para recuperação de bota-fora**
- d) uso futuro como bota-fora de estéril**
- e) recuperação para incorporação da área no Parque Estadual da Serra do Mar**

Exemplo: Recuperação de área degradada



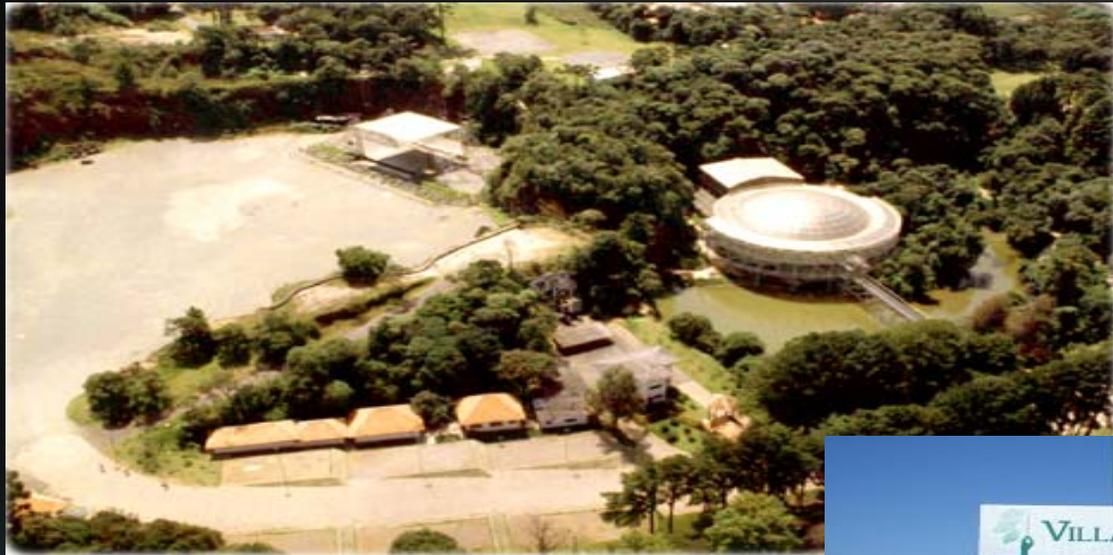
Exemplo: Recuperação de área degradada



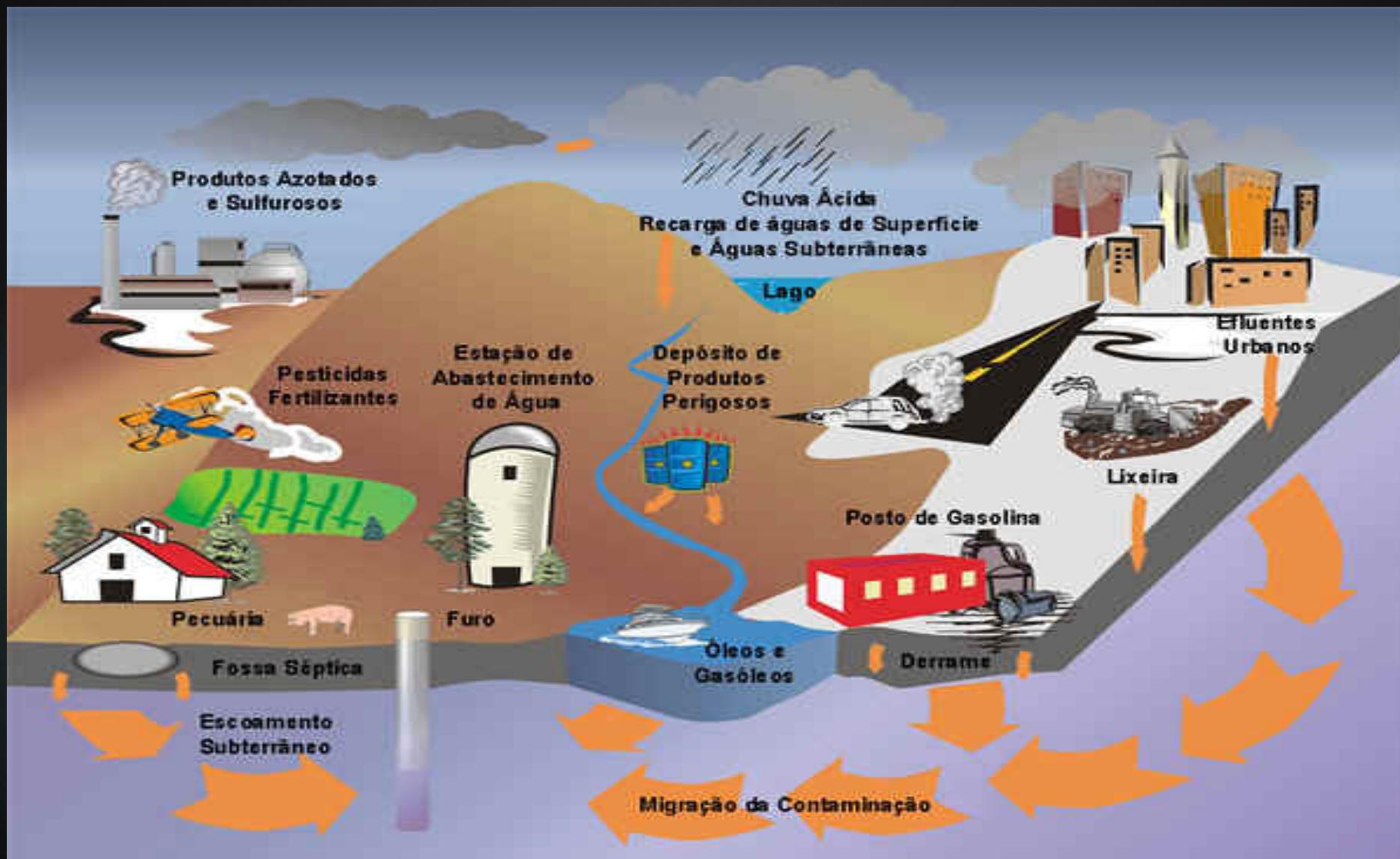
Exemplo: Recuperação de área degradada



Exemplos: áreas degradadas recuperadas



Fontes de contaminação em áreas urbanas



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.



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

ÁREAS CONTAMINADAS: PROBLEMA AMBIENTAL URBANO

Resíduos → contaminação → riscos à saúde



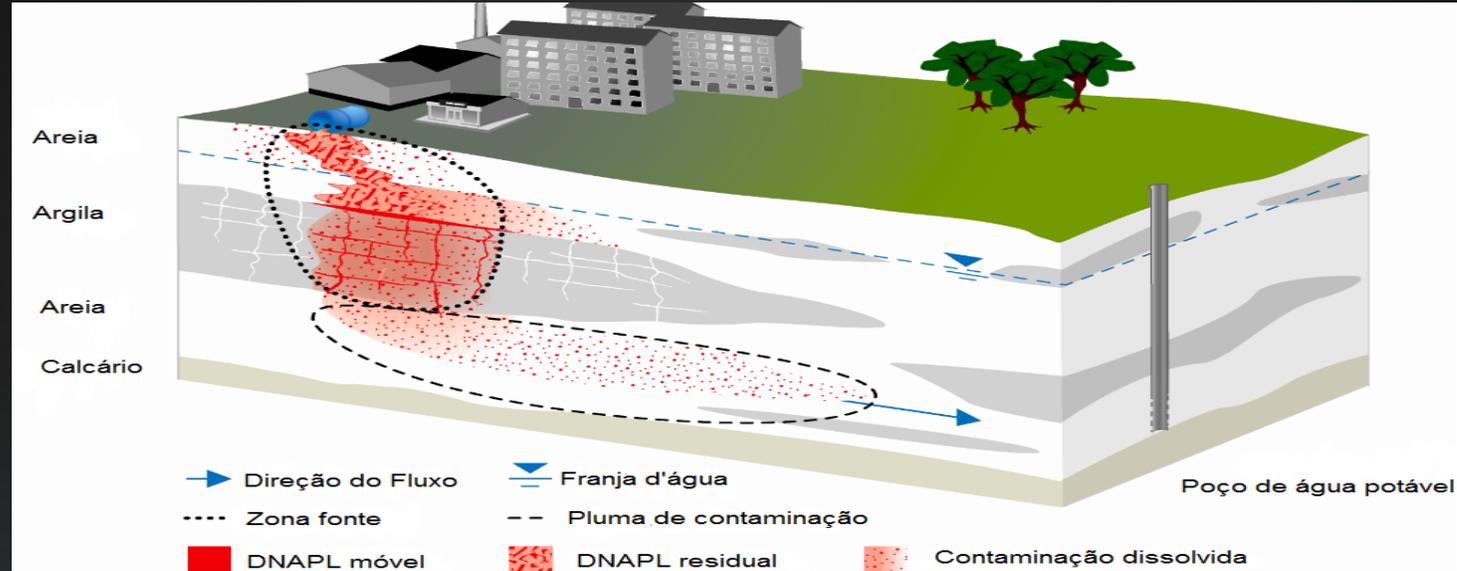
Disponível em:
<http://axelgrael.blogspot.com.br/2009/11/conama-regulamenta-remediacao-de-areas.html>



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



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



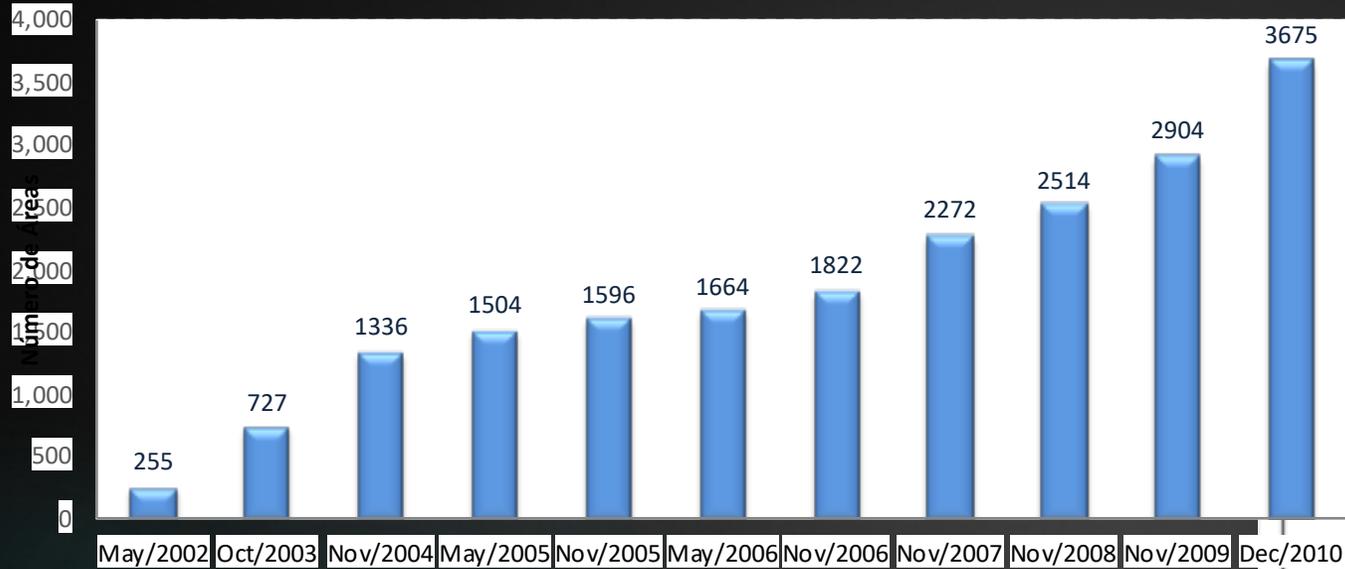
Área Contaminada

- 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.



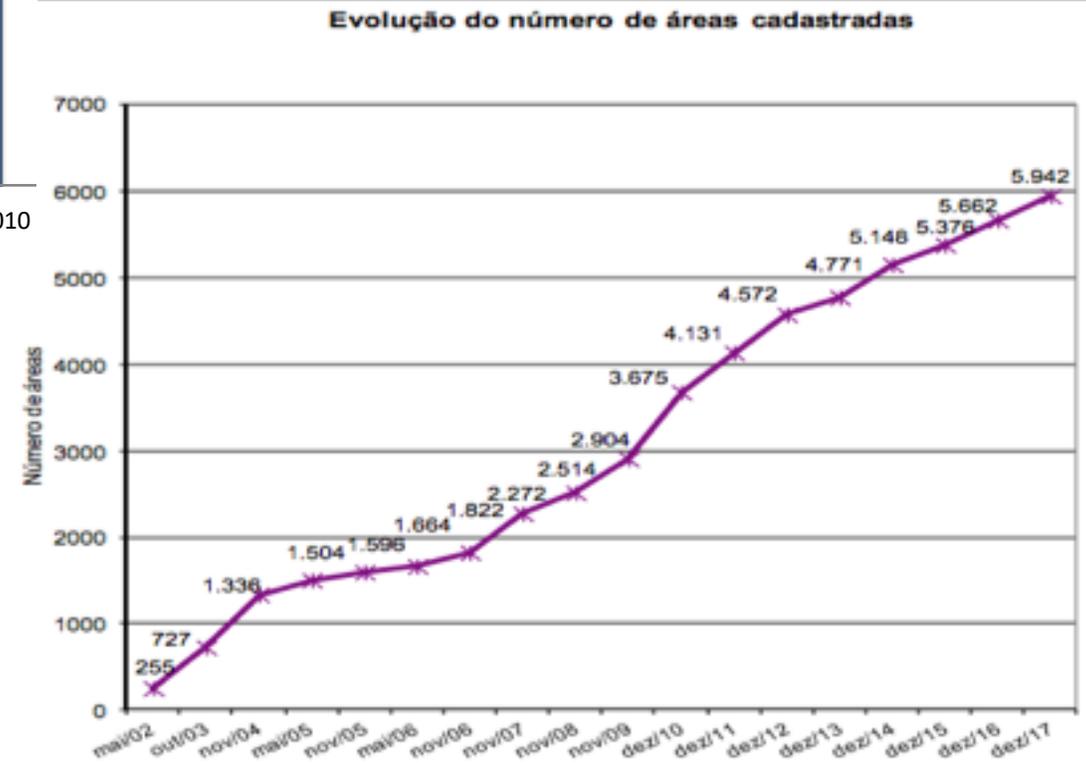
No Estado de São Paulo:

Evolução do Número de Áreas Contaminadas em São Paulo (Fonte: Cetesb, 2010, 2013, 2017)



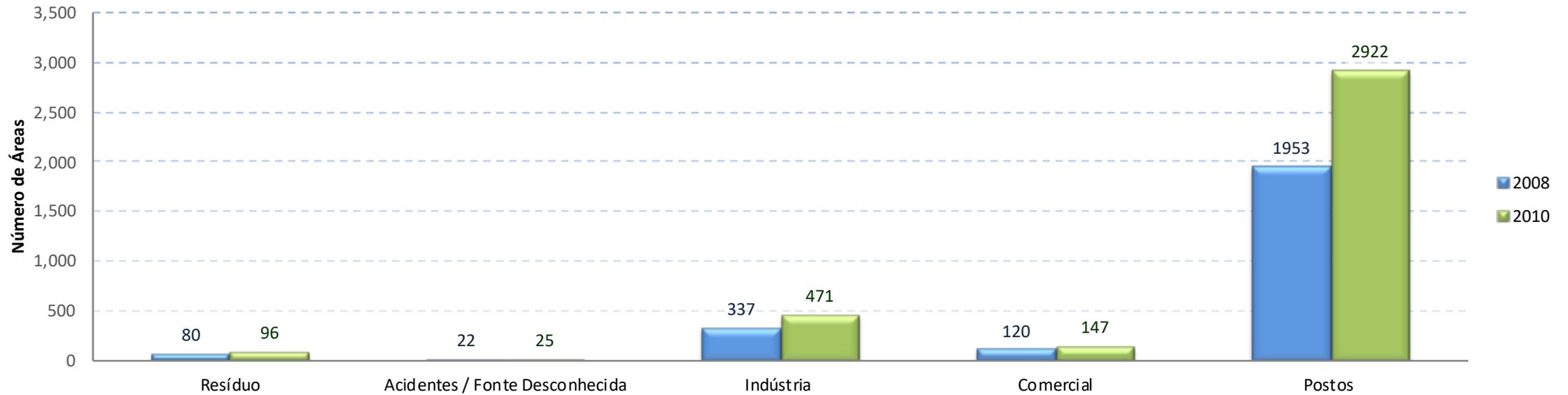
Dados da Cetesb de dezembro de 2013: 4.771 áreas contaminadas no ESP;
2017: 5.942 áreas contaminadas no ESP

Fonte: CETESB, 2010

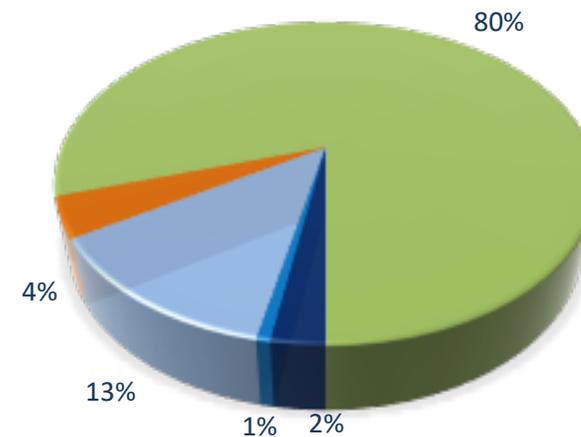
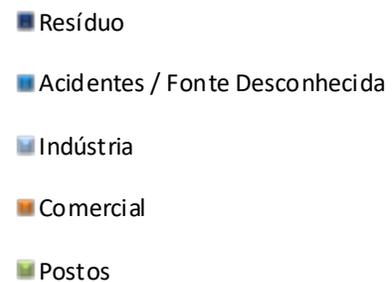


Evolução do Número de Áreas Contaminadas (Fonte: Cetesb, 2010)

Áreas Contaminadas por Atividade

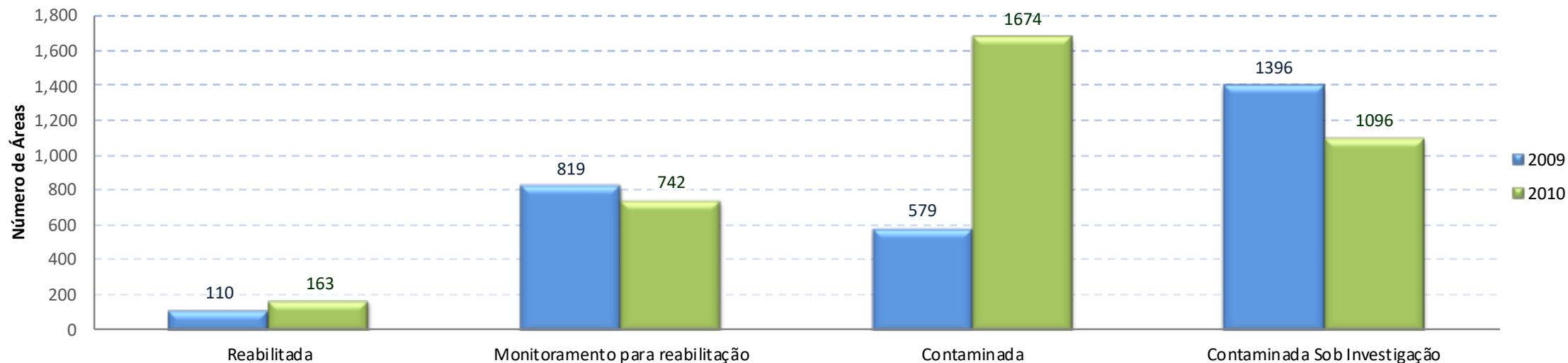


Áreas Contaminadas por Atividade 2010

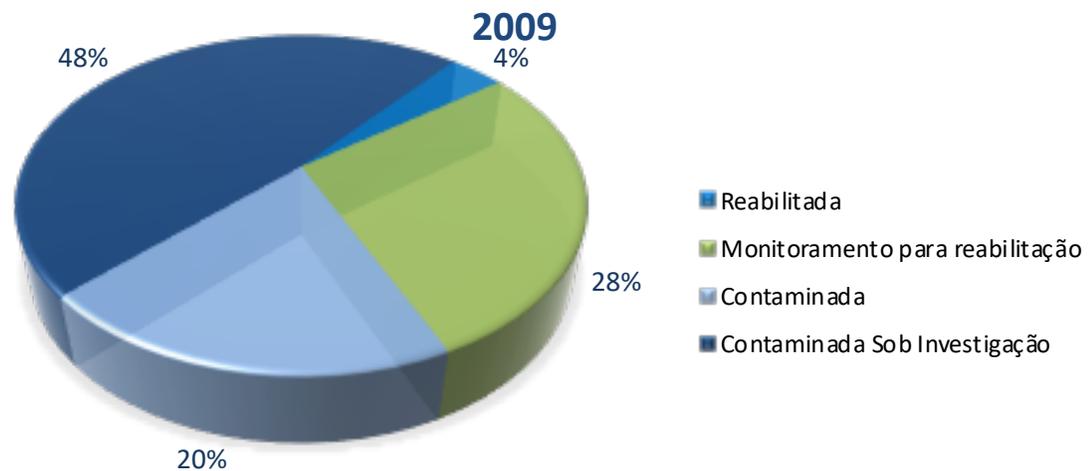


Casos de Áreas Contaminadas por Segmento (Fonte: Cetesb, 2010)

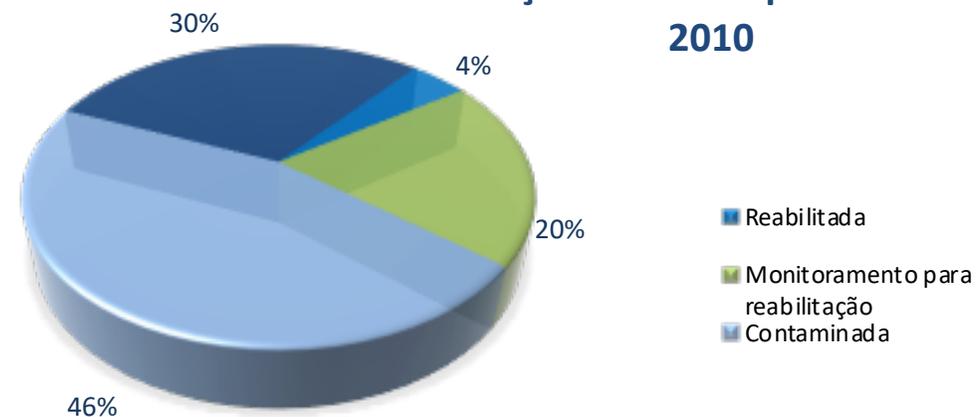
Distribuição das áreas por classificação



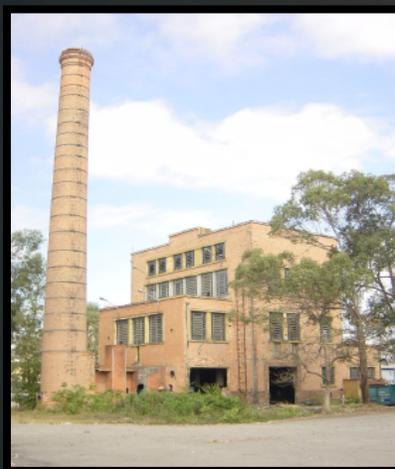
Distribuição das áreas por classificação



Distribuição das áreas por classificação



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:

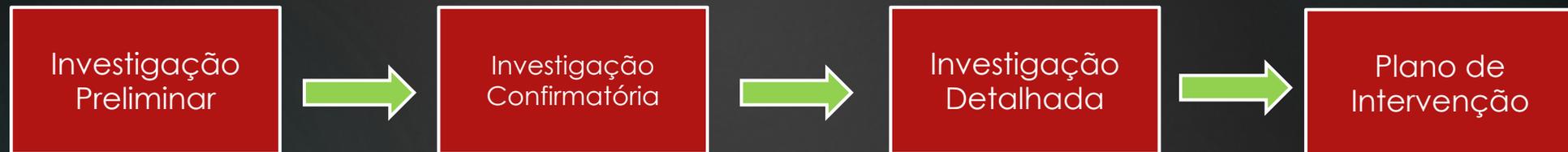
Conceito: é o resultado da aplicação de técnicas de engenharia visando tornar uma área contaminada apta para um novo uso

- ✓ 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

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

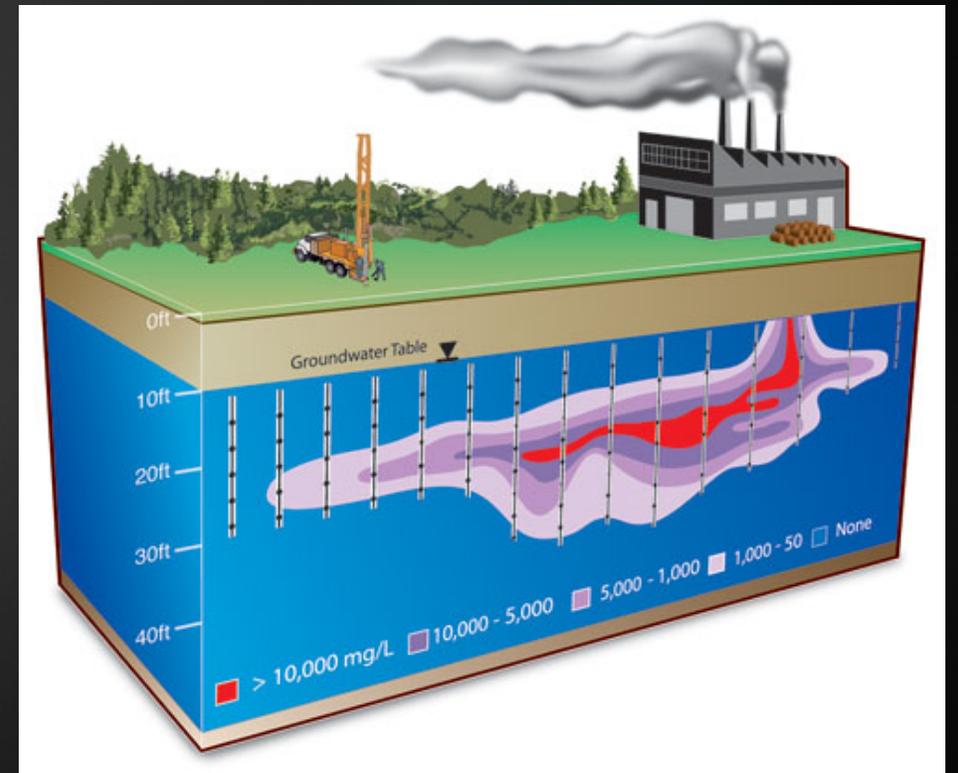
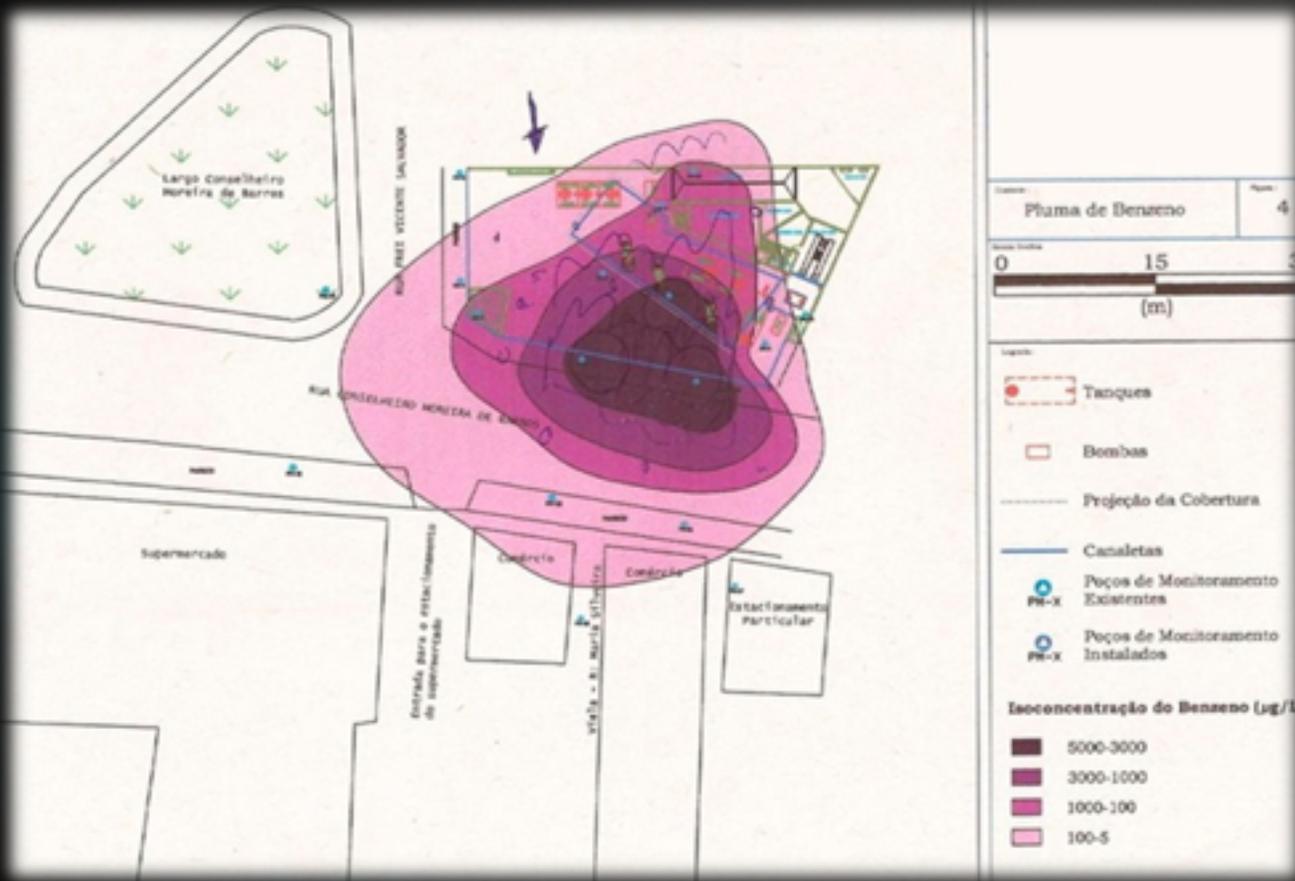
Investigação Confirmatória: Em caso de suspeita de contaminação, devem ser instalados poços de monitoramento em regiões estratégicas do terreno para coletar amostras de solo e de água subterrânea e mandar para análises laboratoriais. O objetivo é confirmar se as suspeitas levantadas na etapa anterior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

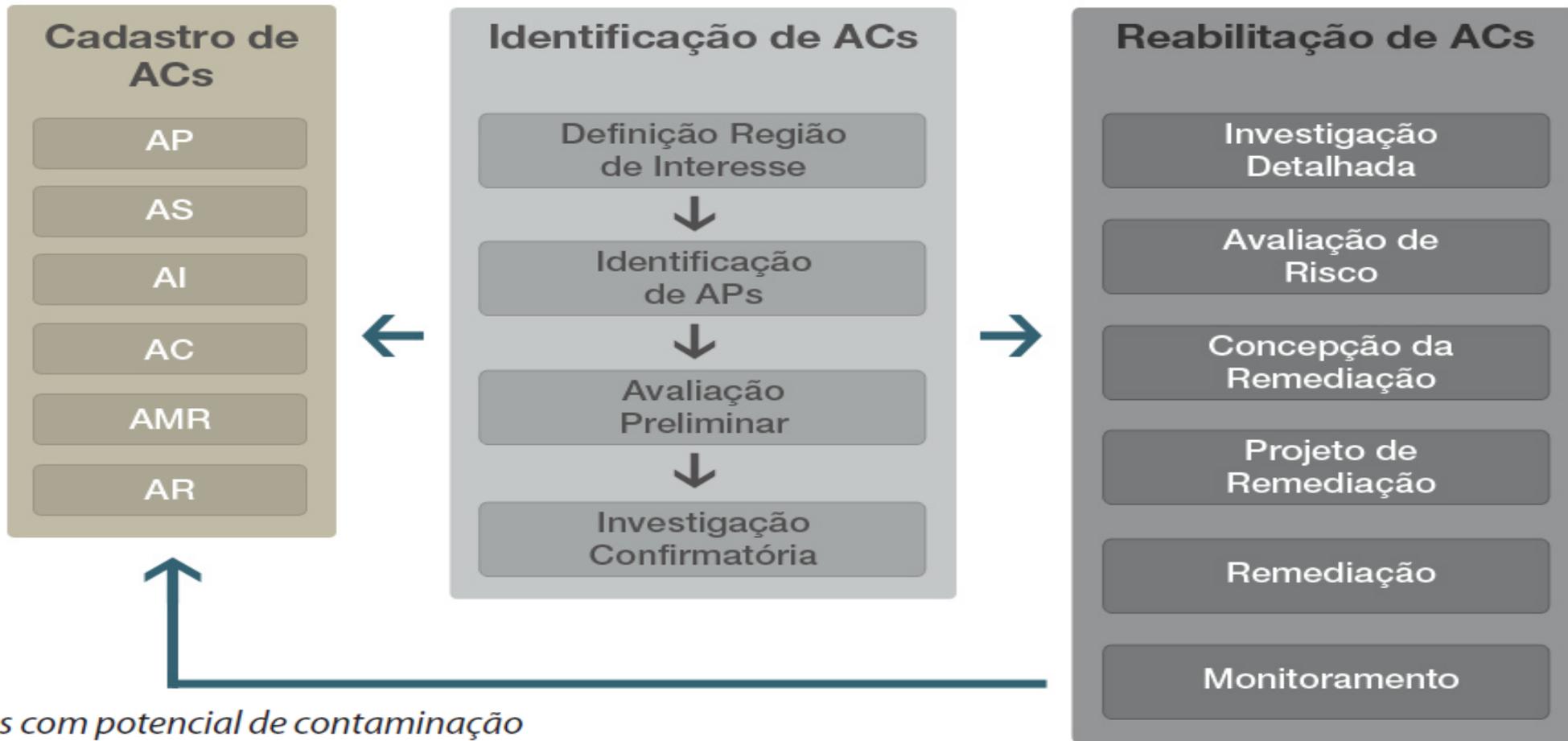
Plano de Intervenção: Uma vez conhecidos os limites da área, o proprietário estabelece quais medidas de engenharia (estruturais e não estruturais) devem ser tomadas para remediar a contaminação e não expor os indivíduos a riscos toxicológicos.

Investigação Ambiental

Plumas de contaminação em 2D e 3D



Princípios gerais para Remediação de área contaminada:



AP - Áreas com potencial de contaminação

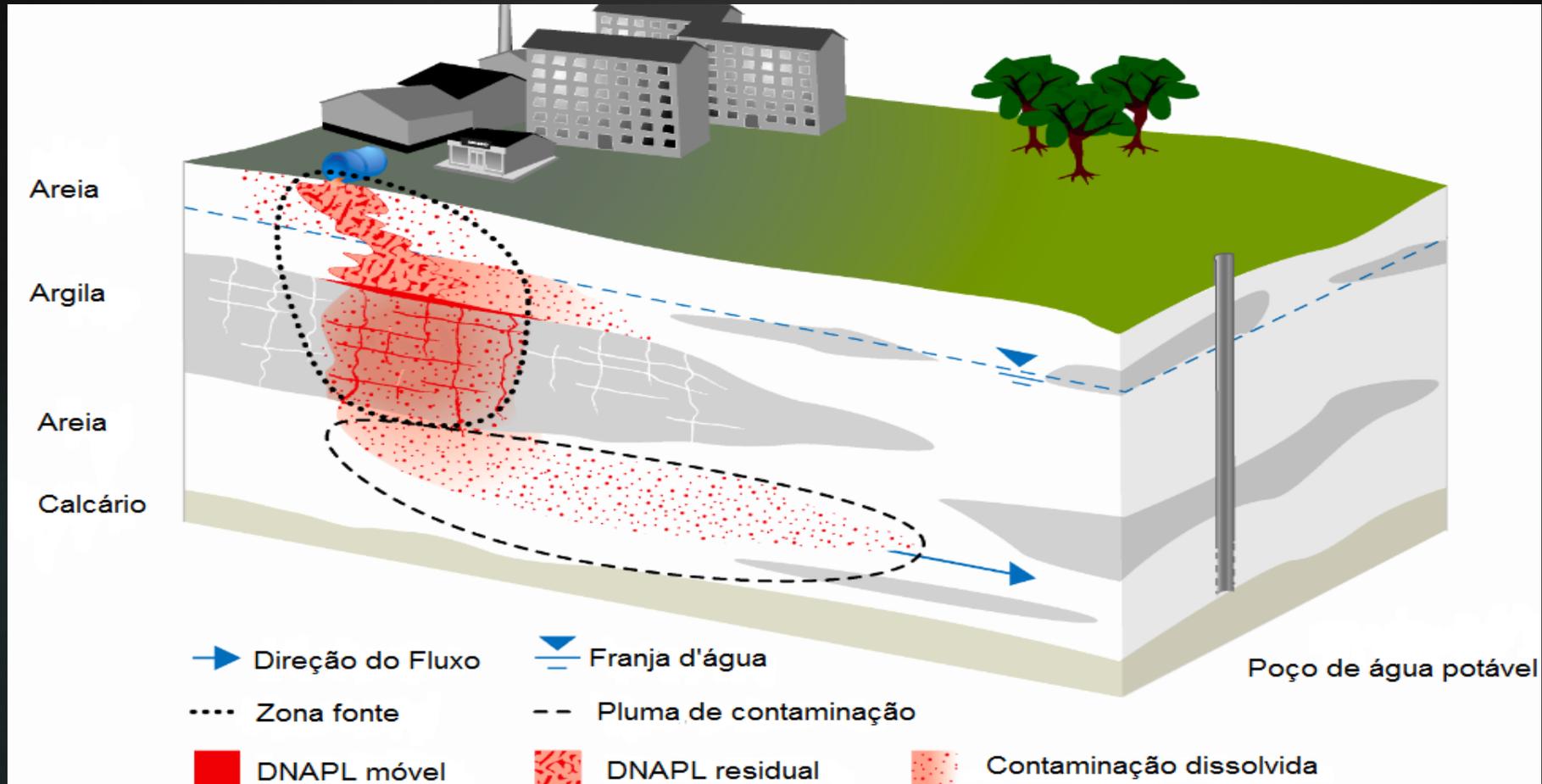
AS - Áreas suspeitas de contaminação

AI - Áreas contaminadas sob investigação

AC - Áreas contaminadas

AMR - Áreas em processo de monitoramento para reabilitação

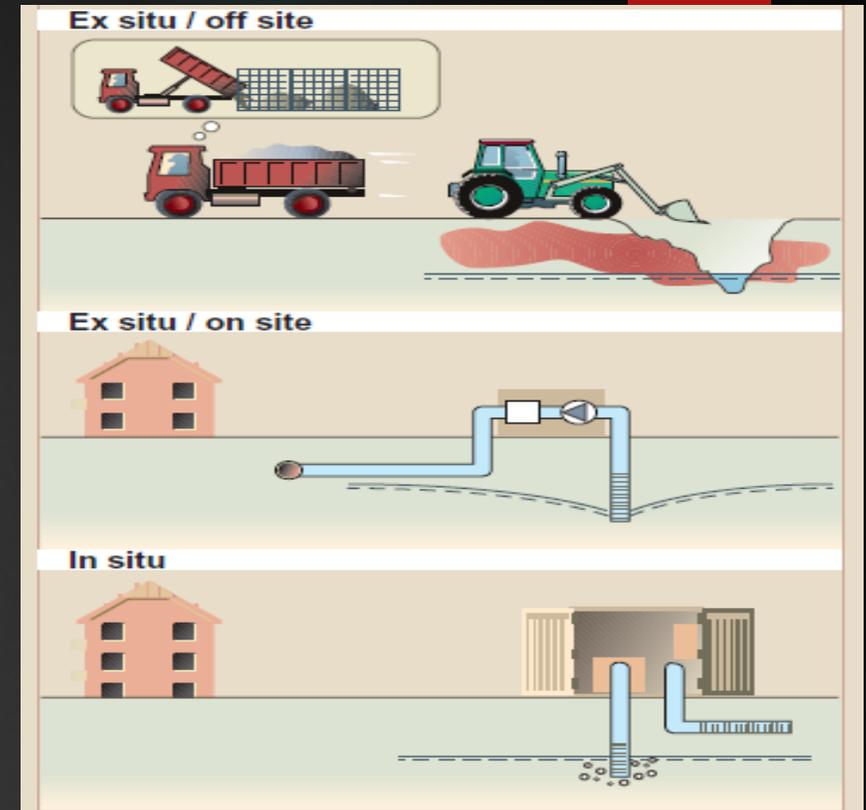
Identificação da área Contaminada



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

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
- ▶ **Dessorção térmica (tratamento com calor para volatilização de contaminantes do solo)**
- ▶ **Fitorremediação (plantas para remover, imobilizar ou tornar inofensivos contaminantes no solo)**



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

Remediação Ex Situ - Escavação



AES Eletropaulo INSTRUÇÃO DE TRABALHO ANEXO 1
Versão: 03
TÍTULO: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS
Sigla: 2107/2008
FORMULÁRIO: FÓTLULO DE IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
Publicado: 21/07/2008
Código de Controle de Meio Ambiente

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

MOVIMENTAÇÃO INTERNA

GERADOR:	DESTINO:
Empregador: <i>Empresário - Colômbia</i>	<input type="checkbox"/> Externo - Rio de Janeiro, RJ
Empregado: <i>Empresário - Colômbia</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Interno
Responsável: <i>Carla - Colômbia</i>	Data: <i>14/04/11</i>

CUIDADO
ESTE INCIDENTE CONTÉM SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS - MANUSEAR COM CUIDADO

RESÍDUOS
A UTILIZAÇÃO ABUSIVA, SEMPRE A RESISTÊNCIA MANUSEIO DE RESÍDUOS PARA REUTILIZAÇÃO, SEMPRE MANUSEIO A POLÍCIA, A DEFESA CIVIL, E O COMANDO GERAL DE CONTROLE AMBIENTAL.

INFORMAÇÕES OPERACIONAIS
Indústria: Eletropaulo de São Paulo S.A.
Rua Leopoldo de Bulhões CEP 05784-900 - São Paulo
Tel: 0800 3433 100 - 0800 3433 100

TELEFONES DE EMERGÊNCIA
CORPO DE BOMBEIROS: 193
POLÍCIA MILITAR: 190
POLÍCIA DE CONTROLE AMBIENTAL: 0800 3433 100
POLÍCIA FEDERAL: 191
DEFESA CIVIL: 192

PERIGOSOS

9

9

9



Remediação – In situ

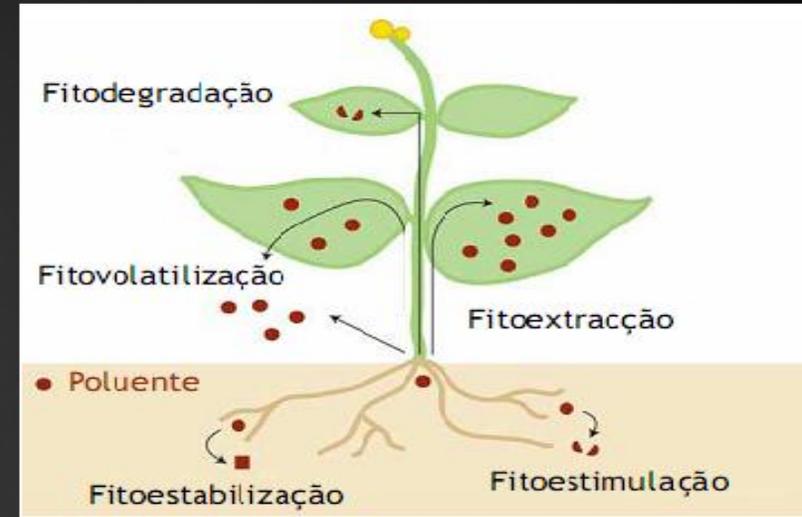
- ▶ A fonte de contaminação não é removida
- ▶ Geralmente aplicada para VOCs (Volatile Organic Compounds)
- ▶ Depende do tipo de solo e da hidrogeologia
- ▶ Muito especializada e cara para a Engenharia
- ▶ Para a remediação ser completada pode durar anos
- ▶ Não é tão comum como as técnicas ex situ



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

Fitorremediação

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



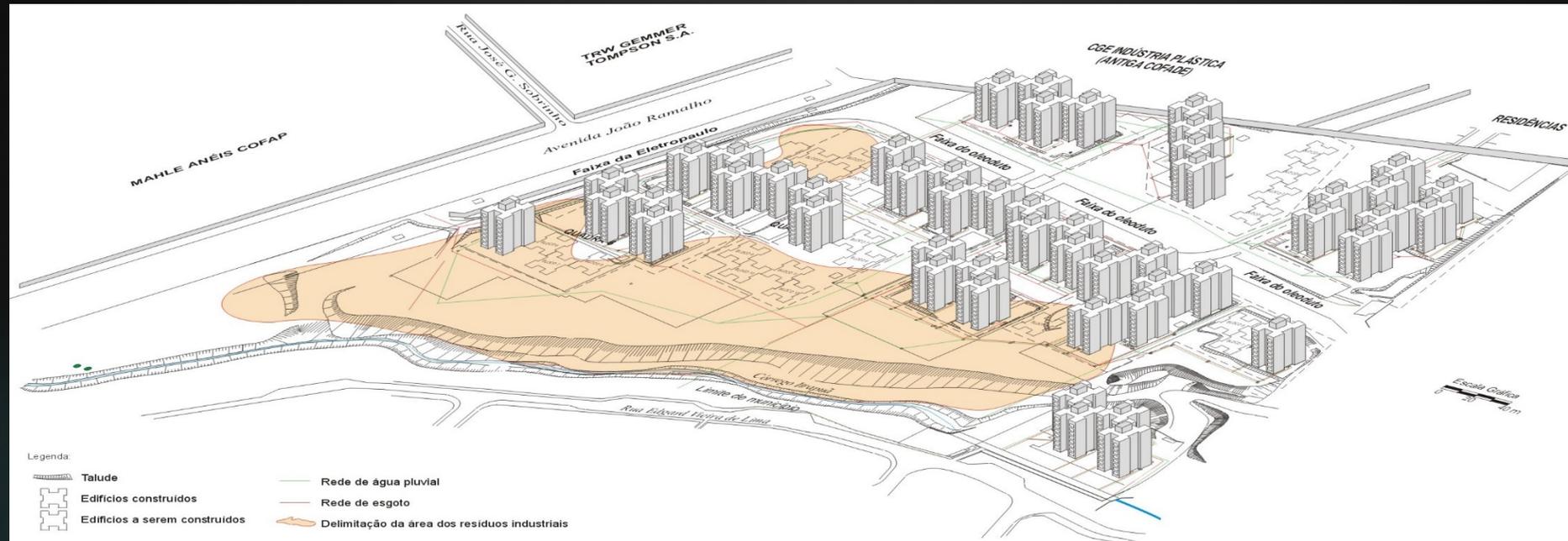
Disponível em: <http://www.aprenda.bio.br/porta1/?p=6864>

- *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.