

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS



Geointegra
Engenharia Ambiental

Praça Vicente Rodrigues, 104
São Paulo/SP • CEP 05507-030
Fone/Fax + 55 11 3037 7480
www.geointegra.com.br



PROGRAMAÇÃO

- Conceitos Básicos (hidrogeologia e contaminação)
- Gerenciamento de Áreas Contaminadas
 - Avaliação Preliminar
 - Investigação Confirmatória
 - Investigação Detalhada
 - Avaliação de Risco a Saúde Humana
 - Remediação



CONCEITOS BÁSICOS



CONCEITOS BÁSICOS - HIDROGEOLOGIA

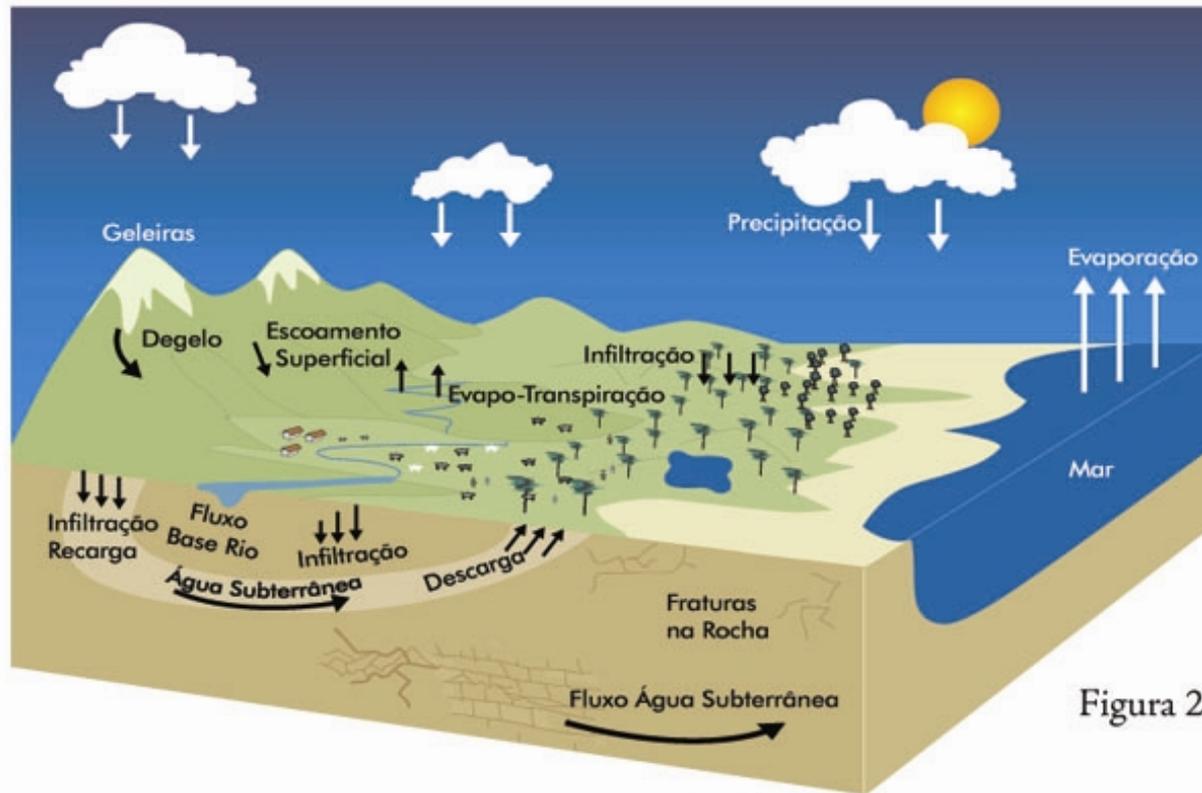
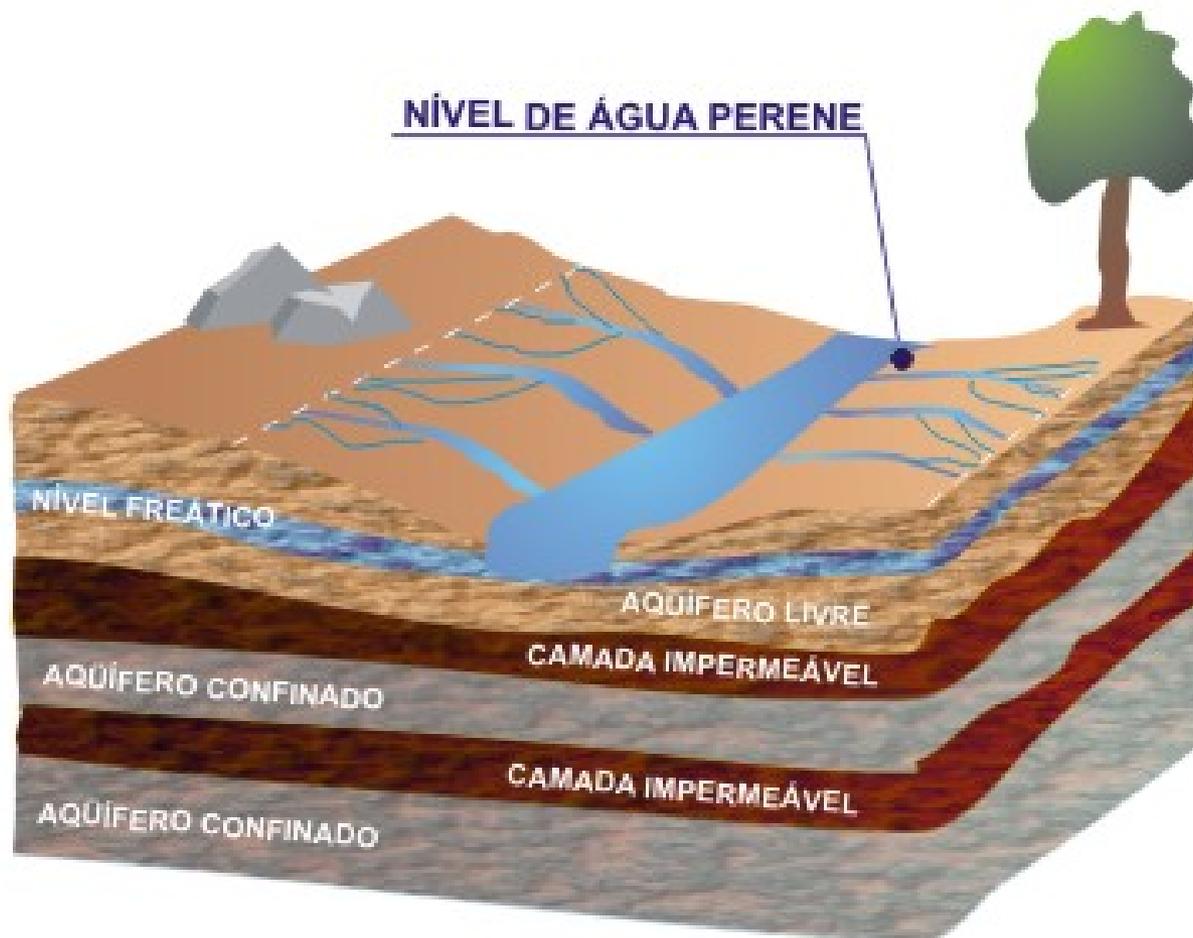


Figura 2 – Ciclo Hidrológico



CONCEITOS BÁSICOS - HIDROGEOLOGIA



CONCEITOS BÁSICOS - HIDROGEOLOGIA

Aqüífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas. (ABAS,2014) Podem ter a seguinte classificação:

Aqüífero livre ou freático - É aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. Os aquíferos livres têm a chamada recarga direta. Em aquíferos livres o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população.

Aqüífero confinado ou artesiano - é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. O seu reabastecimento ou recarga, através das chuvas, dá-se preferencialmente nos locais onde a formação aflora à superfície. Neles, o nível da água encontra-se sob pressão, podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas. Os aquíferos confinados têm a chamada recarga indireta.

CONCEITOS BÁSICOS - HIDROGEOLOGIA

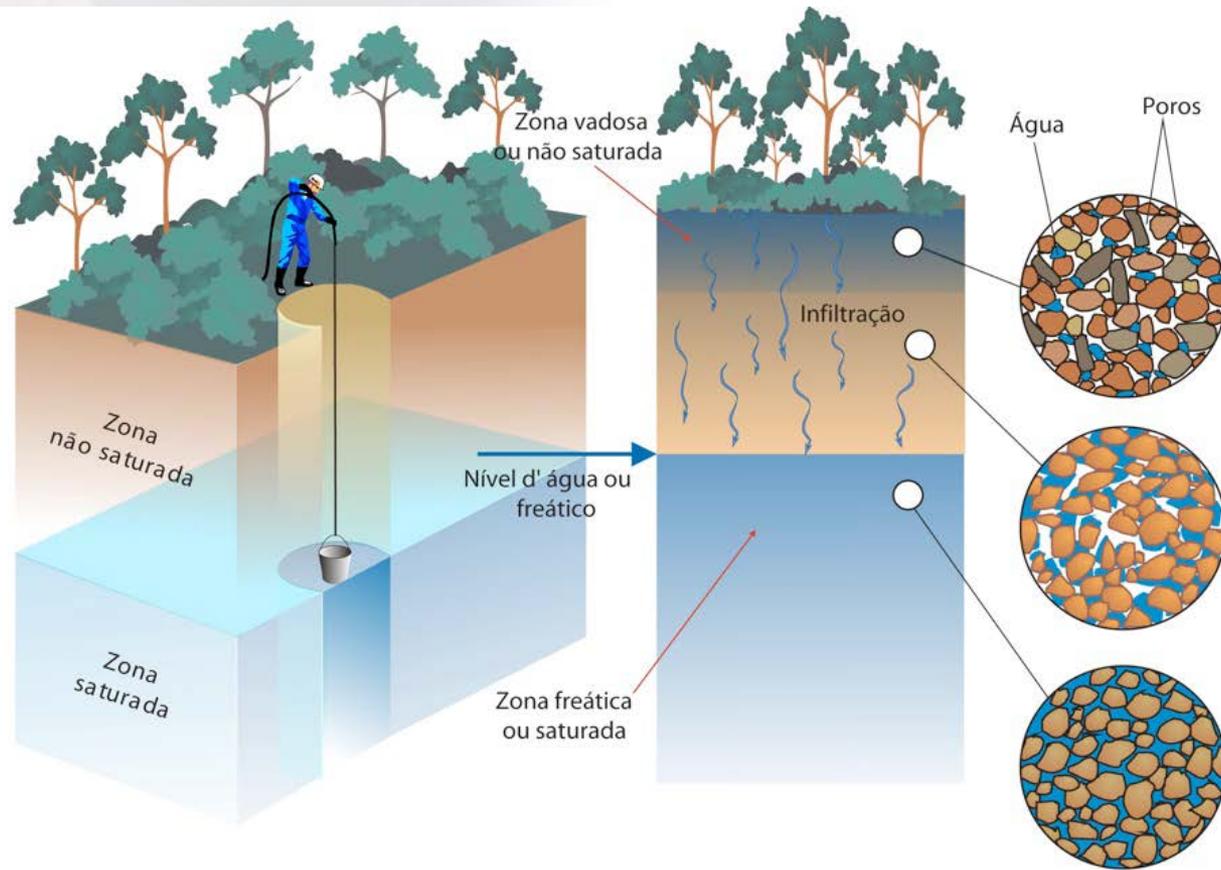
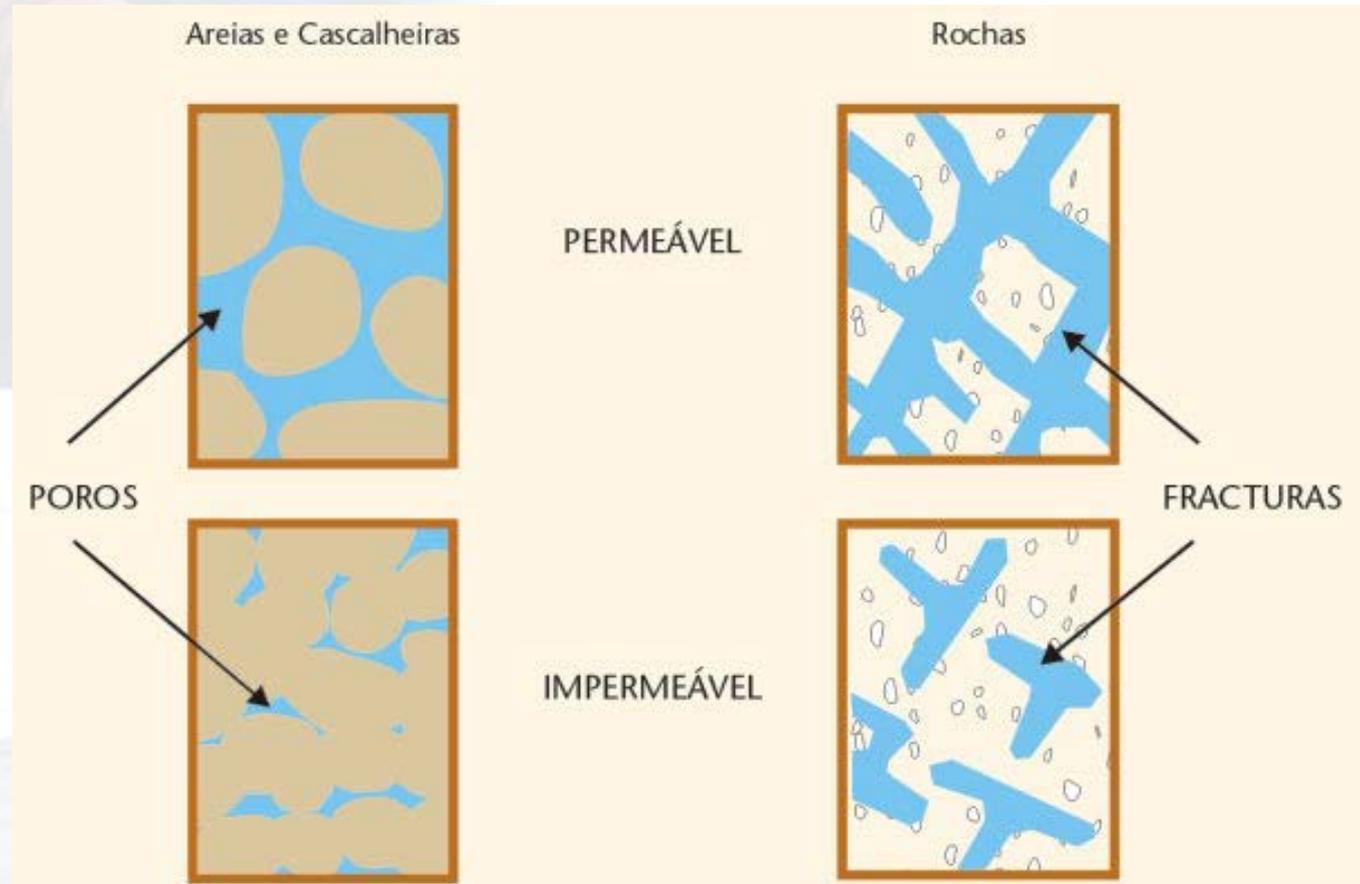


Fig.7.3 Distribuição de água no subsolo .

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

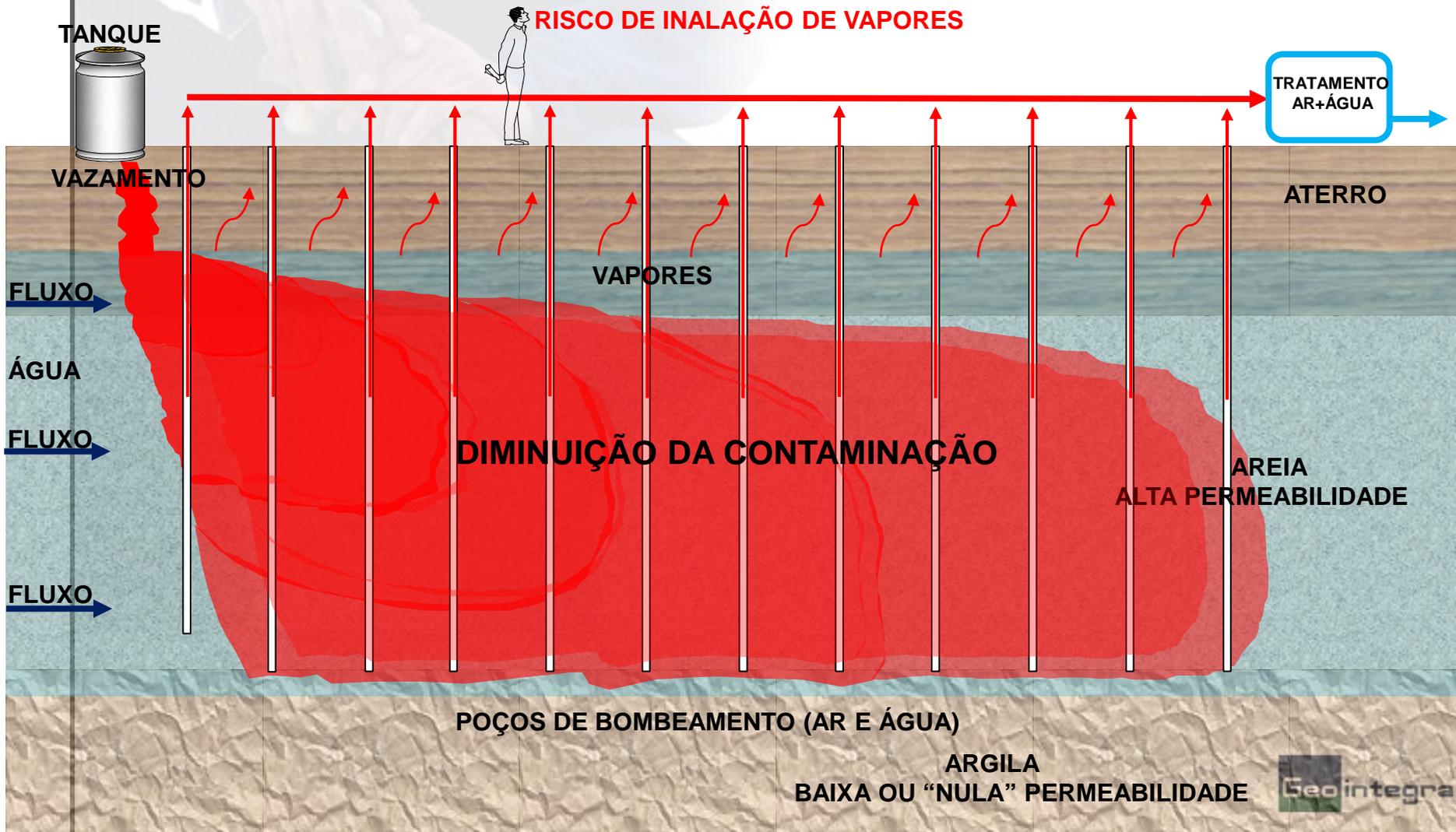
CONCEITOS BÁSICOS - HIDROGEOLOGIA



CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO

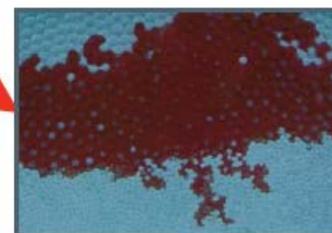
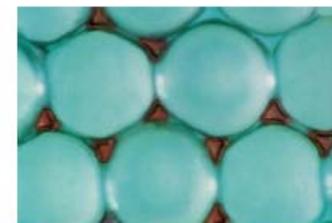
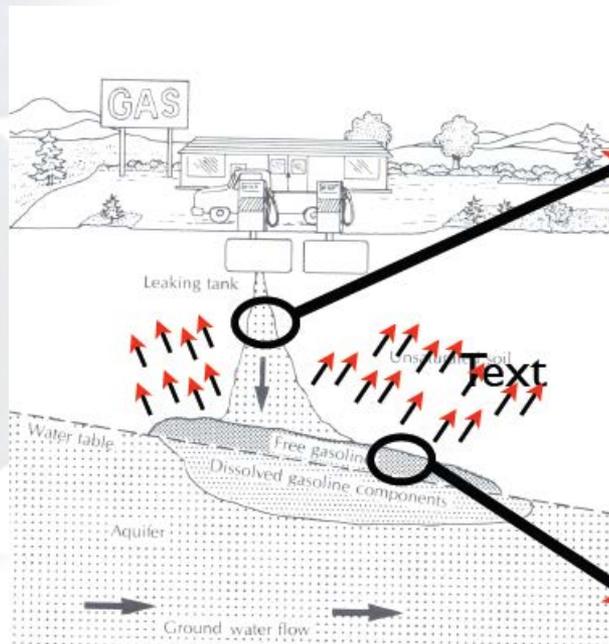
- **CONTAMINAÇÃO:** Introdução no meio ambiente de organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos, em concentrações que possam afetar a saúde humana e bens a proteger.
- **BENS A PROTEGER:** Bens que, segundo a Política Nacional do Meio Ambiente e legislações decorrentes desta, devem ser protegidos. São considerados como bens a proteger: saúde e bem-estar da população; fauna e flora; qualidade do solo, das águas e do ar; interesses de proteção à natureza/paisagem; ordenação territorial, planejamento regional e urbano; segurança e ordem pública.
- **PLUMA DE CONTAMINAÇÃO:** Área ocupada pelo poluente, continua ou não, podendo estar disposta na forma de líquido ou vapor.

Remediação - DPE



CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO

- **FASE LIVRE:** Produto puro móvel.
- **FASE ADSORVIDA (RESIDUAL) :** Agrupamento de gotas de produto puro, retido no solo por forças de capilaridade e adsorção. Geralmente ocupa de 12 a 20 % do volume dos poros.
- **FASE DISSOLVIDA:** Porção de contaminante que se dissolve na água subterrânea. No caso de vazamento de hidrocarbonetos, em geral representa 5% do volume.
- **FASE VAPOR:** Porção do contaminante volátil que fica retido entre os poros do solo.



CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO

- **FONTE PRIMÁRIA DE CONTAMINAÇÃO:** Instalação ou material a partir dos quais os contaminantes se originam e foram ou estão sendo liberados para os meios impactados.
- **FONTE SECUNDÁRIA DE CONTAMINAÇÃO:** Meio impactado por contaminantes provenientes da fonte primária, a partir do qual outros meios são impactados.



CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO

POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO

- TANQUES E TUBULAÇÃO SUBTERRÂNEAS
- BACIAS DE CONTENÇÃO
- BOMBAS, VÁLVULAS, SELOS
- MANGOTES
- ÁREAS DE ESTOCAGEM DE TAMBORES
- ÁREAS DE CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO
- ÁREAS DE REPARO E MANUTENÇÃO
- CAIXAS DE DRENAGEM E COLETORAS
- FOSSAS SÉPTICAS
- ACIDENTES
- DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS



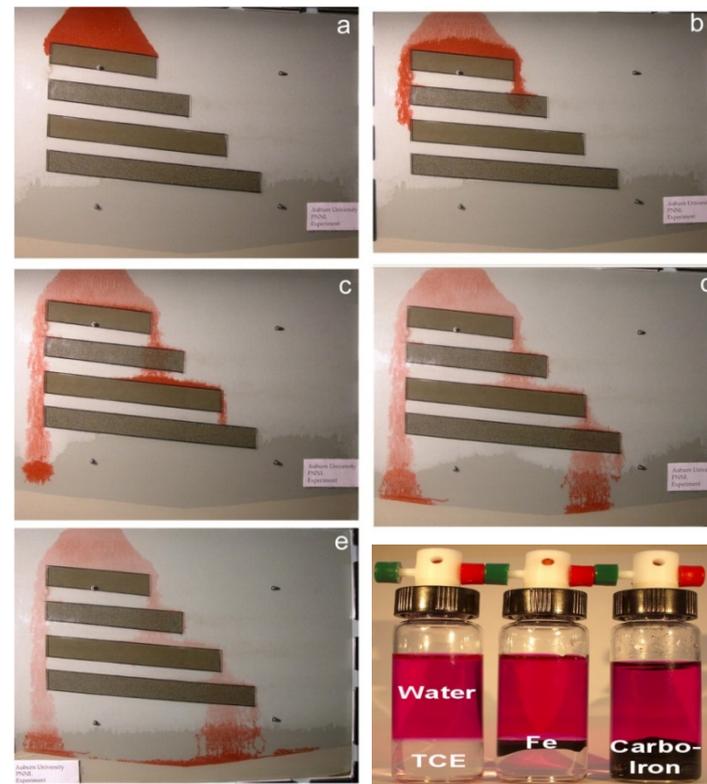
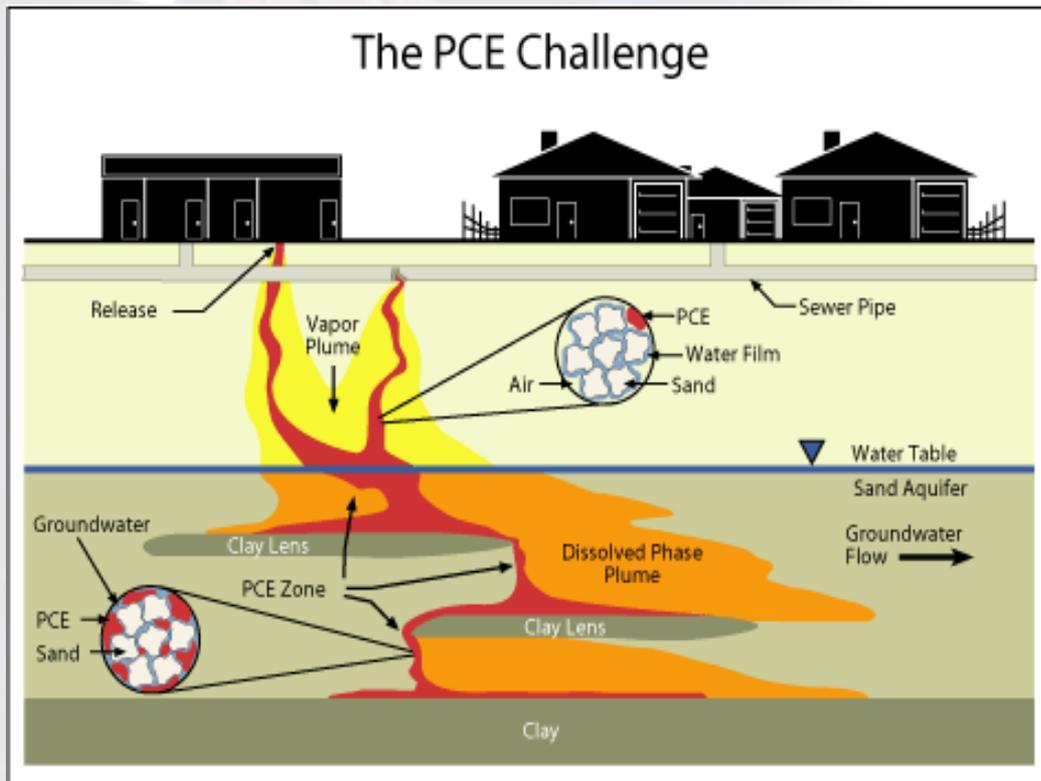
CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO



LNAPL - *Light Non-Aqueous Phase Liquid* (líquido não aquoso menos denso que a água) – Densidade < 1

Exemplo: Gasolina, Diesel, óleos lubrificantes

CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO



DNAPL - Dense Non-Aqueous Phase Liquid (líquido não aquoso mais denso que a água) – Densidade > 1 - Exemplo: Tetracloreto, Dicloroeteno, clorofórmio



CONCEITOS BÁSICOS - CONTAMINAÇÃO PERSISTÊNCIA X MOBILIDADE

Exemplos:

- **ALTAS MOBILIDADE E PERSISTÊNCIA**
Solventes clorados (ex.: MTBE)
- **ALTA MOBILIDADE E BAIXA PERSISTÊNCIA**
Hidrocarbonetos (ex.: BTEX)
- **BAIXAS MOBILIDADE E PERSISTÊNCIA**
Agroquímicos (ex.: Aldrin, Endrin, Glifosato)
- [juru.exe](#)



GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS



DEFINIÇÃO

- **GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS:** Conjunto de medidas tomadas com o intuito de minimizar o risco proveniente da existência de áreas contaminadas, à população e ao meio ambiente. Essas medidas devem proporcionar os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.

HISTÓRICO

- Decreto Estadual nº 50.079, de 24 de julho de 1968 – Criação da CETESB.
- Problemas ambientais associados à presença de solos contaminados começaram a ser reconhecidos durante a década de 1980.
- O Estado de São Paulo foi pioneiro, ao estabelecer um programa de capacitação de recursos humanos e desenvolvimento de ferramentas de gestão, contando com apoio do governo alemão (Consortio CETESB-GTZ - *“Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas”* e *“Relatório de Estabelecimento de valores Orientadores para solos e Águas Subterrâneas”*, o *“Guia para Avaliação do Potencial de Contaminação em Imóveis”* e o *“Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Postos de Combustíveis”*).
- Em maio de 2002, a CETESB divulgou pela primeira vez a lista de áreas contaminadas, registrando a existência de 255 áreas contaminadas no Estado. Em 2014 a atualização da lista de áreas contaminadas apontava 5.148 áreas.
- **Decisão de Diretoria 038/2017 – Gerenciamento de áreas contaminadas**

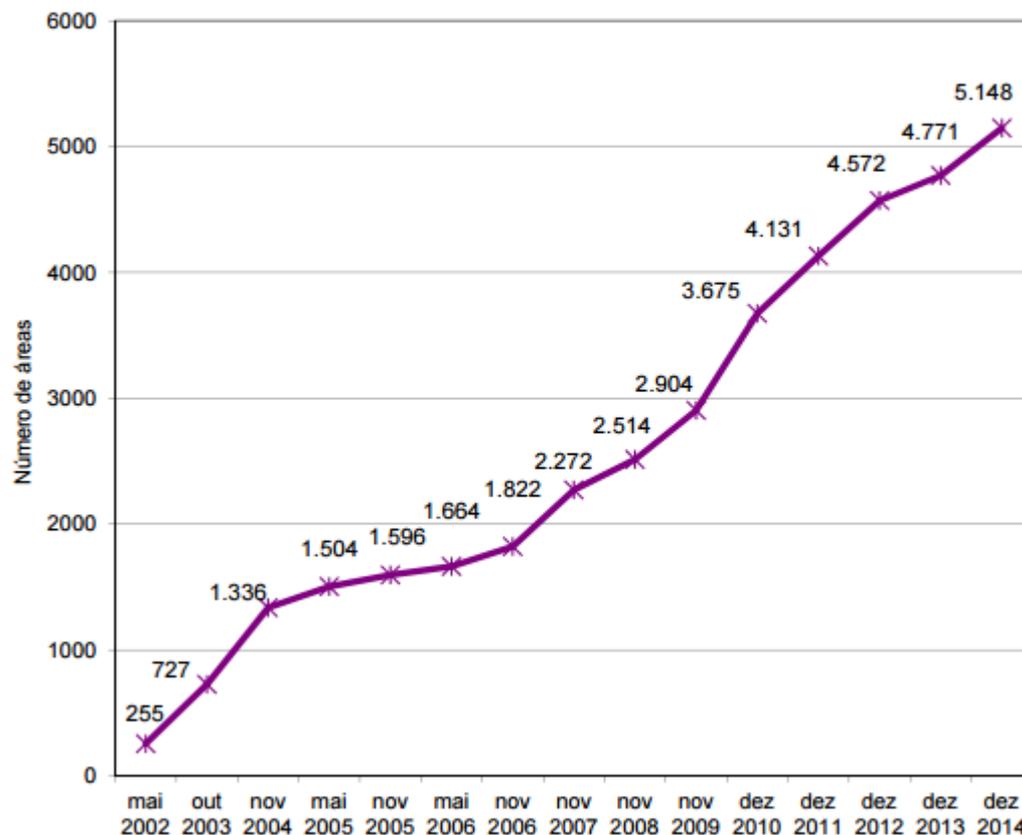
OS NÚMEROS NO BRASIL

- 74% – Postos de Combustíveis
- 17% - Atividades Industriais
- 5% - Instalações Comerciais
- 3% - Destinação de Resíduos e acidentes
- 1% - Origem Desconhecida

Estado de São Paulo:

- Aproximadamente 10.000 Postos de Combustíveis
- Aproximadamente 150.000 Industrias

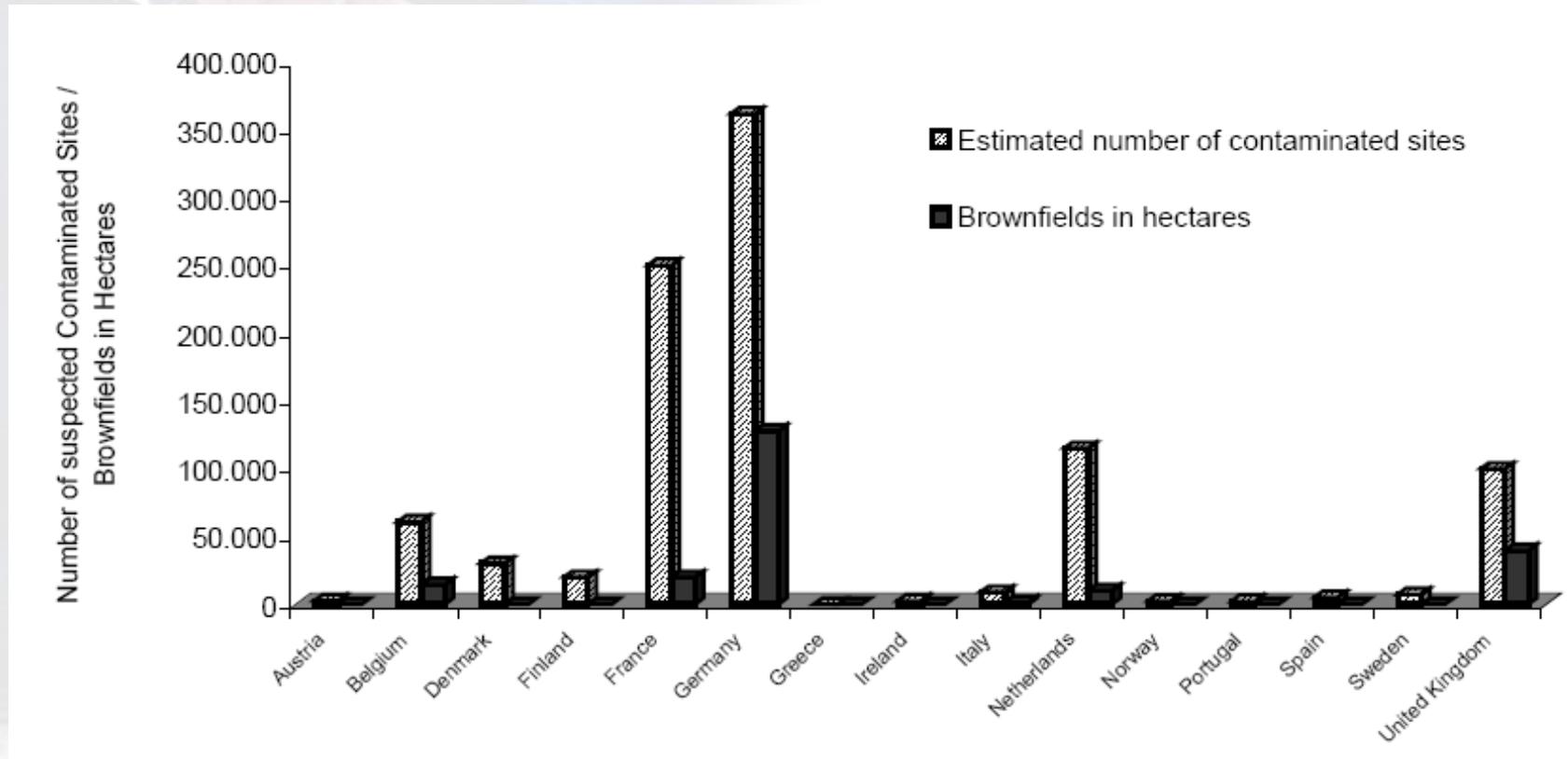
Evolução do número de áreas cadastradas



Fonte: CETESB



OS NUMEROS NA EUROPA



Fonte: CLARINET – ago/2002 – *Brownfields and Redevelopment of Urban Areas*



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

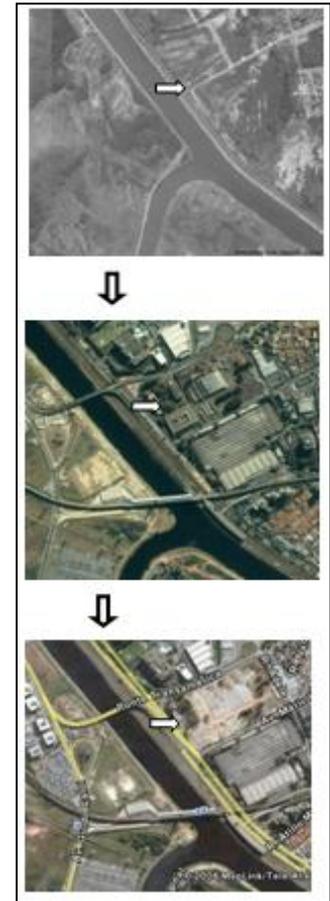


ETAPAS DO GERENCIAMENTO

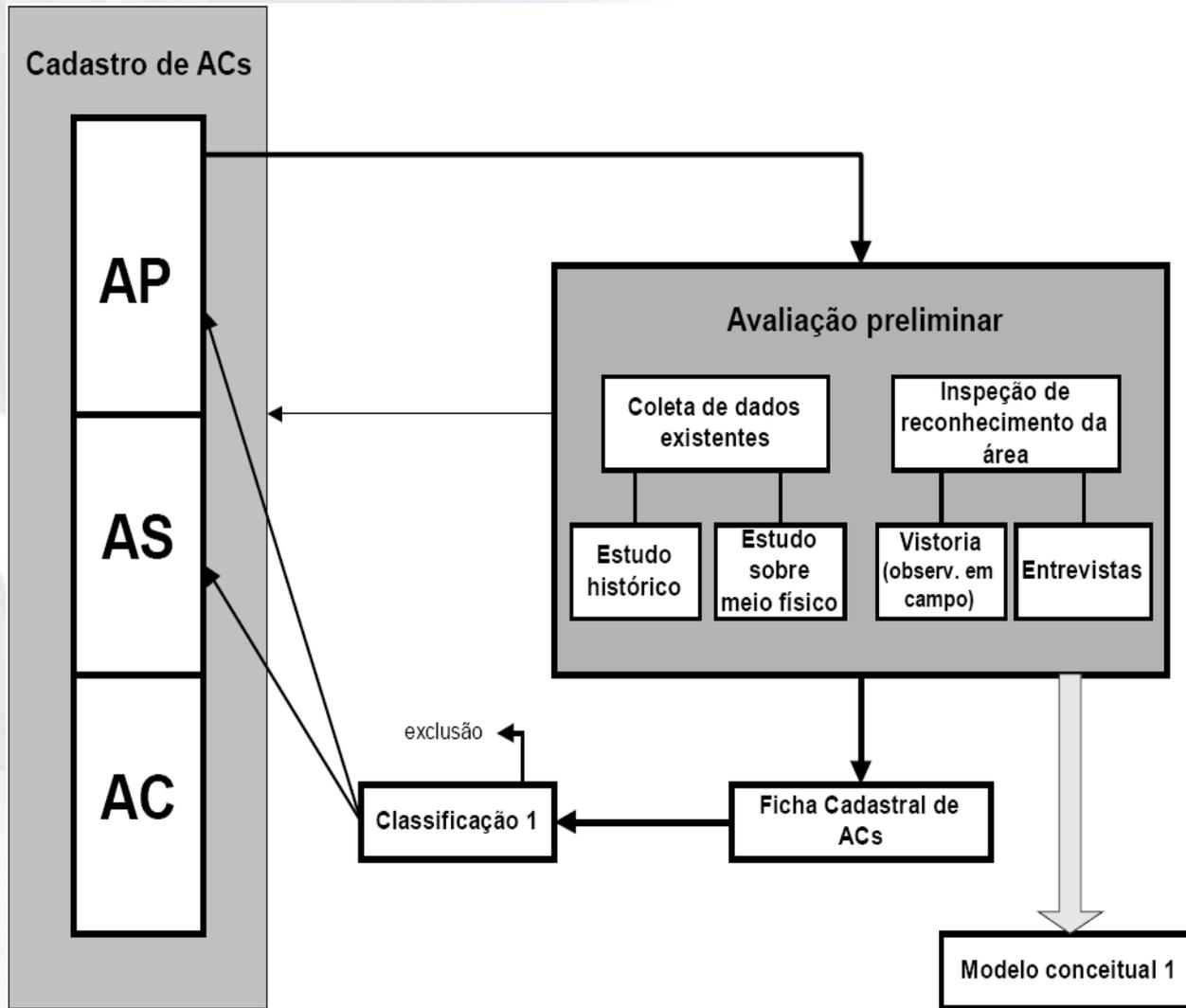
Avaliação Preliminar: Identifica fatos ou evidências que indicam ou permitam suspeitar da existência de contaminação na área. É desenvolvida através do levantamento de informações sobre o uso atual e pretérito da área de interesse.

É pré requisito para as demais etapas e uma das mais importantes do GAC pois o modelo conceitual a ser elaborado, será a base de todas as etapas subseqüentes. **Tem como objetivo levantar quantas, onde e de que produto são as fontes potenciais de contaminação do site, atuais e pretéritas, e quem e onde estão os possíveis receptores.**

A Avaliação Preliminar pode não esgotar as possibilidades de encontrar todas as fontes de contaminação, mas aumenta a possibilidade de identificá-las.



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Coleta de dados existentes – Fontes de Consulta

- Órgãos de controle ambiental – processos, relatórios, cadastros, licenças ambientais, inventários de resíduos, etc;
- Órgãos de gestão de recursos hídricos – licenças de obras de captação, outorgas, cadastro de poços, etc;
- Órgãos de gestão de recursos naturais – autorizações, licenças, autos de infração, etc;
- Ministério público e poder judiciário – inquéritos, denúncias, processos, etc;
- Prefeitura – plano diretor, plantas da área, alvarás de funcionamento, etc;
- Defesa civil – registros históricos, mapa de riscos geotécnicos, etc;
- Cartório de registro de imóveis – matrícula do imóvel e certidões de propriedade;
- Institutos de pesquisa, universidades, sistemas públicos de informação – mapas, imagens, geologia, clima, hidrogeologia, hidrologia, geomorfologia, mapas de ocupação, etc.



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Inspeção de Reconhecimento da Área

- Proprietário, responsável da área e funcionário antigo – registros de produção, operação, armazenamento e disposição de substâncias e resíduos sólidos, FISPQ de produtos, fluxogramas, plantas industriais, ocorrência de vazamentos ou acidentes, etc;
- Vistoria técnica – aspecto visual das instalações, evidências de derrames e vazamentos, vistoria em caixas de passagem, tipo de piso das instalações, qualidade da operação, reformas realizadas na área, levantamento do uso e ocupação do entorno imediato, locais de armazenamento de produtos ou resíduos, descarte de efluentes, etc.

ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Modelo Conceitual de Contaminação

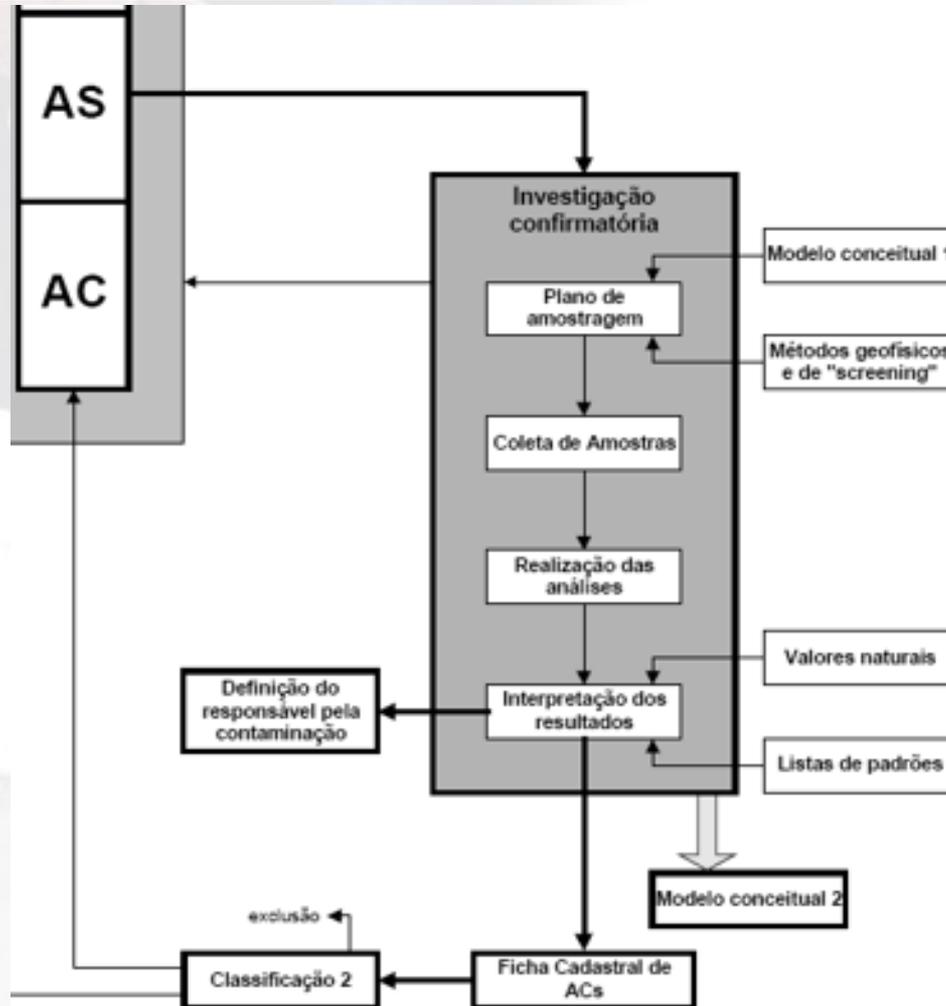
Principal resultado dos levantamentos executados. Trata-se da representação gráfica ou escrita das informações ambientais obtidas.

Deve conter minimamente:

- a área avaliada;
- resumo das informações históricas de relevância ambiental;
- identificação das potenciais fontes de contaminação atuais e pretéritas (tipologia e localização);
- Mecanismos de liberação dos contaminantes e suas vias de transporte; e
- identificação dos bens a proteger.

ETAPAS DO GERENCIAMENTO

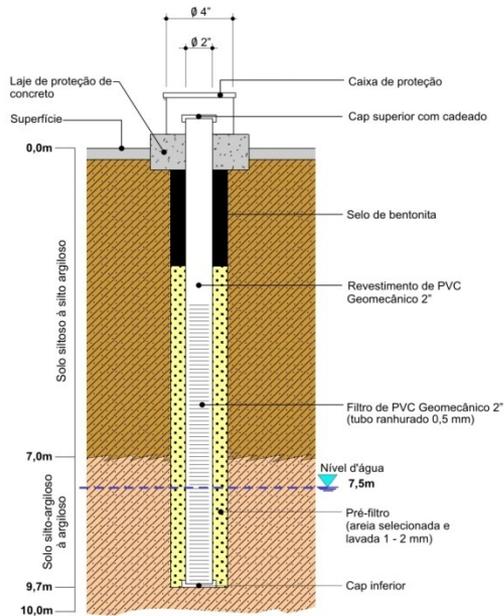
Investigação Confirmatória:



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

TABELA 7.1.1. Resultados analíticos das amostras de solo (mg/kg)										
Auto Posto Parque Industrial Ltda.										
Compostos Analisados	L.Q. (Limite de Quantificação)	L.D. (Limite de Detecção)	Sondagem / Amostra					Valores de intervenção (CETESB, 2005)	NABR ⁽¹⁾	
			ST-01	ST-02	ST-03	ST-04	ST-05		Residenciais	Inalação de vapores provenientes do solo
			AS-01	AS-02	AS-03	AS-04	AS-05			
PAH	Naftaleno	0,0001	0,00005	0,15123	<LD	<LD	2,23723	0,04514	60,00000	16,70000 ⁽²⁾
	Acenaftileno	0,0001	0,00005	0,02925	<LD	<LD	0,00315	0,02207	ne	na
	Acenafteno	0,0001	0,00005	0,11160	<LD	<LD	0,00632	0,09285	ne	62900,00000 ⁽²⁾
	Fluoreno	0,0001	0,00005	0,10967	<LD	<LD	0,00410	0,08189	ne	230000,00000 ⁽²⁾
	Fenantreno	0,0001	0,00005	0,42537	<LD	<LD	0,00488	0,31322	40,00000	na
	Antraceno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	0,01640	ne	4040000,00000 ⁽²⁾
	Fluoranteno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	0,00342	ne	8340000,00000 ⁽²⁾
	Pireno	0,0001	0,00005	0,02386	<LD	<LD	<LD	0,02035	ne	9780000,00000 ⁽²⁾
	Benzo (a) Antraceno	0,0001	0,00005	0,00116	<LD	<LD	<LD	0,00082	20,00000	37700,00000
	Criseno	0,0001	0,00005	0,01596	<LD	<LD	<LD	0,01693	ne	124000,00000
	Benzo (b) Fluoranteno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ne	8500,00000
	Benzo (k) Fluoranteno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ne	3620000,00000
	Benzo (a) Pireno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,50000	12600,00000
	Indeno (1, 2, 3-cd) Pireno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	25,00000	1620000,00000
Dibenzo (a, h) Antraceno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,60000	ne	
Benzo (g, h, i) Perileno	0,0001	0,00005	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ne	na	
BTEX	Benzeno	0,0050	0,0010	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,0800	0,0333
	Tolueno	0,0050	0,0010	0,0180	<LD	<LD	0,0710	<LD	30,0000	11,3000 ⁽²⁾
	Etilbenzeno	0,0050	0,0010	0,0110	<LD	<LD	0,4600	0,006	40,0000	0,9180
	Xilenos	0,0050	0,0010	0,0370	<LD	<LD	3,2110	0,013	30,0000	5,5500
TPH faixa C10-C36	0,1000	0,0100		⁽³⁾	⁽³⁾	<LD	⁽³⁾	⁽³⁾	1,000,00	ne

Fonte: Analytical Solutions, 2007

< L.D. = valores menores que o limite de detecção

na = não aplicável

ne = não estabelecido

0,0000 - valores que não são considerados seguindo o procedimento de levantamento de passivo (CETESB, 2006), pois há valores de referência na lista da CETESB (2005)

⁽¹⁾ Níveis aceitáveis baseado no risco

⁽²⁾ Valores de NABR em que foi considerado o risco aceitável, obtido através dos procedimentos: "Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos", realizado pela Câmara Ambiental do Comércio de Derivados de Petróleo da CETESB em 2006.

⁽³⁾ Parâmetro não analisado



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

TABELA 7.2.1. RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS NAS AMOSTRAS DE AGUA SUBTERRANEA (mg/L)

Auto Posto Parque Industrial Ltda.													
Compostos Analisados	Limite de quantificação (mg/L)	Limite de detecção (mg/L)	Poço/Amostra (mg/L)							Valores de intervenção CETESB mg/L	Níveis Aceitáveis Baseados no Risco		
			PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PT-01	Branco de Campo		Residencial	Ingestão	
												Residenciais	
												AA-01	AA-02
PAH	Acenafteno	0,00001	0,000008	0,000139	0,000169	0,000016	0,000072	0,000031	<LD	<LD	ne	2,1300000	
	Acenaftileno	0,00001	0,000008	0,000207	0,000049	0,000018	0,000148	0,000013	<LD	<LD	ne	na	
	Antraceno	0,00001	0,000008	0,000044	0,000021	0,000030	0,000026	<LD	<LD	<LD	ne	10,6000000	
	Benzo (a) Antraceno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	0,000017	<LD	<LD	<LD	0,00175	0,0009440	
	Benzo (a) Pireno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	0,000009	<LD	<LD	<LD	0,00070	0,0000944	
	Benzo (b) Fluoranteno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	0,000013	<LD	<LD	<LD	ne	0,0009440	
	Benzo (g, h, i) Perileno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	ne	na	
	Benzo (K) Fluoranteno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	0,000012	<LD	<LD	<LD	ne	0,0094400	
	Criseno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	0,000022	<LD	<LD	<LD	ne	0,0944000	
	Dibenzo (a, h) Antraceno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,00018	ne	
	Fenantreno	0,00001	0,000008	0,001635	0,000184	0,000077	0,000798	0,000072	<LD	<LD	0,14000	na	
	Fluoranteno	0,00001	0,000008	0,000053	0,000029	0,000029	0,000043	<LD	<LD	<LD	ne	1,4200000	
	Fluoreno	0,00001	0,000008	0,000777	0,000106	0,000021	0,000540	0,000054	<LD	<LD	ne	1,4200000	
	Indeno (1, 2, 3-cd) Pireno	0,00001	0,000008	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,00175	0,0009440	
	Naftaleno	0,00001	0,000008	0,050683	0,007194	0,000170	0,016539	0,000190	<LD	<LD	0,14000	0,7090000	
Pireno	0,00001	0,000008	0,000060	0,000033	0,000033	0,000044	0,000009	<LD	<LD	ne	1,0600000		
BTEX	Benzeno	0,0005	0,000100	0,737900	0,024900	<LD	0,276000	0,085300	<LD	<LD	0,005	0,0125	
	Tolueno	0,0005	0,000100	0,412700	0,080000	<LD	1,160500	0,012100	<LD	<LD	0,700	7,0900000	
	Etilbenzeno	0,0005	0,000100	0,021100	0,045000	<LD	0,649400	0,001300	<LD	<LD	0,300	0,1790000	
	Xilenos	0,0005	0,000100	0,300900	0,605000	<LD	3,919600	0,038900	<LD	<LD	0,500	7,0900000	
TPH faixa C10-C36		0,001000	0,000100	**	**	2,723070	**	**	**	**	0,600	ne	

< L.D. = valores menores que o limite de detecção

na = não aplicável

ne = não estabelecido

BC = branco de campo

BE = branco de equipamento

* valores corrigidos por apresentarem concentrações na amostra do branco de equipamento

** parametro não analisado

PT - Poço Tubular

Valores dos NABRs em que foi considerado o risco aceitável de 1 obtido através dos procedimentos: "Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos", realizado pela Câmara Ambiental do Comércio de Derivados de Petróleo da CETESB em 2006.



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



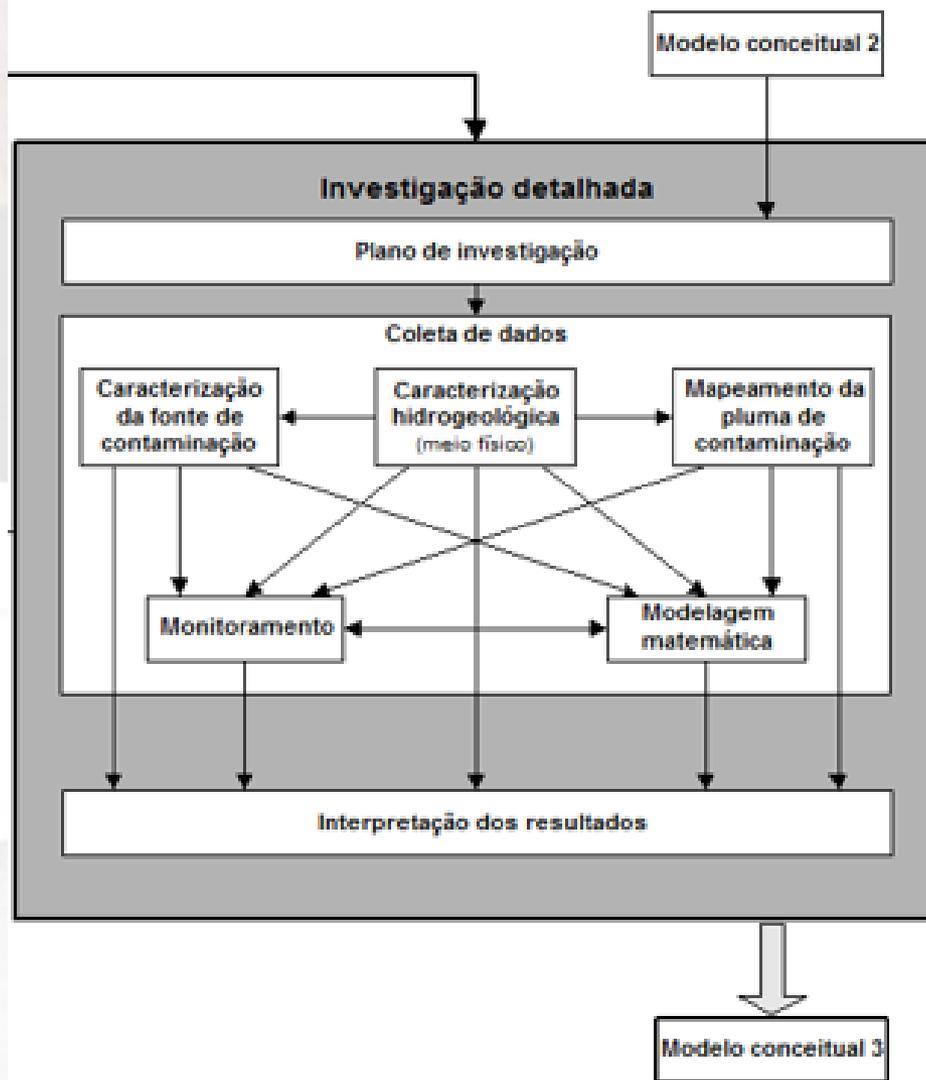
ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Investigação Detalhada: É a primeira etapa do processo de recuperação de áreas contaminadas sendo de fundamental importância para subsidiar a execução das etapas seguintes, de avaliação de risco e definição da remediação.

Tem como objetivo quantificar a contaminação, isto é, avaliar detalhadamente as características da fonte de contaminação e dos meios afetados, determinando-se as dimensões das áreas ou volumes impactados, os tipos de contaminantes presentes, suas concentrações, vias de exposição e os bens a proteger.

São realizadas investigações diretas através de sondagens, coleta de amostras de solo, instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras de água subterrânea, ensaios hidrogeológicos e topografia, em pontos estrategicamente posicionados, visando o detalhamento da contaminação já identificada quanto a concentração e distribuição espacial em 3 dimensões.

ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Avaliação de Risco a Saúde Humana: Ferramenta de tomada de decisão. Quantifica os riscos gerados pelas áreas contaminadas aos bens a proteger e determina as metas de remediação a serem atingidas, visando sua reabilitação para o uso declarado.

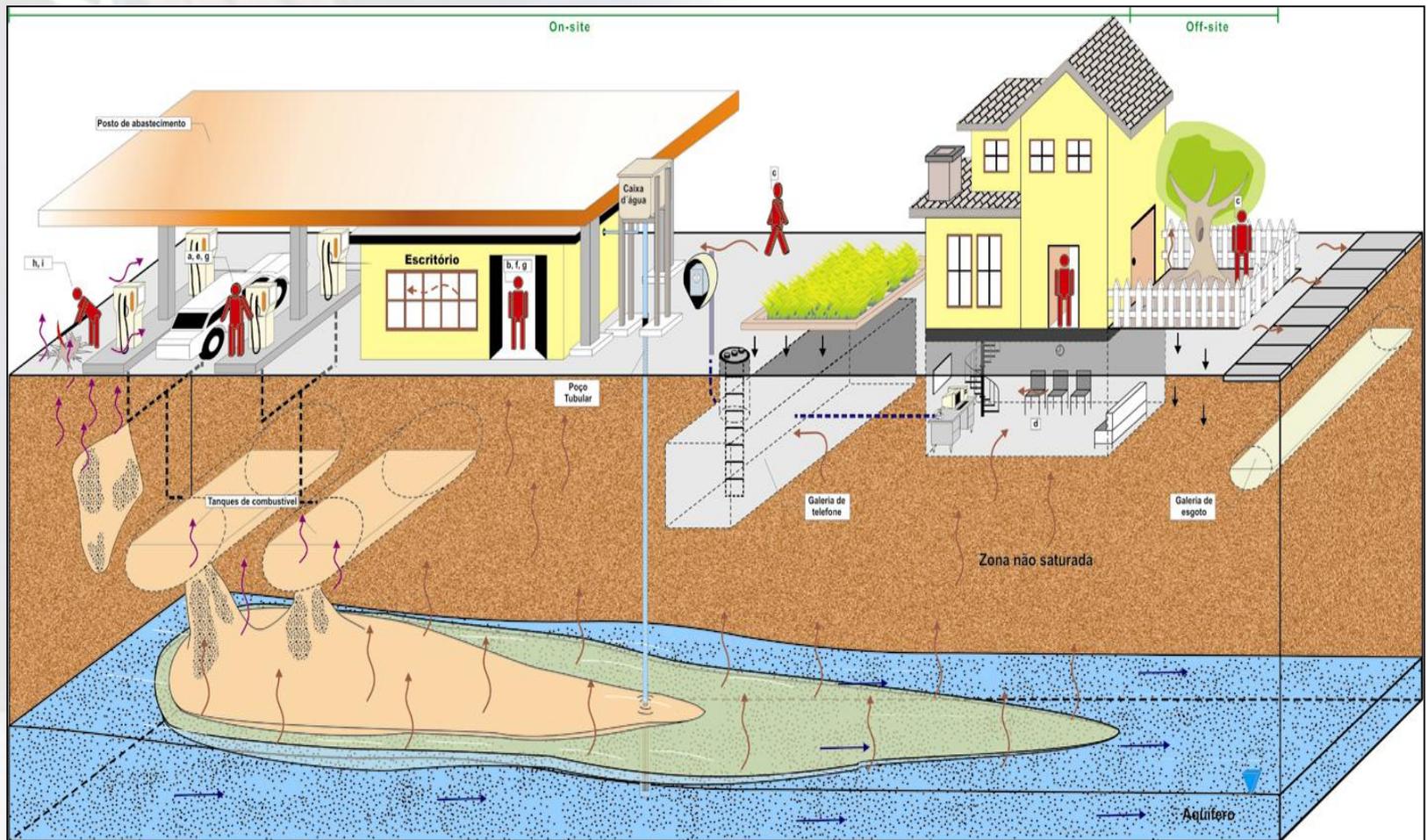
A metodologia de avaliação de risco constitui um procedimento tecnicamente defensável e conceitualmente sustentável para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana, decorrentes da exposição à áreas contaminadas por substâncias perigosas.

As metodologias de avaliação de risco são baseadas em princípios de toxicologia humana, nas propriedades físico-químicas e comportamento ambiental dos contaminantes.

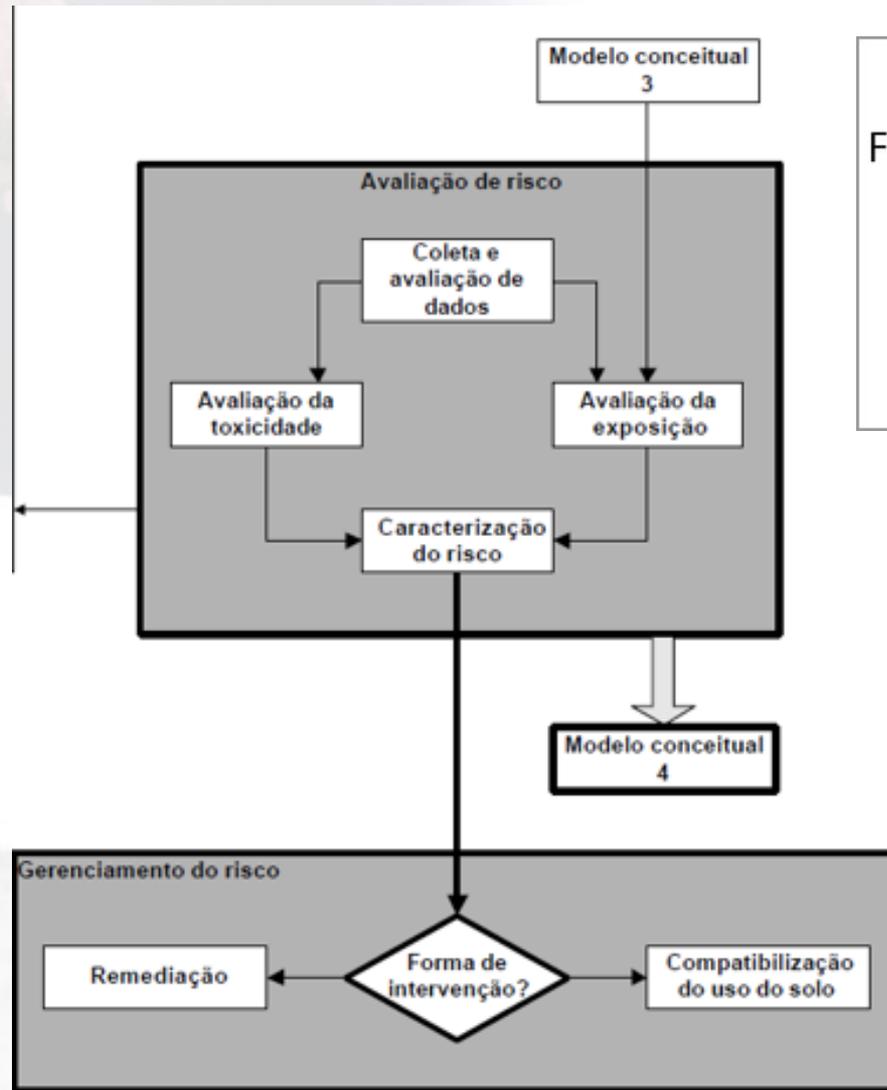
No processo de Avaliação de Risco a Saúde Humana, pode-se estimar quais seriam as máximas concentrações dos compostos químicos de interesse no meio físico que não causem risco a saúde humana, caso ocorra uma situação de exposição de um indivíduo ou uma população. Estas concentrações aceitáveis são chamadas **Metas de Remediação com Base no Risco.**



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Plano de Intervenção: É definido com base na Avaliação de Risco e corresponde a proposta de gerenciamento do problema apresentada ao órgão gestor.

Medidas de controle institucional	Medidas de controle de engenharia	Técnicas de Remediação
<p>Restrições ao:</p> <ul style="list-style-type: none">• uso do solo• uso de água subterrânea• consumo de alimentos, etc	<p>Impermeabilização da superfície do solo, de modo a evitar o contato de receptores com o meio contaminado.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Técnicas para tratamento (ou descontaminação)• Técnicas para contenção (ou isolamento).

ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Remediação: Consiste na implementação de medidas que resultem na recuperação da área de modo a atingir os objetivos aprovados a partir do projeto de remediação. Podem ser aplicadas técnicas de remoção, oxidação, contenção geotécnica ou ainda medidas de engenharia visando a eliminação do risco.

O(s) responsável(eis) por executar a remediação de um site devem conduzir os trabalhos de acordo com as especificações constantes do projeto detalhado e do plano de operação, manutenção e monitoramento. Qualquer alteração expressiva deverá ser devidamente comunicada aos órgãos ambientais.

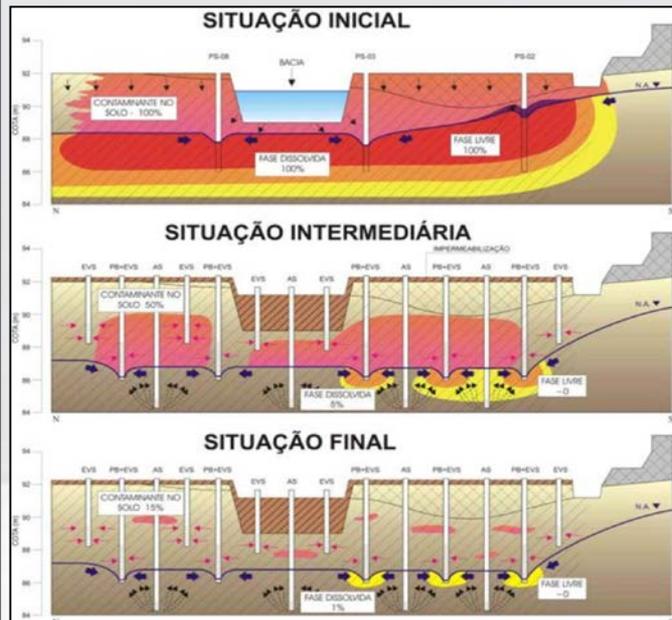
Um processo de remediação será considerado finalizado quando o monitoramento indicar que a remediação atingiu os objetivos finais acordados com o órgão ambiental. Nesta situação, o sistema de tratamento poderá ser desligado e/ou finalizado.



REMEDIAÇÃO

RESOLUÇÃO No 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009

XVII - Remediação: uma das ações de intervenção para reabilitação de área contaminada, que consiste em aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes;



Remediação

Medida de engenharia



ETAPAS DO GERENCIAMENTO

Monitoramento Pós Remediação: quatro campanhas de amostragem e análise, com periodicidade semestral coincidentes com os períodos de maior (março e abril) e menor (setembro e outubro) elevação do nível d'água subterrânea, com o objetivo de avaliar a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das metas de remediação definidas para a área.

TERMOS E DEFINIÇÕES

- **Área Contaminada sob Investigação (ACI):** área onde foram constatadas por meio de investigação confirmatória concentrações de contaminantes que colocam, ou podem colocar, em risco os bens a proteger;
- **Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi):** área onde foi constatada, por meio de investigação detalhada e avaliação de risco, contaminação no solo ou em águas subterrâneas, a existência de risco à saúde ou à vida humana, ecológico, ou onde foram ultrapassados os padrões legais aplicáveis;
- **Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe):** área onde estão sendo aplicadas medidas de remediação visando a eliminação da massa de contaminantes ou, na impossibilidade técnica ou econômica, sua redução ou a execução de medidas contenção e/ou isolamento;
- **Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME):** área na qual não foi constatado risco ou as metas de remediação foram atingidas após implantadas as medidas de remediação, encontrando-se em processo de monitoramento para verificação da manutenção das concentrações em níveis aceitáveis;



TERMOS E DEFINIÇÕES

- **Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR):** área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria anteriormente contaminada que, depois de submetida às medidas de intervenção, ainda que não tenha sido totalmente eliminada a massa de contaminação, tem restabelecido o nível de risco aceitável à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger;
- **Área Contaminada Crítica:** são áreas contaminadas que, em função dos danos ou riscos, geram risco iminente à vida ou saúde humanas, inquietação na população ou conflitos entre os atores envolvidos, exigindo imediata intervenção pelo responsável ou pelo poder público, com necessária execução diferenciada quanto à intervenção, comunicação de risco e gestão da informação;
- **Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu):** área contaminada onde se pretende estabelecer um uso do solo diferente daquele que originou a contaminação, com a eliminação, ou a redução a níveis aceitáveis, dos riscos aos bens a proteger, decorrentes da contaminação.



RESPONSABILIDADE LEGAL

Declaração de Responsabilidade: Documento onde o *Responsável Legal* e o *Responsável Técnico* atestem que as informações apresentadas são verdadeiras, completas e que foram adotadas todas as exigências da CETESB. Juntamente com a declaração deverá ser apresentada a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART ou declaração do conselho profissional do *Responsável Técnico*.

Declaração de responsabilidade

_____*Responsável Legal*_____, em conjunto com _____*Responsável Técnico*_____, declaram, sob as penas da lei e de responsabilização administrativa, civil e penal¹, que todas as informações prestadas à CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, nos estudos ora apresentados (*discriminar*), são verdadeiras e contemplam integralmente as exigências estabelecidas pela CETESB e se encontram em consonância com o que determina o Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas aprovado em Decisão de Diretoria da CETESB, publicada no Diário Oficial do Estado no dia ____/____/____.

Declaram, outrossim, estar cientes de que os documentos e laudos que subsidiam as informações prestadas à CETESB poderão ser requisitados a qualquer momento, durante ou após a implementação do procedimento previsto no documento “Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas” , para fins de auditoria.

Formulário de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) emitido pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo (CREA-SP).

CONTRATADO

2 - Nº DO CUIASP DO PROFISSIONAL: 5061253300
4 - NOME DO PROFISSIONAL: GUILHERME CAMPANHA BECHARA
6 - TÍTULO DE ART: 1-Obra/Serviço
9 - ALTERAÇÃO/COMPL/SUBST. DA ART: 2 - Sim

ANOTAÇÃO

11 - CLASSIFICAÇÃO DA ANOTAÇÃO: 1 - Responsabilidade Principal
12 - ÁREA DE ATIVIDADE: 10 - Geologia
13 - TIPO DE CONTRATO: 1 - Pessoa Jurídica

EMPRESA CONTRATADA

14 - Nº DE REGISTRO NO CREA: 0348864
15 - NOME COMPLETO: SERVIMAR SERVICOS TECNICOS AMBIENTAIS LTDA
16 - CATEGORIA: 1 - Empresa Privada

CONTRATANTE

17 - NOME DO CONTRATANTE DA OBRA / SERVIÇO: Areva Transmissão & Distribuição de Energia
18 - TELEFONE P/ CONTATO: 0335699000142

DADOS DA OBRA / SERVIÇO OBJETO DO CONTRATO

21 - ENDEREÇO DA OBRA / SERVIÇO: Rua Virgílio Wey, 130 - Lapa
22 - CEP: 05036-050

CLASSIFICAÇÃO

23 - NATUREZA: 1 A1713
24 - UNIDADE: 15
25 - QUANTIFICAÇÃO: 13900
26 - ATIVIDADES TÉCNICAS: 7 99

RESUMO DO CONTRATO

28 - VALOR DO CONTRATO: 20.802,00
29 - DATA DO CONTRATO: 16/03/2010
30 - DATA INÍCIO DA EXECUÇÃO: 16/03/2010
31 - 10% ENTIDADE DE PAGAR: 69
32 - VALOR DA ART A PAGAR: 31,50

ASSINATURA

33 - LOCAL E DATA: São Paulo, 05/07/2010
PROFISSIONAL: Guilherme Campanha Bechara
CONTRATANTE: Areva Transmissão & Distribuição de Energia

Observações:

- O comprovante deverá ser anexado à ART para comprovação de quitação
- A ART deverá ser devidamente assinada pelo profissional
- Link do digital: <http://www.crea.sp.gov.br/rodonline/rodart/rodart/corpo.php?NRART=9222122010161...>

CREA-SP

BANCO: 001 CONTA: VALOR: 31,50 DATA PAGTO: 08/07/10
EMPRESA PAGADORA ==> CCG: 55636500/0001-06 REF EMP: 619341
BLOQUEIO OUTROS BANCOS: LOTE: 799441319 PAGTO: 000058
NOME NOME: EBU NUMERO: 619341
DATA VENCIMENTO VALOR ABATIMENTO JUROS MORA/MULTA VALOR DO PAGAMENTO
14/07/10 0,00 0,00 31,50
CPF AUTORIZANTE (8): 883831138-20

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

On site – In Situ

- Extração Multifásica - MPE
- *Air Sparging / Biosparging*
- *Bioventing*
- Extração de Vapores
- Oxidação Química
- Biorremediação
- Atenuação Natural
- *Funnel and Gate*
- Barreira Reativa
- Contenção Hidráulica
- Solidificação/estabilização
- Fitorremediação

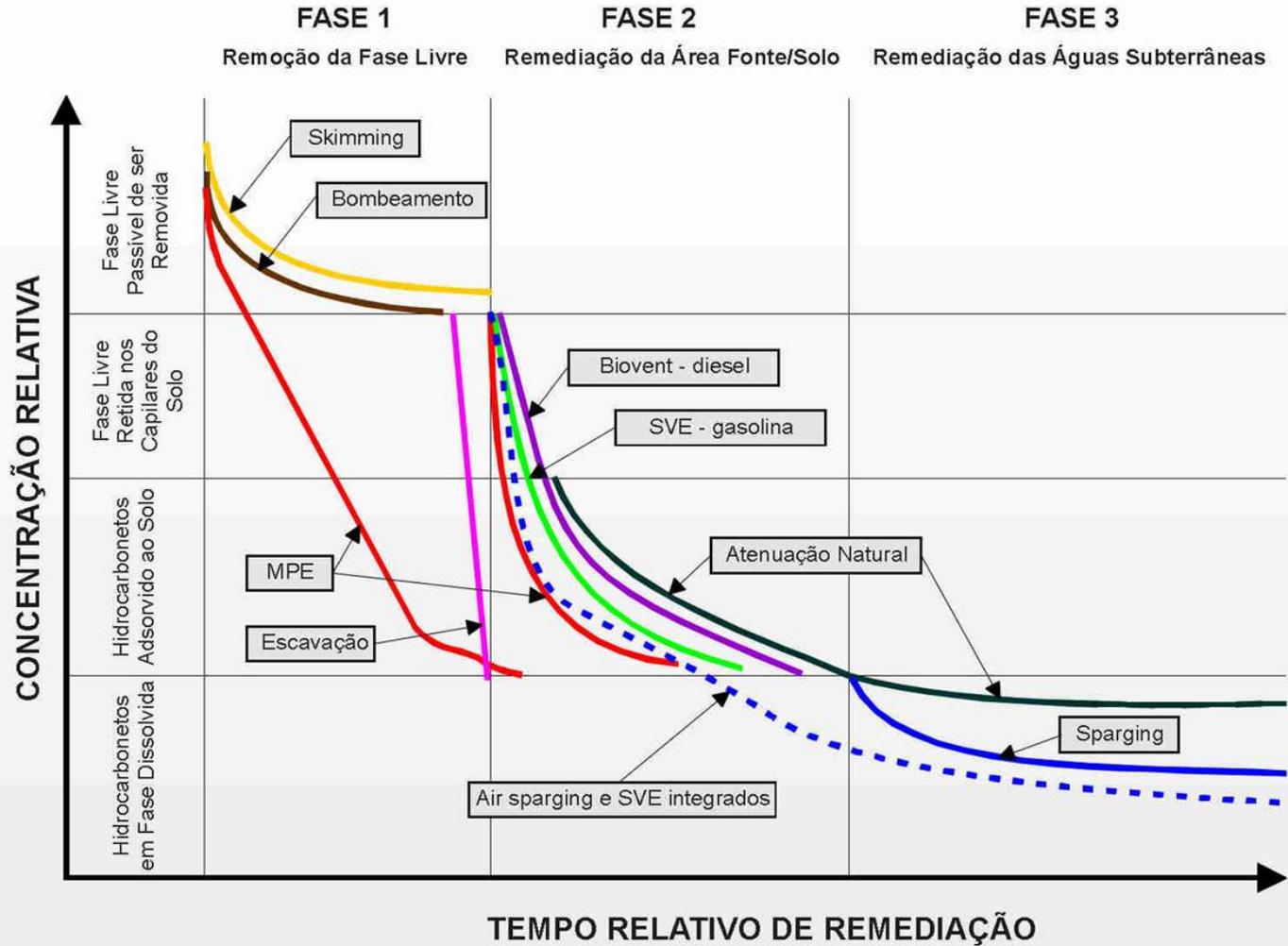
On site – Ex Situ

- *Pump and Treat*
- Oxidação Química
- Biorremediação
- Biopilha
- Dessorção Térmica

Ex Situ

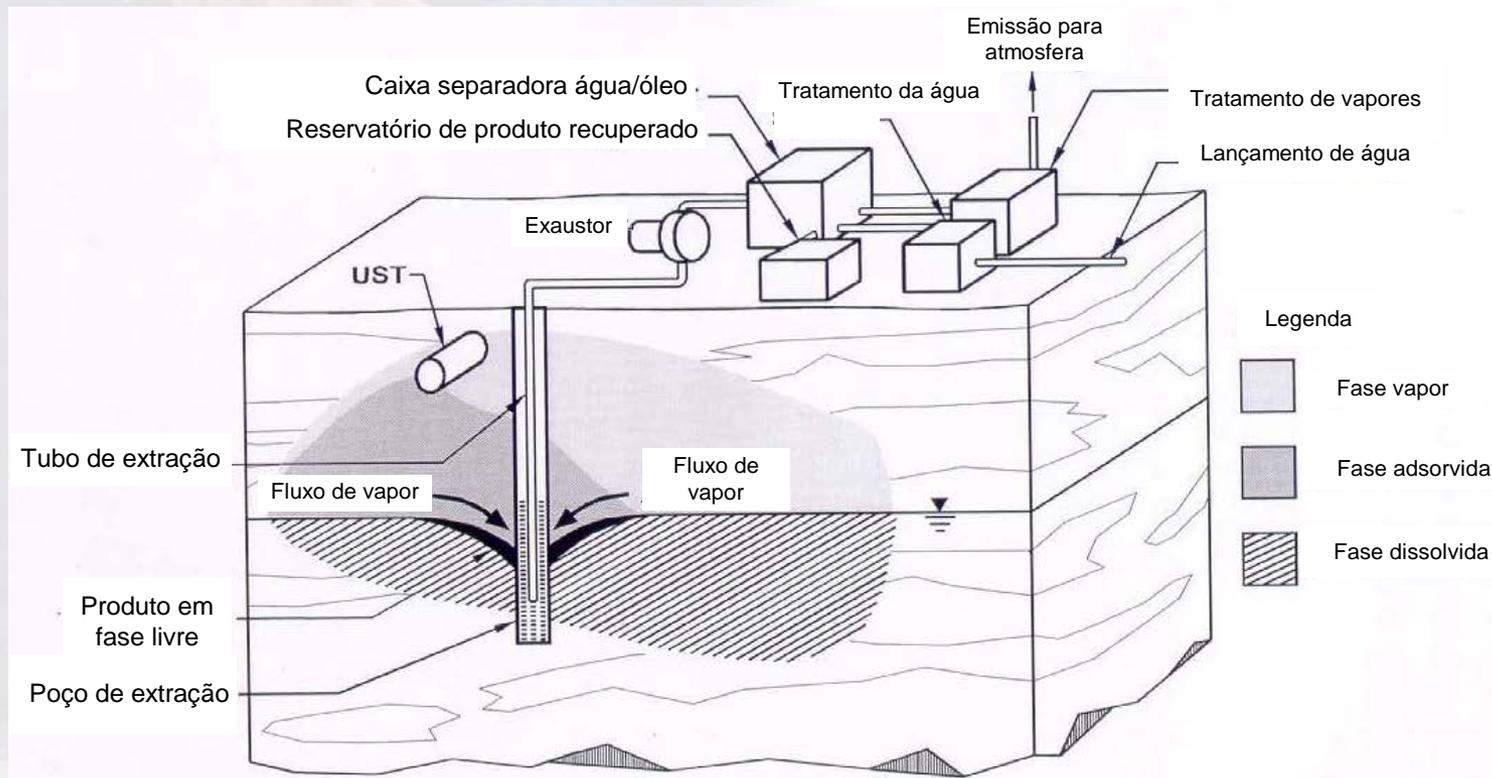
- Incineração
- Co-processamento
- Biopilha / Landfarm
- Biolavagem
- Dessorção Térmica

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

MULT PHASE EXTRACTION (MPE)



Fonte:USEPA (EPA 510-B-94-003)

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

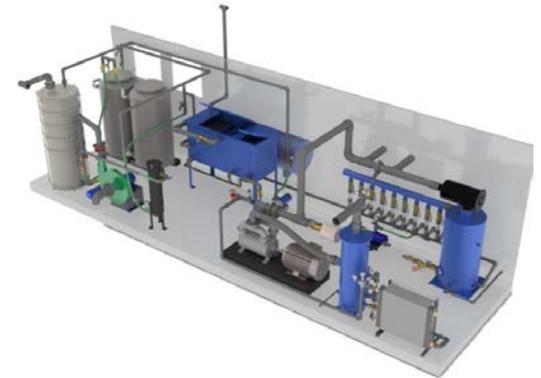
MULT PHASE EXTRACTION (MPE)

Vantagens

- Eficiente na remoção de fase livre
- Eficiente na remoção de VOC adsorvido ao solo e dissolvido na água subterrânea (volatilização)
- Incrementa atividade bacteriana atuando na degradação de SVOC (não-clorados) presentes no solo e água subterrânea
- Boa relação remoção do contamine / tempo de remediação
- Operação automatizada

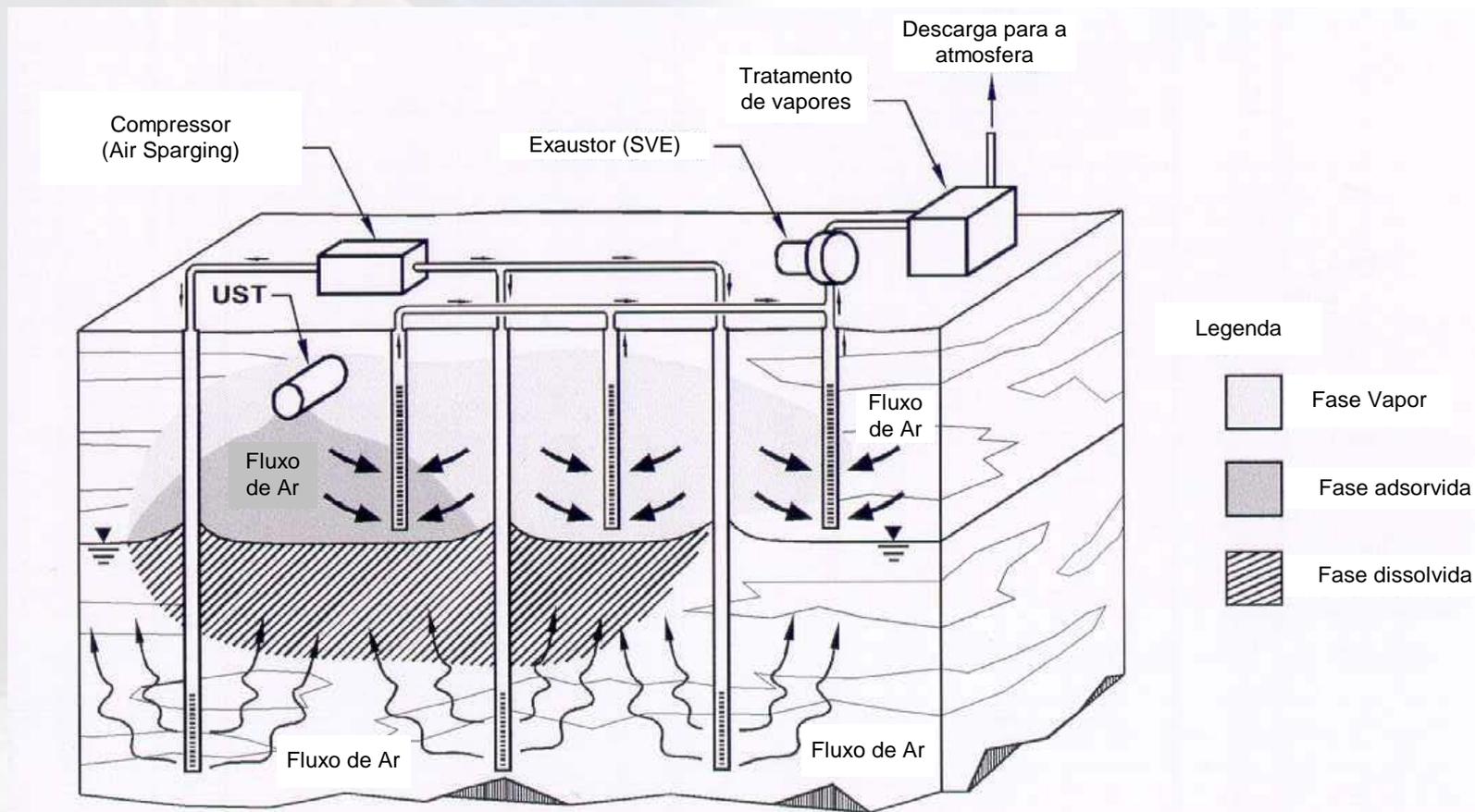
Limitações

- Baixa eficiência na degradação de compostos orgânicos clorados adsorvidos ao solo e dissolvidos na água subterrânea
- Atuação restrita em solos de baixa permeabilidade



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

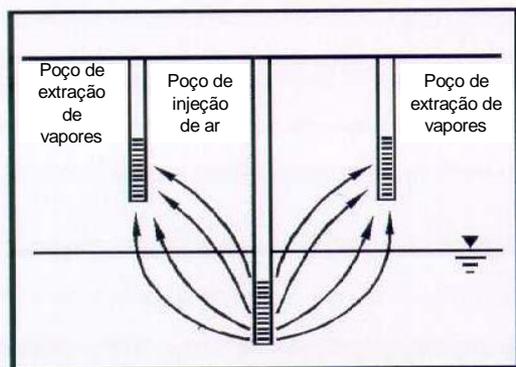
SISTEMA INTEGRADO SVE/AIR SPARGING (AS)



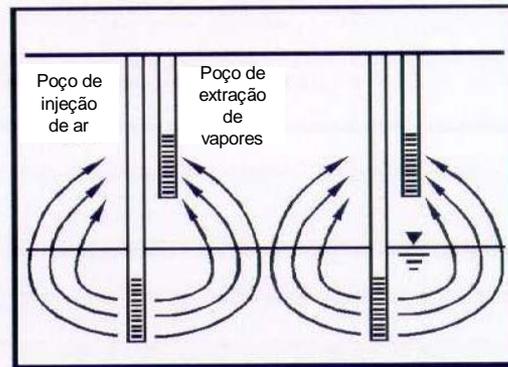
Fonte:USEPA (EPA 510-B-94-003)

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

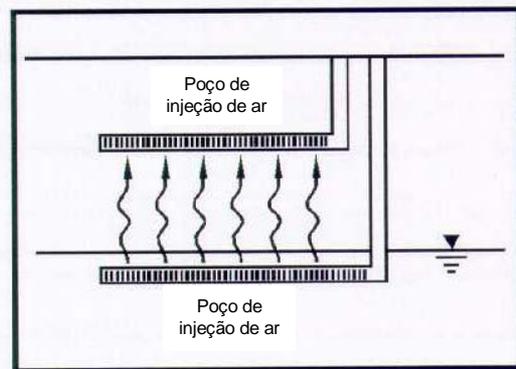
SISTEMA INTEGRADO SVE/AIR SPARGING (AS)



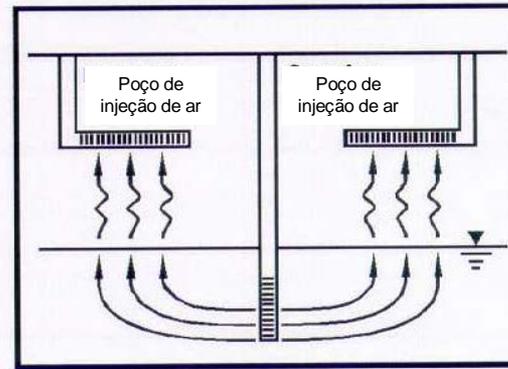
Poços de extração e injeção de ar separados



Poços de extração e injeção de ar juntos



Poços horizontais



Poços horizontais e verticais

Fonte:USEPA (EPA 510-B-94-003)

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

SISTEMA INTEGRADO SVE/AIR SPARGING (AS)

Vantagens

- Eficiente na volatilização de VOC adsorvido ao solo (BV) e dissolvidos na água subterrânea (AS)
- Incrementa atividade bacteriana atuando na degradação de SVOC (não-clorados) presentes no solo (BV) e na água subterrânea (AS)
- Boa relação remoção do contaminaante / tempo de remediação
- Operação automatizada

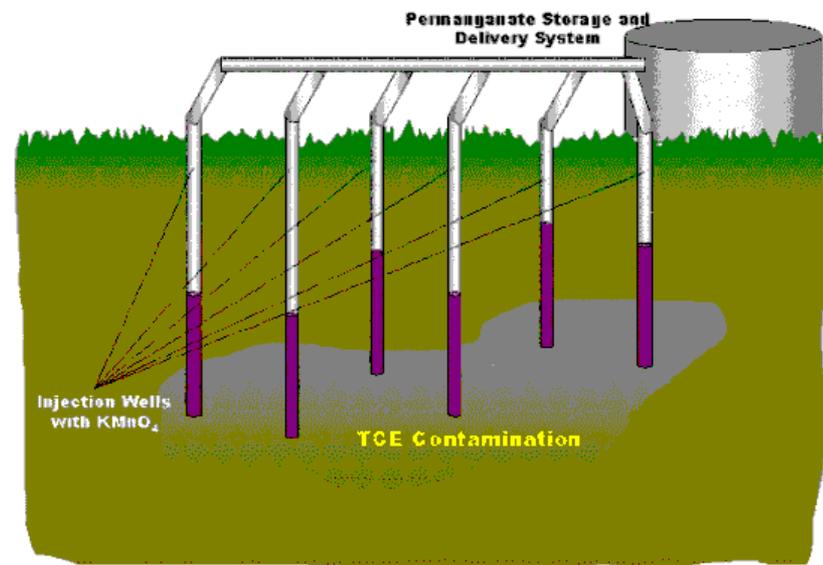
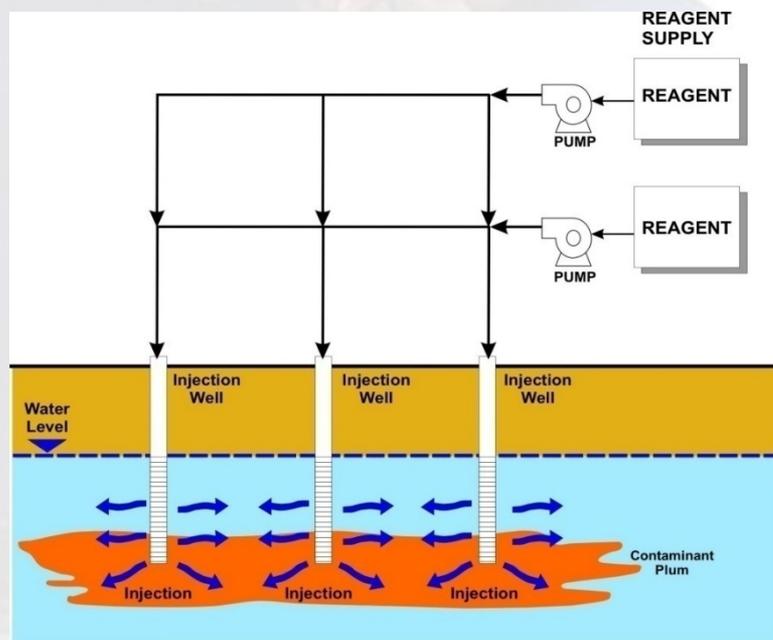
Limitações

- Não apropriado para áreas com fase livre.
- Baixa eficiência na degradação de compostos orgânicos clorados adsorvidos ao solo e dissolvidos na água subterrânea
- Atuação restrita em solos de baixa permeabilidade



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

PROCESSOS QUIMICOS AVANÇADOS (POA)



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

PROCESSOS QUIMICOS AVANÇADOS (POA)

Vantagens

- Degradação através de oxidação química e ou biodegradação
- Ação rápida
- Eficiente na degradação de compostos orgânicos, incluindo clorados
- Aplicação integrada com outras tecnologias de remediação

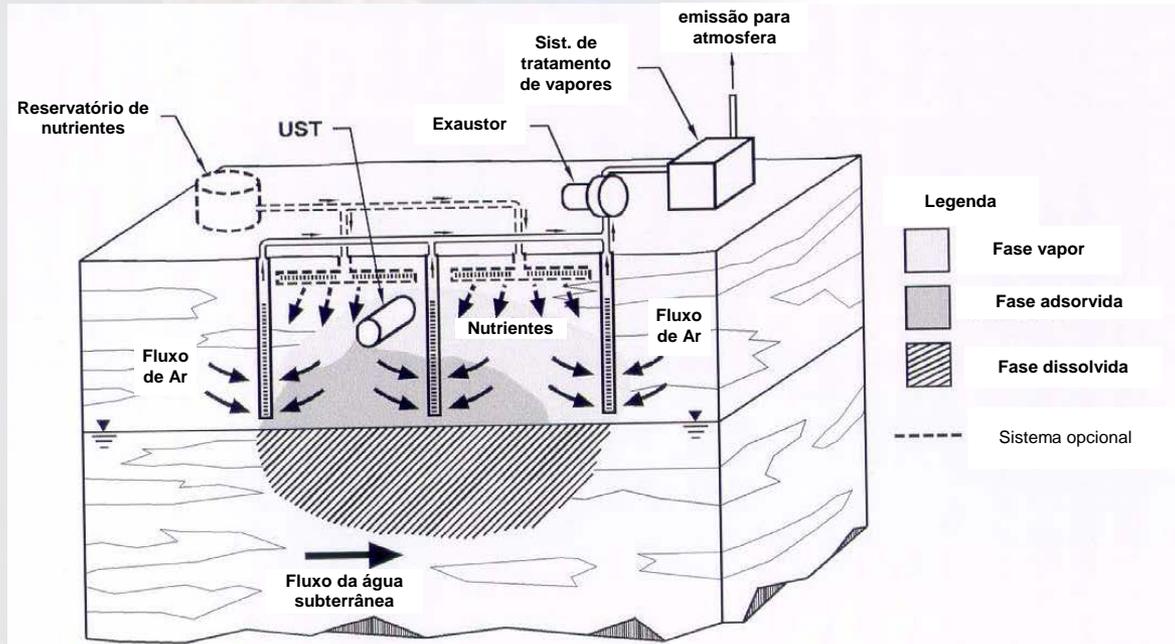
Limitações

- Não aplicável em áreas com fase livre
- Baixa eficiência em solos com alto teor de matéria orgânica e pH elevado
- Necessidade de aplicação de catalizadores (p.ex. Fe)
- Pode ocasionar impacto temporário sobre a biota presente no subsolo
- Restrições em solo com baixa permeabilidade



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

BIO REMEDIAÇÃO



Limitações

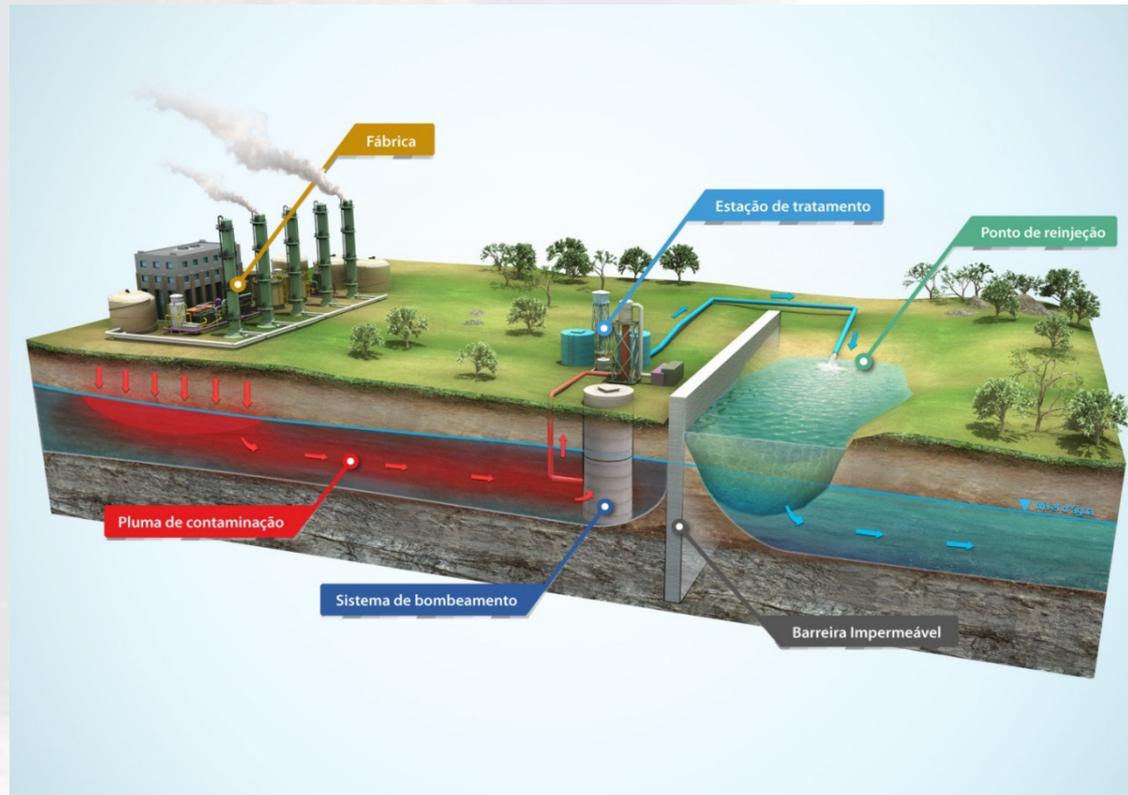
- Longo tempo de operação
- Não apropriado para áreas com fase livre.
- Não aplicável em áreas contaminadas por compostos recalcitrantes

Vantagens

- Eficiente na degradação de compostos orgânicos
- Baixo custo de implantação e operação
- Ampla metodologia de aplicação
- Operação simplificada

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

CONTENÇÃO HIDRÁULICA



Construção de barreiras/paredes de baixa permeabilidade, cujo objetivo é conter o deslocamento das águas subterrâneas, seja a montante ou jusante, evitando o espalhamento da pluma de contaminação.

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

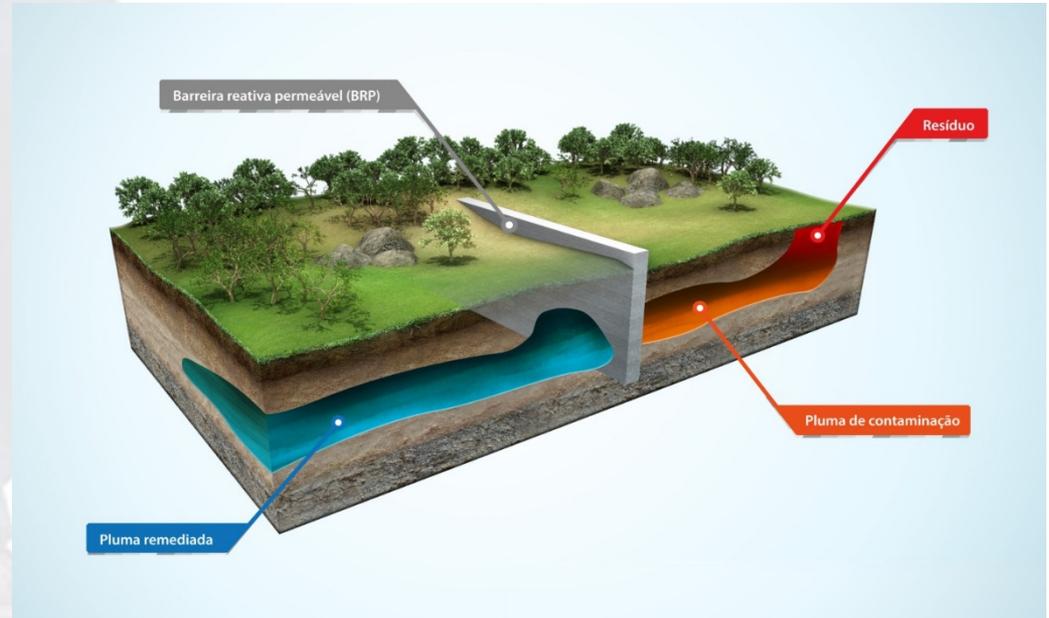
BARREIRAS REATIVAS

Vantagens

- Baixo custo de operação/manutenção
- Não é necessária energia elétrica
- Não é necessário espaço físico

Limitações

- Alto custo na instalação
- Tempo de operação pode ser longo
- Substituição do material reativo



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

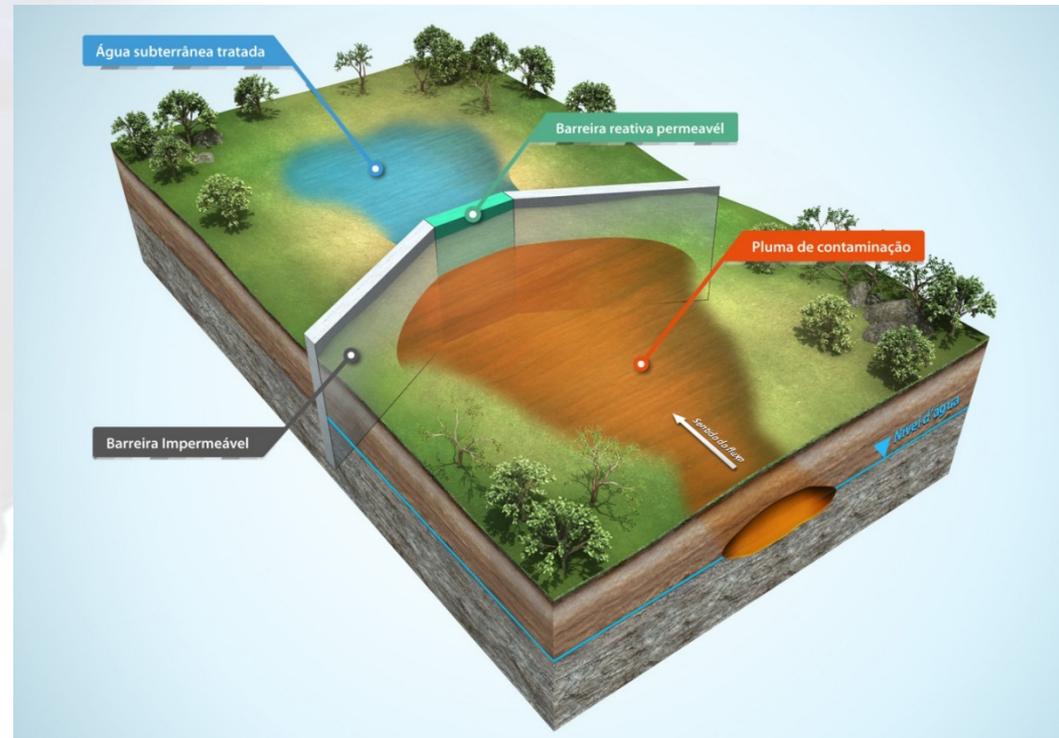
FUNNEL AND GATE

Vantagens

- Baixo custo de operação/manutenção
- Não é necessária energia elétrica
- Não é necessário espaço físico

Limitações

- Alto custo na instalação
- Tempo de operação pode ser longo
- Substituição do material reativo



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

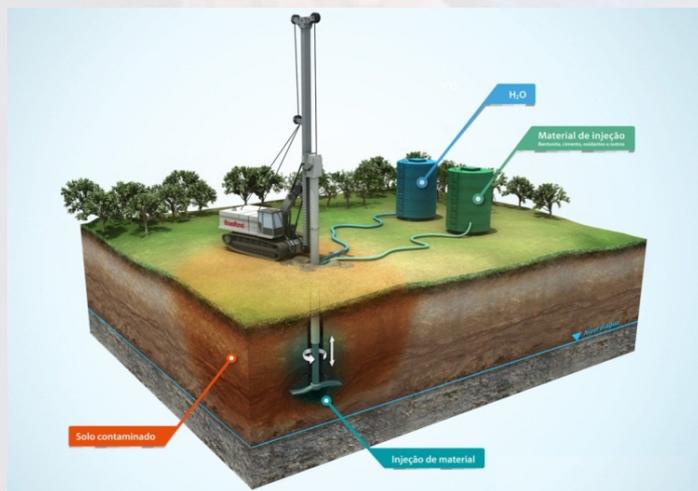
GEOCONFINAMENTO



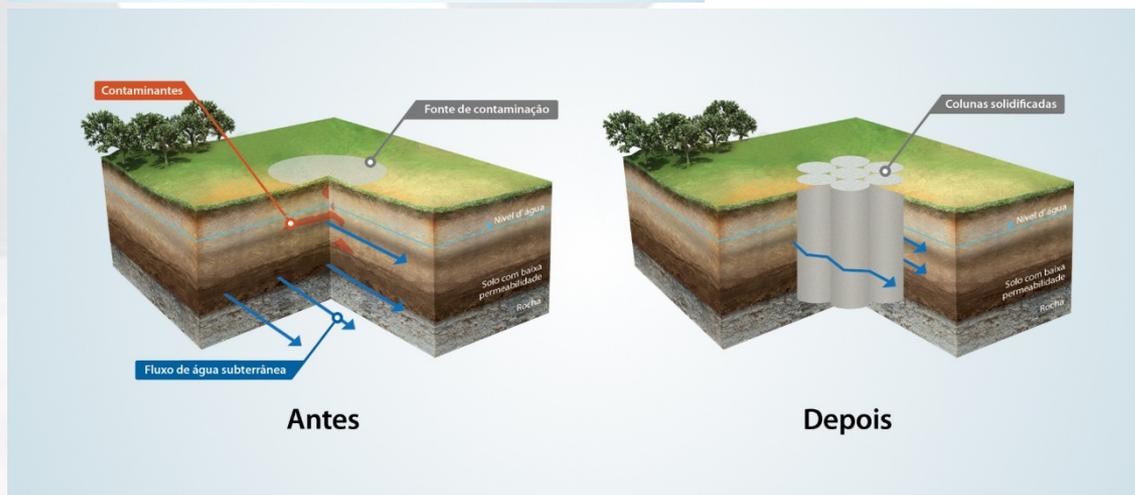
Trata-se do confinamento de uma área utilizando barreiras de baixa permeabilidade com o objetivo de isolar a área contaminada in situ.

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

SOLIDIFICAÇÃO / ESTABILIZAÇÃO



Solidificação é um processo físico e a estabilização um processo químico, ele não remove ou destrói contaminantes, e sim imobiliza / encapsula. O tratamento é permanente e o sucesso é medido por testes de lixiviação.



TECNICAS DE REMEDIAÇÃO

INCINERAÇÃO



**Incinerador Resíduos Sólidos
Tecnologia Andersen - EUA
(1998)
(Capacidade: 4.400 t/ano)**

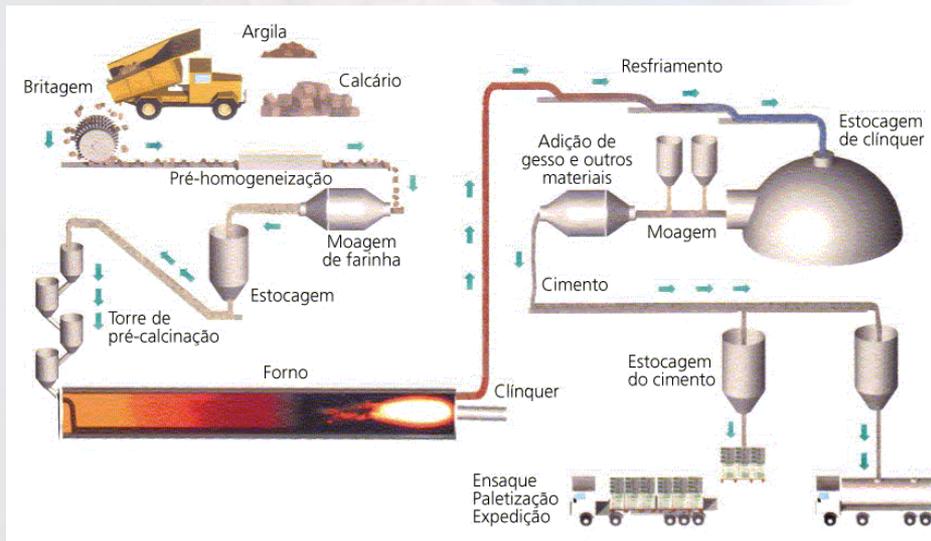


**Incinerador de
Líquidos
Tecnologia Sulzer
- Suíça (1991)
(Capacidade:
10.000 t/ano)**



**Incinerador de Borrás Oleosas
e Solos Contaminados
Tecnologia Bolland - Argentina
(Capacidade: 36.000 t/ano)**

TECNICAS DE REMEDIAÇÃO CO PROCESSAMENTO



- Economiza recursos não-renováveis (combustíveis fósseis e recursos minerais).
- Reduz as emissões de gases responsáveis pelo Efeito Estufa.
- Não gera passivos ambientais.

APLICÁVEL

- Substâncias oleosas
- Catalisadores usados
- Resinas, colas e látex
- Pneus e emborrachados
- Madeiras contaminadas
- Solventes
- Borrachas
- Lodos de ETE
- Terras contaminadas
- Papel e outros

NÃO-APLICÁVEL

- Resíduos hospitalares não-tratados
- Lixo doméstico não-classificado
- Explosivos
- Elementos radioativos
- Pesticidas
- Fossas orgânicas
- Materiais com alto teor de metais pesados
- Materiais com alto teor de Cloro
- Materiais com baixo poder calorífico ou sem contribuição na subst. de matérias-primas

LEGISLAÇÃO

- **Lei Federal nº 6.938**, de 31/08/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências
- **Lei Federal nº 9.433**, de 08/01/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- **Lei Federal nº 9.605**, de 12/02/1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- **Resolução CONAMA nº 273**, de 29 de novembro de 2000 – Dispões sobre o Licenciamento ambiental
- **Decisão de Diretoria 103/C/E**, de 22 de julho de 2007 - Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas
- **Lei Estadual nº 13.577**, de julho de 2009 - É pautada em diretrizes e procedimentos para proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas
- **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro 2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas
- **Resolução SMA-014**, de 5 de março 2010 – Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos em áreas potencialmente críticas para a utilização de água subterrânea.
- **Definição de critérios diferenciados para Postos:**
 - Prazo para remoção da fase livre – 180 dias
 - Monitoramento para encerramento – 4 campanhas semestrais
 - Prazo para reabilitação de 5 anos



LEGISLAÇÃO

- **Lei Federal nº 6.938**, de 31/08/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providencias
- **Lei Federal nº 9.433**, de 08/01/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- **Lei Federal nº 9.605**, de 12/02/1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- **Resolução CONAMA nº 273**, de 29 de novembro de 2000 – Dispões sobre o Licenciamento ambiental
- **Decisão de Diretoria 103/C/E**, de 22 de julho de 2007 - Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas
- **Decisão de Diretoria 045/2014/E/C/I**, de 20/02/2014 – Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para solo e água subterrânea do Estado de São Paulo
- **Lei Estadual nº 13.577**, de julho de 2009 - É pautada em diretrizes e procedimentos para proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas

LEGISLAÇÃO

- **Resolução CONAMA nº 420**, de 28 de dezembro 2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas
- **Resolução SMA-014**, de 5 de março 2010 – Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos em áreas potencialmente críticas para a utilização de água subterrânea.
- **Definição de critérios diferenciados para Postos:**
 - Prazo para remoção da fase livre – 180 dias
 - Monitoramento para encerramento – 4 campanhas semestrais
 - Prazo para reabilitação de 5 anos

NORMAS APLICÁVEIS

- Manual de Gerenciamento de áreas Contaminadas da CETESB
- ABNT NBR 15515-1 – avaliação preliminar
- ABNT NBR 15495-1 Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção.
- ABNT NBR 15495-2 Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento.
- ABNT NBR 15.492 – Sondagem de Reconhecimento para Fins de Qualidade Ambiental - Procedimento.
- ABNT NBR 15515-2. Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea Parte 2- Investigação Confirmatória.
- ABNT NBR 15515-3 – Avaliação de Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea Parte 3 – Investigação Detalhada.
- ABNT NBR 15847 – Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento – Métodos de Purga
- ABNT NBR 16209 – Avaliação de Risco a Saúde Humana Para Fins de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.
- ABNT NBR 16210 – Modelo Conceitual no Gerenciamento de Áreas Contaminadas – Procedimento.



BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

- ABRH, 1991 – **Hidrologia Ambiental**. Edusp
- American Society for Testing and Materials, 1995. **Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites. Designation.**
- American Society for Testing and Materials, 1998. **Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action. Designation.**
- American Society for Testing and Materials, 2000. **Standard Guide for Risk-Based Corrective Action. Designation.**
- CETESB, 2001. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. CETESB/GTZ. 2ª. Ed. São Paulo.
- Fetter, C. W. 2001 - **Applied Hydrogeology**, 4a. ed, New Jersey, Prentice Hall.
- Freeze, R. C., and Trainer, F.W., 1981. **Introduction to ground-water hydrology**: Washigton, Ohio, Water-Well Journal Publishing Co.
- Hem, J. D., 1970. **Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water**: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1473.
- Maximiano, A. M. S., 2001 – **Determinação de Níveis Aceitáveis no Ambiente para Hidrocarbonetos Utilizando o Procedimento de Ações Corretivas Baseadas no Risco (RBCA). Aplicação para a Cidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências.
- Oliveira, E., 1992 – **Contaminação de Aquíferos por Hidrocarbonetos Provenientes de Vazamentos de Tanques de Armazenamento Subterrâneo**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências
- Wilson, J.T.; Leach, L.E.; Henson, M. and Jones, J. N. .1986. **In situ bioremediation as a ground water remediation technique**. Ground Water Monitoring Review.



OBRIGADO

Guilherme Bechara
Diretor Técnico Investigação
(11) 95766-2372
bechara@geointegra.com.br



Praça Vicente Rodrigues, 104
São Paulo/SP • CEP 05507-030
Fone/Fax + 55 11 3037 7480
www.geointegra.com.br

