

# REMEDIAÇÃO IN-SITU DE HIDROCARBONETOS

1º SEMINÁRIO  
INTERNACIONAL DE  
REMEDIAÇÃO IN-SITU DE  
SITES CONTAMINADOS  
NOVEMBRO/02

Cyro Bernardes Junior, PhD  
Diretor Técnico

# REMEDIAÇÃO IN-SITU DE HIDROCARBONETOS

**Dr. Cyro Bernardes Jr., Diretor Técnico  
Ambiterra Ltda., Brasil**

O objetivo é apresentar um visão das questões envolvendo a remediação de hidrocarbonetos. Neste sentido temos os riscos que os postos representam para a contaminação de águas e solo e que este problema só foi enquadrado na legislação em 2000 com a Resolução CONAMA 273, sendo que existem no país 27000 postos, ou seja é um problema sério de contaminação e com legislação recente, ou seja tanto do ponto de vista do Estado regulador como da experiência brasileira na avaliação e remediação deste tipo de problema são recentes.

São fontes dispersas mas de risco pois se encontram em áreas urbanas, por outro lado os contaminantes se caracterizam por serem degradáveis, o que ajuda a minimizar o alcance da contaminação. Estudos nos EUA mostram que 75% da plumas são inferiores a 140 m., embora haja casos em que cheguem a 1000 m.

Serão descritas as técnicas mais utilizadas para remediação:

- 1) Remoção da fonte e atenuação natural controlada
- 2) Bombeamento e tratamento
- 3) Extração de vapores de solo
- 4) Air Sparging
- 5) Extração de multifase
- 6) Extração de fase livre

Para cada sistema será feita uma descrição da tecnologia, vantagens e desvantagens.

# ITENS

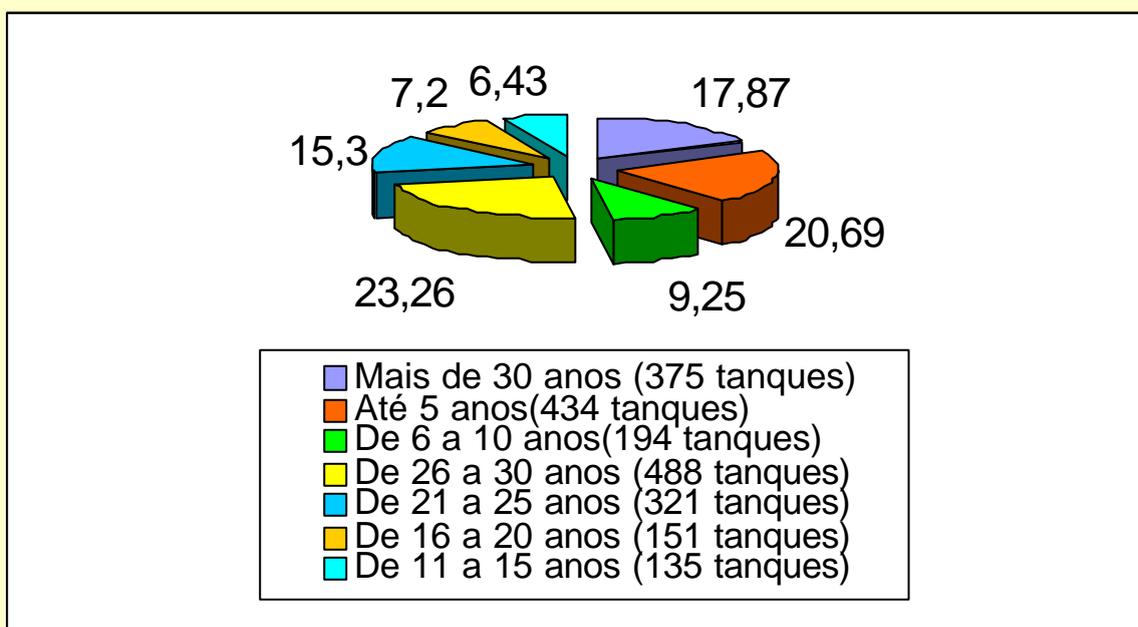
- SITUAÇÃO ATUAL
- CARACTERÍSTICAS DOS HIDROCARBONETOS
- ELIMINAÇÃO DE FONTES
- TÉCNICAS IN-SITU
  - ✓ EXTRAÇÃO DE VAPORES DS SOLO
  - ✓ AIR SPARGING/BIOVENTILAÇÃO
  - ✓ EXTRAÇÃO MULTIFÁSICA
  - ✓ BOMBEAMENTO E TRATAMENTO
  - ✓ OXIDAÇÃO IN-SITU
  - ✓ ATENUAÇÃO NATURAL MONITORADA

# SITUAÇÃO ATUAL

- EXISTEM ATUALMENTE 32.697 POSTOS (ANP, 2002) NO BRASIL
- 47% NA REGIÃO SUDESTE
- 8539 POSTOS NO ESTADO DE SÃO PAULO (ANP, 2002).

# SITUAÇÃO ATUAL

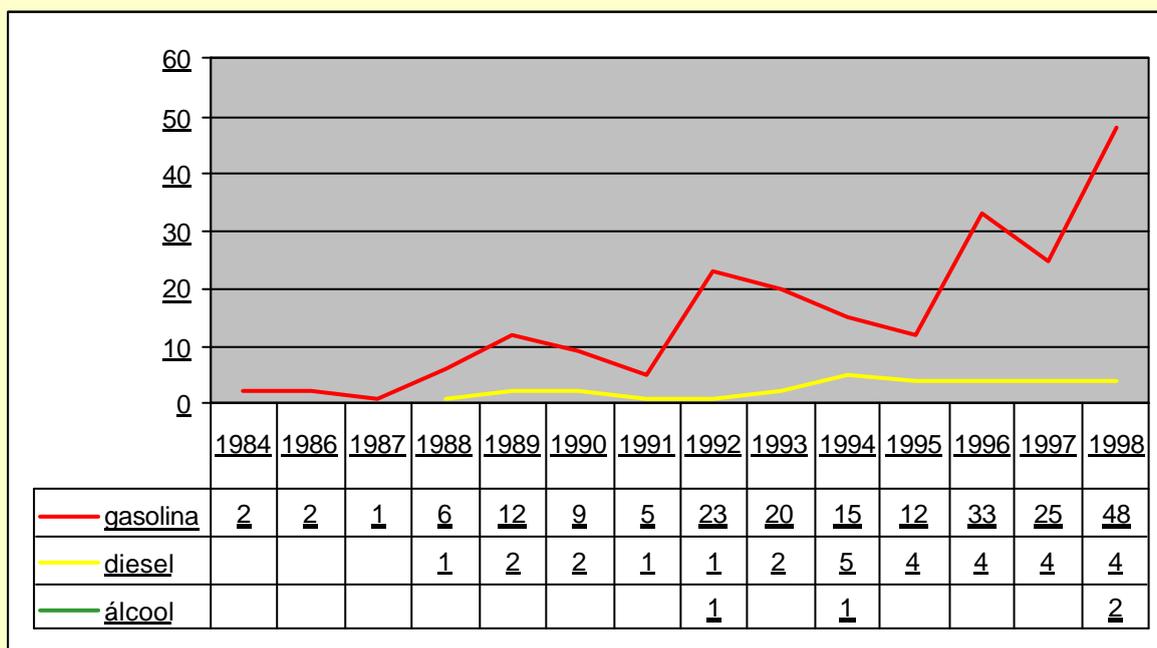
## IDADE DE TANQUES MO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO SEGUNDO CONTRU EM 1999



(Bucci,M.,2000)

# SITUAÇÃO ATUAL

## EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ATENDIMENTOS FEITOS PELA CETESB EM POSTOS NA RMSP



(Bucci, M., 2000)

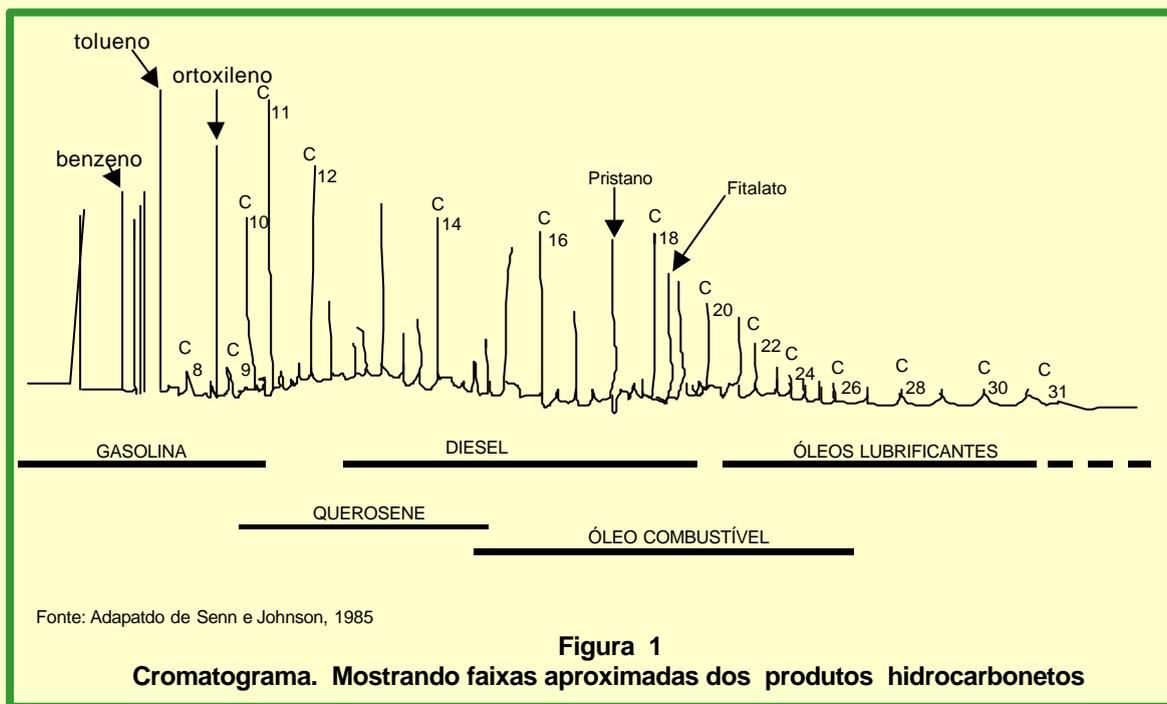
# SITUAÇÃO ATUAL

## ■ LEGISLAÇÃO

- ✓ Resolução CONAMA 273 de novembro de 2000 estabelece licenciamento e estabelece critérios mínimos.
- ✓ Em 6/02/2002 CETESB publica inicia cadastramento de postos
- ✓ Em 31/07/2002 convoca postos para licenciamento
- ✓ Em setembro/2002 cetesb estabelece um protocolo de avaliação de passivos

## ■ UM PROBLEMA MUITO NOVO

# CARACTERÍSTICAS DOS HIDROCARBONETOS



(in Bucci, M, 2000)

# CARACTERÍSTICAS DOS HIDROCARBONETOS

- COMPOSTOS MAIS LEVES QUE A ÁGUA
- SOLUBILIDADE VARIA DE POUCO SOLÚVEIS A RAZOÁVELMENTE SOLÚVEIS COMO BENZENO (1780 mg/L)
- VOLATILIDADE VARIADA (POR EX 0,053 mmHg NAFTALENO A 1560 mmHg n- butano)
- ADSORÇÃO ( 38 l/Kg de solo benzeno para 13000 n-decano)
- EM GERAL BIODEGRADÁVEIS.

# CARACTERÍSTICAS DOS HIDROCARBONETOS

- POR SEREM BIODEGRADÁVEIS PLUMAS PODEM SER LIMITADAS (Wiedemeier, T. 2001).
  - ✓ Na California em 1500 casos 85% das plumas tem menos que 60 m
  - ✓ No Texas em 605 casos 75% das plumas de benzeno tem menos de 76 m.
  - ✓ Máximo comprimento observados no Estudo do Texas: 2500 m quando fase livre presente e 560 m sem fase livre.
  - ✓ Limitação ocorre devido á biodegradação
- CONTROLE DE FONTES ESSENCIAL
  - ✓ tanques e linhas vazando
  - ✓ fase livre
  - ✓ solo contaminado

# CONTROLE DE FONTES

- POR QUE CONTROLE DE FONTES (FASE LIVRE)

FASES	VOLUME DE CONTAMINANTE (LITROS)	% DO TOTAL	VOLUME CONTAMINADO (M3)	% DO TOTAL
Fase livre	70.022	64	6.492	1
Fase residual (solo)	38	35	228.600	20
Dissolvido (água)	1260	1	877.824	79

(Bucci,M. 2000)

# CONTROLE DE FONTES

- REMOÇÃO DE TANQUES



# CONTROLE DE FONTES

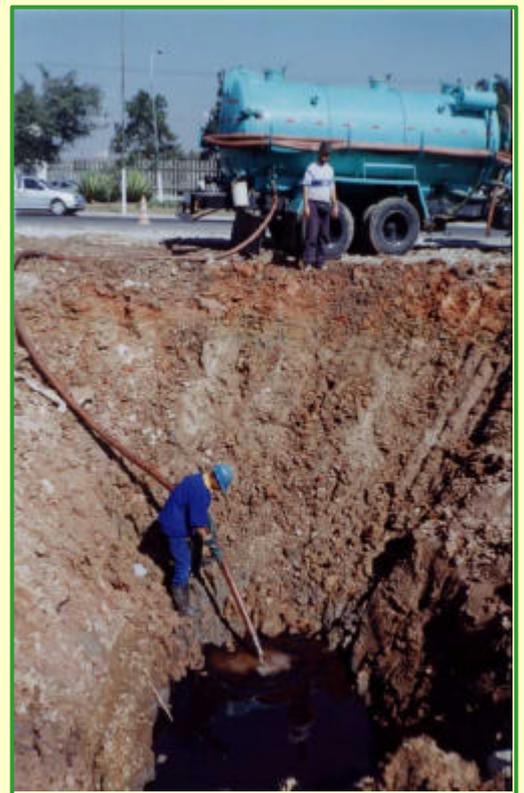
- REMOÇÃO DE FASE LIVRE



FASE LIVRE



ÁGUA APÓS BOMBEAMENTO



BOMBEAMENTO

# CONTROLE DE FONTES

- REMOÇÃO DE SOLO CONTAMINADO

ESCAVAÇÃO

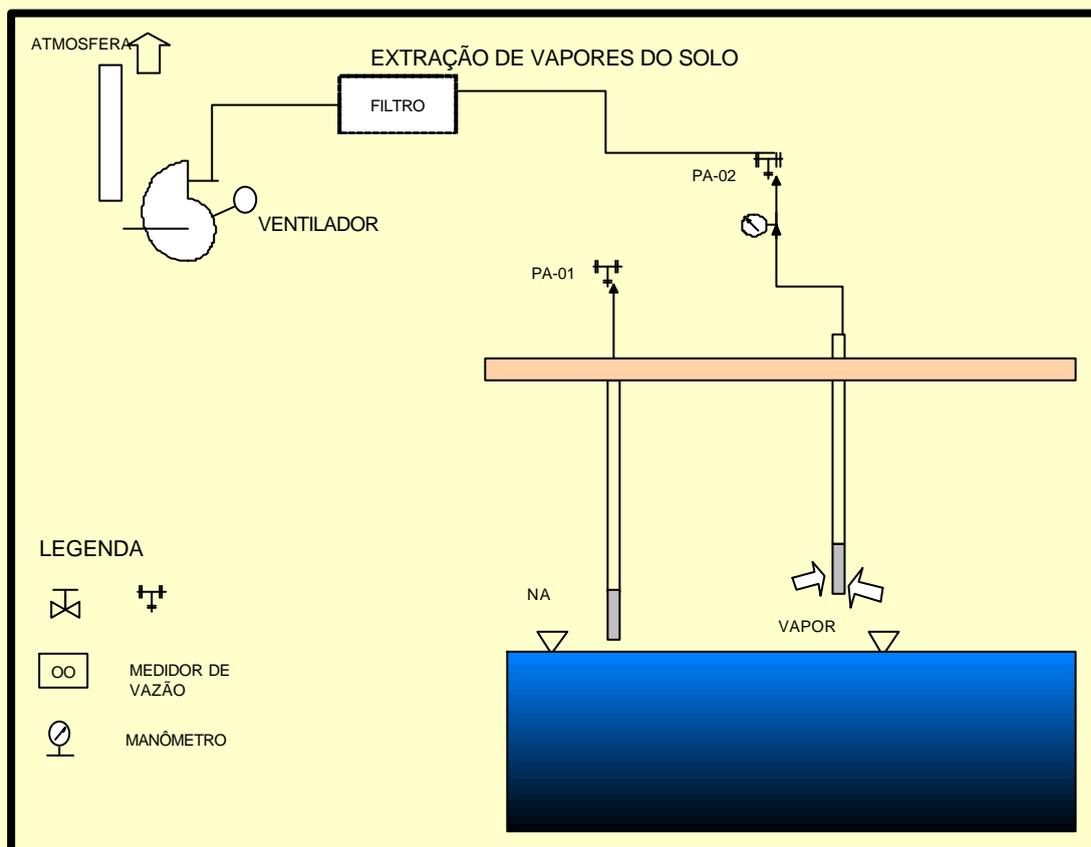


SOLO ESTOCADO EM BIG BAGS  
AGUARDANDO DESTINAÇÃO

Ambi Terra Ltda.

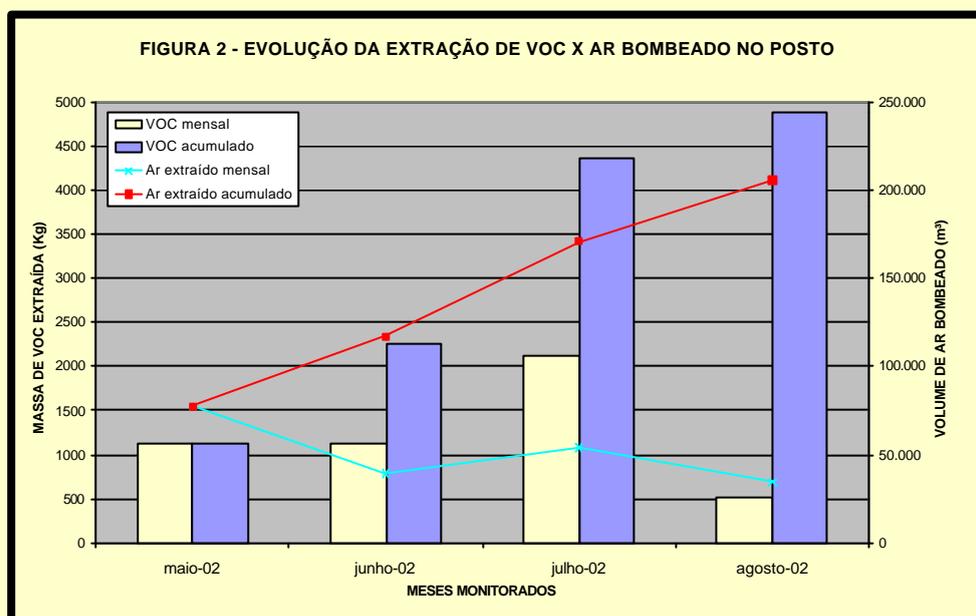
# TÉCNICAS IN-SITU

- EXTRAÇÃO DE VAPORES DE SOLO



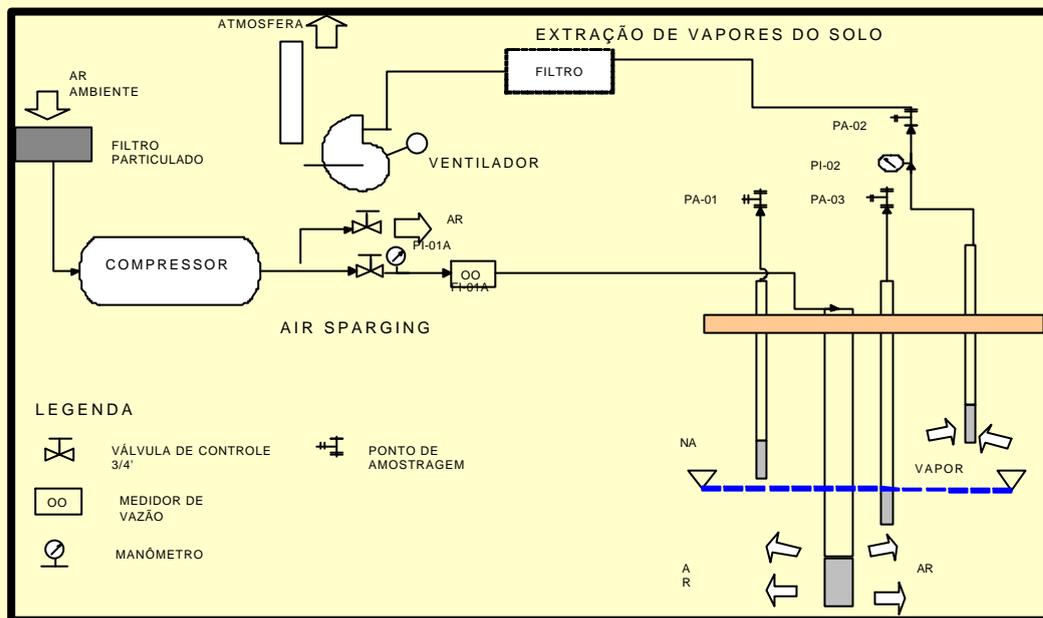
# TÉCNICAS IN-SITU

## EXTRAÇÃO DE VAPORES DE SOLO



# TÉCNICAS IN-SITU

## AIR SPARGING



COMPRESSOR

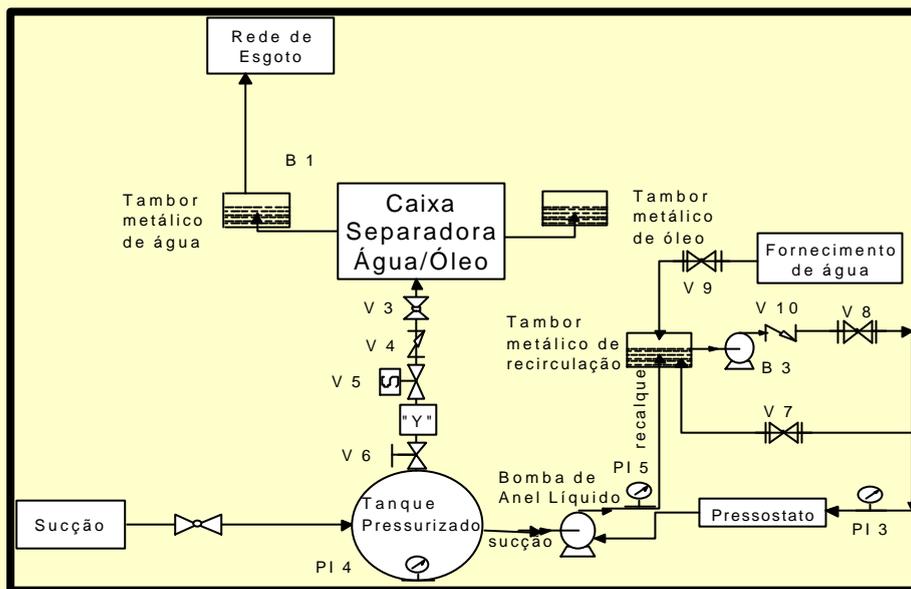


POÇO DE INJEÇÃO



# TÉCNICAS IN-SITU

## EXTRAÇÃO MULTIFASE



BOMBA DE ANEL LÍQUIDO



POÇO DE EXTRAÇÃO



# TÉCNICAS IN-SITU

- TRATAMENTO DE GASES (CARVÃO ATIVO)

Amostra Local	Composto	Amostrador No.	Resultados ppb (vol)
Entrada	Benzeno	01	713,9
	Etilbenzeno		4,7
	Tolueno		28,6
	Xileno		101,6
	Benzeno	02	667,5
	Etilbenzeno		15,5
	Tolueno		26,1
	Xileno		90,7
Saída	Benzeno	03	7,3
	Etilbenzeno		2,4
	Tolueno		5,2
	Xileno		6,9
	Benzeno	04	6,7
	Etilbenzeno		2,6
	Tolueno		5,5
	Xileno		6,6

## FILTRO DE CARVÃO ATIVO



# TÉCNICAS IN-SITU

- BOMBEAMENTO E TRATAMENTO
  - AVALIAÇÃO DO NRC EM 77 LOCAIS
  - IMPLANTADOS EM 70 A 80
  - EM 1993 SOMENTE EM 8 OS OBJETIVOS DE REMEDIAÇÃO HAVIAM SIDO ATINGIDOS
  - FUNÇÃO DE CONTER A PLUMA E REMOVER FASE LIVRE

## BARREIRA HIDRÁULICA



# TÉCNICAS IN-SITU

- OXIDAÇÃO COM PERÓXIDO
  - RESULTADOS RÁPIDOS
  - LIMITAÇÕES DEVIDO A PRESENÇA DE TANQUES METÁLICOS
  - REAÇÕES ENÉRGICAS

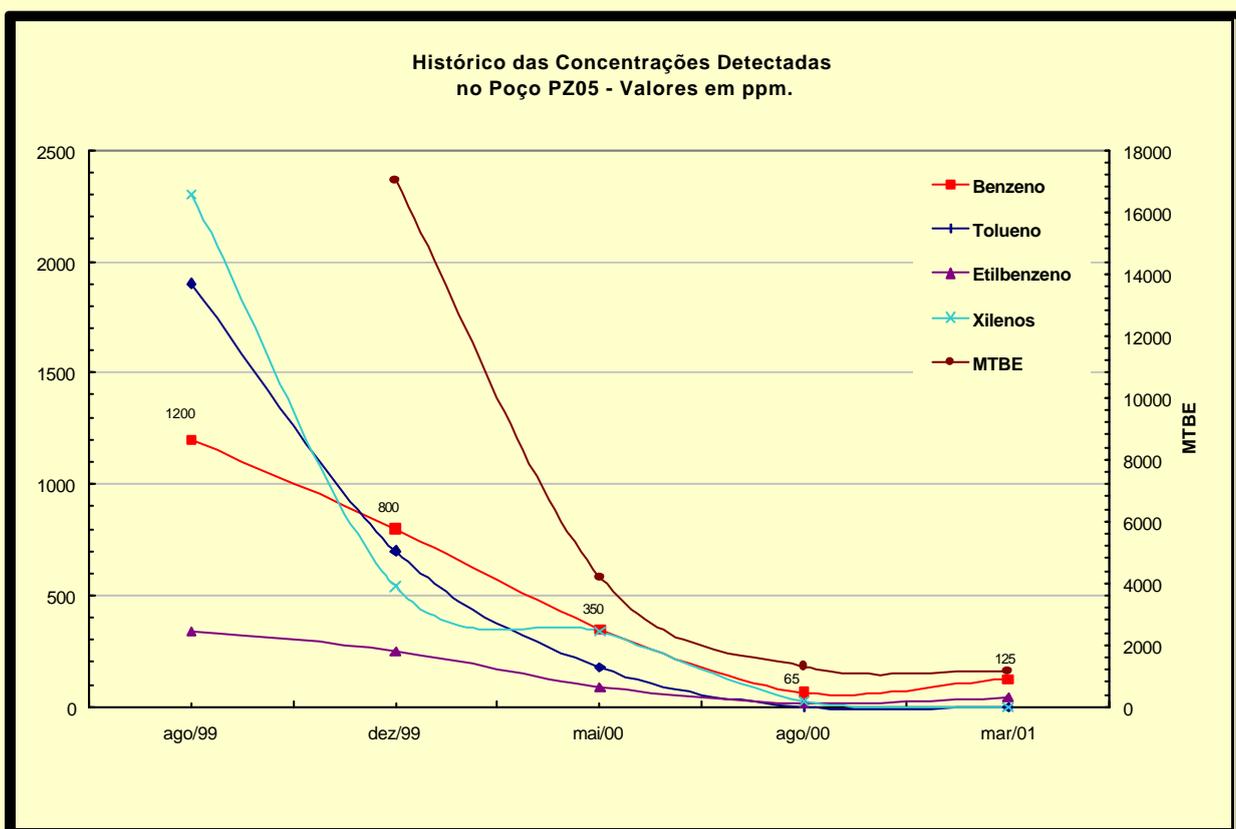
## OXIDAÇÃO COM PERÓXIDO



# TÉCNICAS IN-SITU

- ATENUAÇÃO NATURAL MONITORADA
  - NÃO É NÃO FAZER NADA
  - EXIGE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO CUIDADOSA

## ATENUAÇÃO NATURAL MONITORADA



# **Dr. Cyro Bernardes Jr.**

## **Diretor Técnico - Ambiterra Ltda., Brasil**

**Cyro Bernardes Jr.** é engenheiro químico formado pela Escola Politécnica da USP em 1976, Mestre em Engenharia Ambiental pela University Of Texas at Austin, EUA em 1985 e Doutor em Geociências pela USP em 1995. Trabalhou na CETESB de 1976 a 1989, chegando ao cargo de Gerente. Em Abril de 1989 fundou a AMBITERRA Ltda, sendo seu Diretor Técnico. Tem vários trabalhos publicados tanto no Brasil como no Exterior.

E-mail: [cyrobernardes@ambiterra.com.br](mailto:cyrobernardes@ambiterra.com.br)