

CENTRO PAULA SOUZA

ETEC ITAQUERA II

Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio – Edificações

Carolina Zanfolin Dos Santos

Felipe Fernandes Luppi

Henrique Róseo Cincinato

Pâmela Jenny Do Nascimento Morão

RECUPERAÇÃO DOS SOLOS

As Consequências da Contaminação

São Paulo

2017

Carolina Zanfolin Dos Santos

Felipe Fernandes Luppi

Henrique Róseo Cincinato

Pâmela Jenny Do Nascimento Morão

RECUPERAÇÃO DOS SOLOS

As Consequências da Contaminação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio – Edificações, da ETEC Itaquera II, orientado pela professora Eliana Cardozo, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Edificações.

São Paulo

2017

AGRADECIMENTOS

À nossa querida orientadora, Eliana Cardozo, por não nos deixar desistir.

Aos amigos, pela união e empenho ao desenvolver o trabalho.

“Que o teu trabalho seja perfeito, para que, mesmo depois da tua morte, ele permaneça.”

LEONARDO DA VINCI

RESUMO

Um dos grandes problemas que a construção civil enfrenta atualmente é a contaminação dos solos, que inviabilizam o seu uso. Nosso estudo será diretamente relacionado com a recuperação dos mesmos, uma vez que a disposição não controlada de resíduos e substâncias que possam contaminá-los, sejam elas em estado sólido, líquido ou gasoso e voluntárias ou acidentais, acarretam na invalidez dos terrenos, que na maioria dos casos são de grande valia. Também será ressaltado que a contaminação do solo se torna um problema ainda maior quando há vias de transferência de poluentes que podem aumentar a área prejudicada, o que ocorre muito nos casos de aterramento no solo, como por exemplo em tubulações de indústrias químicas. Dessa forma, se torna perceptível que além de tudo o tema é de suma importância para o meio ambiente, relacionando-se diretamente com a sustentabilidade e com a “reutilização”, por ser um problema que afeta justamente e de forma contínua um componente da natureza, o solo.

Palavras-chave: Solo. Contaminação. Recuperação. Resíduos Poluentes.

ABSTRACT

One of the biggest problems that the construction industry faces actually is the soil contamination, which makes its use unfeasible. Our study will be directly related to the recovery of these, since the uncontrolled disposal of residues and substances that may contaminate them, be they solid, liquid or gaseous and voluntary or accidental, result in the invalidity of the ground, which in most cases are of great value. It will also be emphasized that soil contamination becomes an even greater problem when there are ways of transferring pollutants that can increase the impaired area, which occurs much in cases of grounding, such as in chemical industry pipes. In this way, it becomes perceptible that, in addition, the theme is of paramount importance for the environment, relating directly to sustainability and "reuse", since it is a problem that directly affects a continuous component of nature, the soil.

Key-words: Ground. Contamination. Recovery. Polluting Waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Horizontes do Solo	16
Figura 2: Solo Arenoso.....	17
Figura 3: Solo Argiloso	18
Figura 4: Solo Siltoso	19
Figura 5: Solo Calcário	20
Figura 6: Estrutura Floculenta	20
Figura 7: Estrutura Alveolar.....	21
Figura 8: Estrutura em Esqueleto.....	21
Figura 9: Erosão do Solo.....	29
Figura 10: Solo Pobre e Contaminado por Agrotóxicos	30
Figura 11: Solo Contaminado por Produtos Químicos	31
Figura 12: Um Aterro Sanitário Correto.....	32
Figura 13: Esquema de Incineração do Lixo	33
Figura 14: Compostagem: processo	33
Figura 15: Etapas da Fitorremediação	35
Figura 16: Sistema de Oxidação Química “in-situ”	36
Figura 17: Atenuação Natural Monitorada.....	37
Figura 18: Sistema SVE	39
Figura 19: Sistema de Biorremediação	42
Figura 20: Parte do Sistema ERH	47
Figura 21: Praça Victor Civita.....	48
Figura 22: Conjunto Residencial Barão de Mauá	49
Figura 23: Área de Contaminação – Conjunto Residencial Barão de Mauá	50
Figura 24: Região do Recanto dos Pássaros.....	51
Figura 25: Área do Parque Villa Lobos – 1.988.....	53
Figura 26: Parque Villa Lobos – Vista Aérea.....	53
Figura 27: Complexo Center Norte – Vista Aérea	54
Figura 28: Contaminação do Complexo Center Norte.....	55
Figura 29: Contaminação em Postos de Gasolina	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da Porosidade e do Índice de Vazio nos Solos	23
Tabela 2: Classificação do Solo Quanto ao Grau de Saturação	24
Tabela 3: Valores de Massa Específica Real de Alguns Tipos de Minerais	25
Tabela 4: Tipo de Solo Conforme Valor de δ	26
Tabela 5: Classificação dos Desastres Naturais em Relação à Intensidade.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Celsius
cm ³	Centímetro cúbico
dm ³	Decímetro cúbico
g	Grama
kg	Quilograma
L	Litro
m ³	Metro cúbico
t	Tonelada
PIB	Produto Interno Bruto
m	Metro
pH	Potencial Hidrogeniônico
m ²	Metro quadrado
R\$	Reais

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
<	Menor que
Ø	Diâmetro
≤	Menor ou Igual a
°	Graus
ρ	Rô (letra grega)
δ	Delta (letra grega)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 SOLO	15
2.1 Definição	15
2.2 Tipos de Horizontes do Solo	15
2.2.1 Horizonte O.....	15
2.2.2 Horizonte A.....	15
2.2.3 Horizonte B.....	15
2.2.4 Horizonte C.....	15
2.2.5 Rocha Mãe	15
2.3 Tipos de Solo.....	16
2.3.1 Solo Arenoso.....	16
2.3.2 Solo Argiloso	17
2.3.3 Solo Siltoso.....	18
2.3.4 Solo Calcário	19
2.4 Estrutura dos Solos	20
2.4.1 Estrutura Floculenta	20
2.4.2 Estrutura Alveolar	21
2.4.3 Estrutura em Esqueleto	21
3 ÍNDICES FÍSICOS	22
3.1 Umidade	22
3.2 Índice de Vazios.....	23
3.3 Porosidade.....	23
3.4 Grau de Saturação	24
3.5 Grau de Aeração.....	24
3.6 Massa Específica dos Sólidos ou dos Grãos.....	25
3.7 Massa Específica Aparente.....	25
3.8 Massa Específica Aparente Seca	26

3.9 Densidade Relativa	26
3.10 Massa Específica da Água.....	27
4 CONTAMINAÇÃO DO SOLO.....	28
4.1 Contaminação Natural	28
4.1.1 Erosão	28
4.1.2 Desastres Naturais.....	29
4.2 Contaminação Antrópica	30
4.2.1 Agricultura.....	30
4.2.2 Mineração	30
4.2.3 Produtos e Resíduos Químicos e Radioativos	31
4.2.4 Lixo	31
5 RECUPERAÇÃO DO SOLO	34
5.1 Fitorremediação	34
5.1.1 Fitoextração	35
5.1.2 Fitoestabilização	35
5.1.3 Fitodegradação	35
5.1.4 Fitovolatilização	35
5.1.5 Fitoestimulação	35
5.2 Oxidação Química “in-situ”	36
5.3 Atenuação Natural	37
5.4 Extração de Vapores no Solo	38
5.5 Biorremediação	39
5.5.1 Biorremediação Aeróbica.....	40
5.5.2 Biorremediação Anaeróbica.....	40
5.5.3 Biorremediação Co-Metabólica	41
5.5.4 pH Ideal para Biorremediação	41
5.5.5 Temperatura Ideal para Biorremediação	41
6 REVITALIZAÇÃO DE UMA ÁREA CONTAMINADA.....	43

6.1 Gerenciamento Ambiental	44
6.2 Cenário em São Paulo	45
7 REVITALIZAÇÃO COM TECNOLOGIA TERMAL – SOROCABA – SP	46
7.2 O Sistema EHR	46
8 DESCONTAMINAÇÃO EM PRAÇA PÚBLICA – VICTOR CIVITA	48
9 DESCONTAMINAÇÃO EM CONJUNTO RESIDENCIAL – BARÃO DE MÁUA	49
10 DESCONTAMINAÇÃO – ÁREA RECANTO DOS PÁSSAROS	51
11 DESCONTAMINAÇÃO EM PARQUE – VILLA LOBOS	52
12 DESCONTAMINAÇÃO – REGIÃO DO CENTER NORTE	54
13 CONTAMINAÇÃO – USP LESTE	56
14 A QUESTÃO DOS POSTOS DE GASOLINA COMO CONTAMINADORES	58
CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um ramo muito abrangente. Contudo, sem uma superfície (solo) predeterminada nada se constrói, e por isso é tão importante que esta ofereça grande qualidade e seja altamente confiável, com informações técnicas adquiridas a partir de ensaios e testes de laboratório especializados na área, a fim evitar patologias no futuro.

Um dos elementos essenciais para qualquer tipo de obra é sem dúvida o terreno. Ele é a base, sendo um dos muitos fatores responsáveis por garantir a estabilidade da edificação. Assim, se torna necessário conhecer o comportamento do solo que será utilizado, bem como suas características, para obter qual será sua reação ao receber esforços e cargas.

No entanto, alguns solos não oferecem a resistência necessária para suportar tais esforços por estarem contaminados com resíduos ou substâncias poluentes que geralmente são depositadas de forma ilegal, podendo também ser descartadas no solo de maneira involuntária e sem percepção imediata, como por exemplo, por vazamentos em tubulações com compostos degradantes.

O objetivo é apresentar e propor métodos para corrigir essas contaminações nos solos, de modo que as áreas que sofreram esse processo possam se fortalecer novamente, devolvendo a utilidade desses terrenos para a construção civil. Desse modo, torna-se possível também um certo desenvolvimento ecológico, buscando-se o “reuso” de um recurso natural.

2 SOLO

2.1 Definição

O solo é originado a partir do intemperismo, ou seja, a partir de processos físicos, químicos ou biológicos que causam mutações nas rochas e também sua decomposição, composto por uma parte mineral – constituída por argila, limo, areia e às vezes pedras e pedriscos – e outra orgânica, originada a partir de organismos mortos ou vivos e seus restos. Além de ser a camada superficial da Terra, é um elemento totalmente natural, isto é, pode ser diversas vezes utilizado e modificado pelo ser humano sendo assim um recurso reutilizável, quando não contaminado.

2.2 Tipos de Horizontes do Solo

O solo é dividido em horizontes, nome dado às camadas dispostas paralelamente a superfície do terreno, chamados respectivamente O, A, B, C e rocha mãe, que apresentam características que se diferem entre si, sendo as principais: coloração, textura, estrutura, consistência e porosidade.

2.2.1 Horizonte O

É formado a partir da decomposição da matéria orgânica que pode ser de origem animal e vegetal.

2.2.2 Horizonte A

É formado por compostos minerais provenientes da rocha mãe e também por grandes partes de material orgânico, que incluem bactérias, fungos e raízes de plantas, sendo também esta a camada que está sujeita a sofrer erosões.

2.2.3 Horizonte B

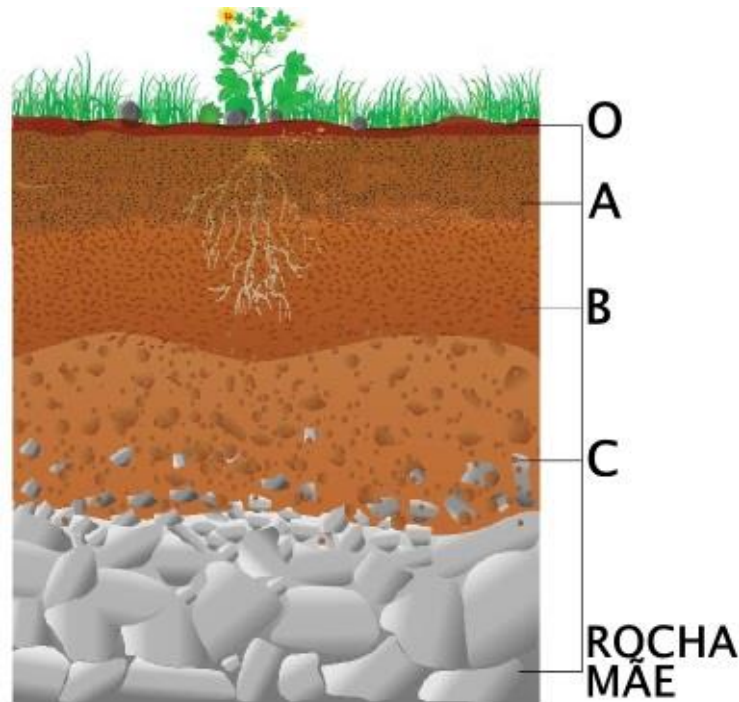
É popularmente conhecido como subsolo, onde concentra a maior parte de argila e grande parte de oxi-hidróxidos, como ferro e alumínio.

2.2.4 Horizonte C

É formada por pedaços da rocha que representam o processo de decomposição e podem ser trazidos e oriundos do vento e da ação da água.

2.2.5 Rocha Mãe

É a camada que sustenta o solo, representando a rocha que não sofreu qualquer modificação, sendo geralmente sólida e de grande dureza.

Figura 1: Horizontes do Solo

Fonte: <http://s5.static.brasilecola.uol.com.br/img/2014/11/horizontes-dosolo.jpg>

2.3 Tipos de Solo

As características de um determinado solo dependem de alguns fatores essenciais, entre eles: local e tempo de formação, clima, quantidade de matéria orgânica e a vegetação que o recobre. Por exemplo, em regiões com clima úmido, a grande quantidade de chuva pode levar o sal presente no solo para áreas mais profundas, então, a vegetação será mais alta. Já em regiões com clima seco ou árido, a evaporação da água presente no solo faz os sais subirem a superfície, originando uma vegetação menos rica. Além disso, cada tipo de solo possui sua própria formação química, bem como sua densidade, cor e resistência.

2.3.1 Solo Arenoso

Solos arenosos são aqueles que possuem um valor igual ou maior ao de 70% de areia e 15% de argila, de textura leve e granulosa, muito permeáveis e com grandes poros (espaços entre os grãos de areia). Geralmente é um solo pobre em nutrientes, pois a água que passa pelos poros leva os sais minerais para as camadas mais profundas da terra, e também é muito susceptível a erosão, por conta da falta de coesão entre as partículas dos grãos. Apesar de absorver grandes quantidades de água, os solos arenosos possuem pouco dela em sua composição,

pois a água passa facilmente pelos grãos de areia, mas seca muito rapidamente quando não é repostada.

Construções em solos desse tipo estão mais sujeitas a sofrerem rachaduras e trincas, devido à grande porosidade e permeabilidade, por isso, na maioria dos casos, as fundações em solos desse tipo necessitam de cuidados especiais e são feitas amarras profundas e difíceis de serem executadas entre os pilares do alicerce da estrutura, a fim de prevenir eventuais erosões na área. As estradas “naturais” que se formam em terrenos arenosos não atolam em épocas de chuva e não levantam poeira quando estão secas, pois os grãos não ficam aglutinados.

Figura 2: Solo Arenoso



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/solo-arenoso/>

2.3.2 Solo Argiloso

Solos argilosos são aqueles que contêm mais de 30% de argila, além de porções menores de alumínio e ferro, de textura pesada e totalmente o oposto dos solos arenosos. A argila tem grande plasticidade e possui granulometria menor que a da areia e, além disso, grande capacidade de aglutinação (pouco espaço de vazios entre os grãos), retendo água e sais minerais, sendo um solo impermeável, mais resistente à erosão e com grande concentração de nutrientes. No entanto, após grandes chuvas, os solos argilosos apresentam poças d'água e ficam

encharcados. Já em épocas de seca, ficam compactos e sua porosidade diminui ainda mais, transformando-se num solo totalmente duro e com pouco ar. Para construir nesse tipo de solo, antes são necessárias várias etapas de drenagem.

Figura 3: Solo Argiloso



Fonte: <https://casa.umcomo.com.br/artigo/quais-as-caracteristicas-do-solo-argiloso>

2.3.3 Solo Siltoso

Solos siltosos são aqueles que possuem partículas menores que as dos solos arenosos e maiores que as dos argilosos. Eles são compostos por silte, conhecido também como areia de pedra, proveniente da fragmentação mecânica das rochas, que pode ser por conta de erosões ou até mesmo por abrasão, podendo ser facilmente carregados à longas distâncias pelo vento ou por correntes de água. Geralmente, esse tipo de solo apresenta pouca ou nenhuma plasticidade quando molhado (principal fator de análise para diferenciação da argila) e baixa resistência quando está totalmente seco.

Construções nessas condições de solo não possuem uma boa estabilidade a longo prazo e são muito erodíveis, pois suas partículas são muito pequenas e extremamente leves, por isso não se aglutinam, sendo assim necessárias muitas

manutenções na estrutura. Estradas "naturais" que se formam em solos siltosos são barrentas em épocas de chuva e levantam muito pó nas épocas de seca.

Figura 4: Solo Siltoso



Fonte: <http://www.portalguaratiba.com.br/2011/noticias/solosilte>

2.3.4 Solo Calcário

Solos calcário são aqueles que contêm mais de 30% de cálcio e magnésio, típico de regiões desérticas pois são secos, e apresentam em sua composição, muitas vezes, grandes pedaços de rocha. Esse tipo de solo desempenha duas funções muito importantes e específicas: a calagem e o uso na construção civil.

2.3.4.1 Calagem

Processo de calagem se resume à incorporação do solo calcário em solos de outro tipo, a fim de corrigir deficiências de nutrientes, como falta de óxido de cálcio ou de magnésio, ou ainda, de corrigir a acidez presente nele, resultando num solo muito mais “saudável”.

2.3.4.2 Uso na Construção Civil

O calcário é muito usado na fabricação de cimento e, sobretudo, de cal. Hoje em dia, estes estão entre os materiais mais utilizados em processos construtivos.

Figura 5: Solo Calcário



Fonte: <http://www.fida.com.br/index.php/2015/05/>

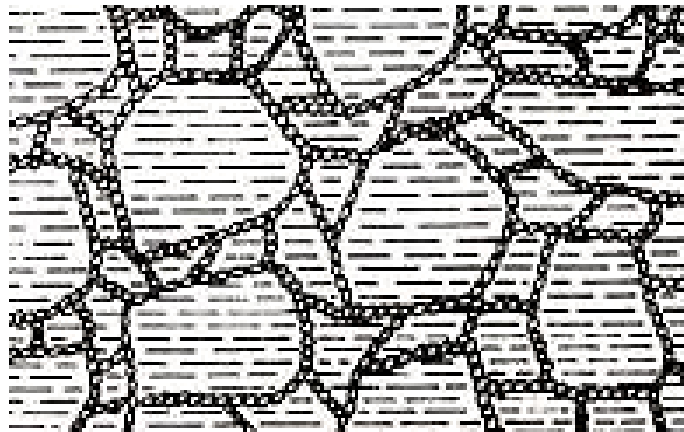
2.4 Estrutura dos Solos

Entende-se por estrutura dos solos o formato e a acomodação de seus fragmentos. Em geral, os tipos predominantes são: floculenta, alveolar, e em esqueleto.

2.4.1 Estrutura Floculenta

As estruturas floculentas só são possíveis em solos com partículas minúsculas, pois depois da sedimentação (processo de desgaste da rocha), essas partículas se posicionam em forma de arcos, formando, mais tarde, uma estrutura de ordem dupla, entrelaçada.

Figura 6: Estrutura Floculenta



Fonte: <http://www.ebah.com.br/apostila-mecanica-dos-solos-i-usp?part=4>

2.4.2 Estrutura Alveolar

As estruturas alveolares, também chamadas de estruturas favo de abelha, ocorrem quando durante a sedimentação da rocha, um fragmento cai sobre um sedimento já constituído, ficando na mesma posição do contato inicial com esse depósito. Estruturas desse tipo são mais comuns em solos siltosos e em alguns casos, arenosos, porém só quando essa areia possui granulometria muito pequena, ou seja, a da areia fina ($0,06 < \varnothing \leq 0,2$).

Figura 7: Estrutura Alveolar

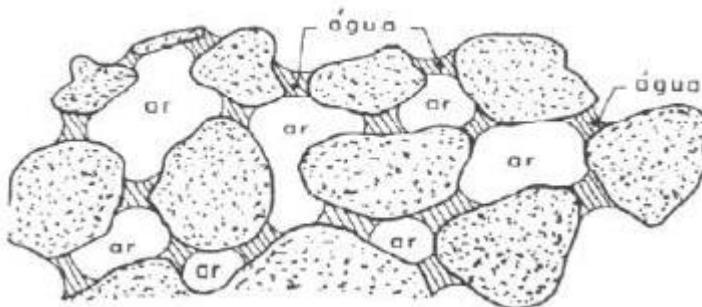


Fonte: <https://pt.slideshare.net/GuilhermeRibeiro11/rochas-e-solos>

2.4.3 Estrutura em Esqueleto

As estruturas em esqueleto são aquelas que possuem em sua composição grãos finos e grossos, dispostos de maneira a formar um “esqueleto”. Estruturas desse tipo são muito comuns em solos argilosos, principalmente aqueles que estão sujeitos a estar encharcados o tempo todo.

Figura 8: Estrutura em Esqueleto



Fonte: <http://www.ebah.com.br/apostila-tecnico-edificacoes-mecanica-dos-solos>

3 ÍNDICES FÍSICOS

Num solo, só parte do volume total é ocupada pelas partículas sólidas que se acomodam formando a estrutura. O restante geralmente é chamado de volume de vazios, embora possa ser preenchido por água ou ar. O solo é constituído por três fases principais: as partículas sólidas, a água e o ar, sendo que o comportamento do mesmo depende da quantidade relativa de cada uma dessas três fases.

Em princípio, as quantidades de água e ar podem variar. A evaporação pode fazer com que a quantidade de água existente seja substituída por ar, e a compressão do solo pode provocar a saída do ar, reduzindo o volume de vazios. As diversas propriedades do solo dependem do estado em que ele se encontra, por exemplo, quando o volume de vazios diminui a resistência aumenta.

Para identificar o estado do solo, usam-se índices que correlacionam os pesos e os volumes nas três fases.

3.1 Umidade

É a relação entre a massa da água e a massa dos sólidos, em percentual, representado pela letra “h”. Para determiná-lo, pesa-se o solo no seu estado natural, seca-se em estufa a 105°C e pesa-se novamente. Tendo os dois pesos nas duas fases distintas, a umidade pode ser calculada, sendo que está é a operação mais frequente nos laboratórios de ensaio. Os teores de umidade dependem do tipo de solo e situam-se geralmente entre 10% e 40%, podendo ocorrer também valores muito baixos (solos extremamente secos) ou muito altos (solos extremamente úmidos, com índice >150%). A fórmula é dada por:

$$h = \frac{M_a}{M_s} \times 100 \text{ onde:}$$

h (%) = Umidade em percentual

M_a = Massa de água

M_s = Massa de sólidos

A umidade do solo influencia diretamente o volume de água nele armazenado bem como a sua resistência, sua compactação e outros fatores. Em geral os solos brasileiros apresentam umidade natural a baixo de 50% e com matéria orgânica, este índice pode chegar em até 400%.

3.2 Índice de Vazios

É a relação entre o volume de vazios e o volume das partículas sólidas, representado pela letra “e”. Embora possa variar, teoricamente, de 0 a 4, o menor valor encontrado em campo é o de 0,25 (para um solo compacto com areia muito fina) e o maior de 15 (para um solo com argila altamente compressível). A fórmula é dada por:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100 \text{ onde:}$$

e = Índice de vazios

V_v = Volume de vazios

V_s = Volume das partículas sólidas

Os poros dos solos, também chamados de volume de vazios, podem estar preenchidos com água (solos saturados), com ar (solos totalmente secos) ou com ambos, que é a forma mais comum que encontramos na natureza.

3.3 Porosidade

É a relação entre o volume de vazios e o volume total, em percentual, representado pela letra “n”. Em geral indica a mesma coisa que o índice de vazios, com valores entre 30% e 70%. A fórmula é dada por:

$$n = \frac{V_v}{V_t} \times 100 \text{ onde:}$$

n = Porosidade

V_v = Volume de vazios

V_t = Volume total

Tabela 1: Classificação da Porosidade e do Índice de Vazio nos Solos

Porosidade (%)	Índice de Vazios	Denominação
>50	>1	Muito Alta
45 – 50	0,80 – 1,00	Alta
35 – 45	0,55 – 0,80	Média
30 – 35	0,43 – 0,55	Baixa
<30	<0,43	Muito Baixa

Fonte: CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Volume 1. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 256 p.

3.4 Grau de Saturação

É a relação entre o volume de água e o volume de vazios, representado pela letra “S”. Varia de 0% (solo totalmente seco) a 100% (solo totalmente saturado). A fórmula é dada por:

$$S = \frac{V_a}{V_v} \times 100 \text{ onde:}$$

S = Grau de saturação

V_a = Volume de água

V_v = Volume de vazios

Tabela 2: Classificação do Solo Quanto ao Grau de Saturação

Grau de Saturação (%)	Denominação
0 – 25	Naturalmente Seco
25 – 50	Úmido
50 – 80	Muito Úmido
80 – 95	Saturado
95 – 100	Altamente Saturado

Fonte: CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Volume 1. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 256 p.

3.5 Grau de Aeração

É a relação entre o volume de ar e o volume de vazios, representado pela letra “A”. Varia de 0% (solo totalmente saturado) a 100% (solo totalmente seco). A fórmula é dada por:

$$A = \frac{V_{ar}}{V_v} \times 100 \text{ onde:}$$

A = Grau de aeração

V_{ar} = Volume de ar

V_v = Volume de vazios

Há ainda outra forma, quando se conhece o Grau de Saturação, onde tem-se:

$$A = 100 - S$$

3.6 Massa Específica dos Sólidos ou dos Grãos

É a relação entre a massa das partículas sólidas e o seu volume, sendo uma característica dos sólidos, representada por “ps”. A fórmula é dada por:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \text{ onde:}$$

ρ_s = Massa específica dos sólidos

M_s = Massa dos sólidos

V_s = Volume dos sólidos

Tabela 3: Valores de Massa Específica Real de Alguns Tipos de Minerais

Mineral	(g/cm³) por grão
Biotita	2,80 – 3,20
Calcita	2,72
Caulinita	2,61 – 2,66
Clorita	2,60 – 2,90
Dolomita	2,85
Feldspato (K)	2,54 – 2,57
Feldspato (NaCa)	2,62 – 2,76
Hematita	4,90 – 5,30
Ilita	2,60 – 2,86
Montmorilonita	2,74 – 2,78
Muscovita	2,70 – 3,10
Quartzo	2,65 – 2,67

Fonte: CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Volume 1. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 256 p.

3.7 Massa Específica Aparente

É a relação entre a massa total do solo e seu volume total. A fórmula é dada por:

$$\rho = \frac{M_t}{V_t} \text{ onde:}$$

ρ = Massa específica aparente

M_t = Massa total

V_t = Volume total

3. 8 Massa Específica Aparente Seca

É a relação entre a massa dos sólidos e o volume total, representado por “pseca”. Corresponde à massa específica que o solo teria se viesse a ficar seco, se isso pudesse acontecer sem que houvesse uma variação de volume. Não é determinado diretamente em laboratórios de ensaio, mas é calculado a partir da massa específica aparente e da umidade do solo. Geralmente é entre 1,3 a 1,9g/cm³ e entre 0,4 a 0,5g/cm³ no caso das argilas moles. A fórmula é dada por:

$$\rho_{seca} = \frac{M_s}{V_t} \text{ onde:}$$

ρ_{seca} = Massa específica aparente seca

M_t = Massa dos sólidos

V_t = Volume total

3.9 Densidade Relativa

É a relação entre a massa específica dos grãos e a massa específica da água a 4°C, representado por “ δ ”. Como ela é igual a 1kg/l, resulta que a densidade relativa tem o mesmo valor que a massa específica dos grãos, que pode ser expressa em g/cm³, kg/dm³ ou t/m³, mas é adimensional. A fórmula é dada por:

$$\delta = \frac{\rho_s}{\rho_a} \text{ onde:}$$

δ = Densidade relativa dos grãos

ρ_s = Peso específico do solo

ρ_a = Peso específico da água

Tabela 4: Tipo de Solo Conforme Valor de δ

Tipo de Solo	δ
Inorgânico	2,6 < 2,9
Orgânico	< 2,5

Fonte: CAPUTO, Homero Pinto; CAPUTO, Armando Negreiros. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Volume 1. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 256 p.

3.10 Massa Específica da Água

É a relação entre a massa da água e seu volume, representado por “ ρ_a ”, sendo esta é igual a 1g/cm^3 , 1kg/dm^3 ou 1t/m^3 . A fórmula é dada por:

$$\rho_a = \frac{M_a}{V_a} \text{ onde:}$$

ρ_a = Massa específica da água

M_a = Massa da água

V_a = Volume da água

4 CONTAMINAÇÃO DO SOLO

A contaminação do solo pode ser produto de duas situações distintas: a natural, quando não tem relação com atividades humanas, e artificial, com a ação antrópica, ou seja, mediante intervenção do homem, seja no meio urbano ou rural. No geral, é dada quando uma ou mais substâncias químicas ou poluentes atingem a camada superficial da crosta terrestre. Os principais causadores da contaminação são hidrocarbonetos de petróleo, metais pesados, pesticidas e solventes.

No meio urbano o principal problema é a grande quantidade de lixo gerado pela população, juntamente com a falta de logística e de tratamento. Esse lixo inclui resíduos domésticos, hospitalares, industriais e afins que, de forma ilegal, são despejados em terrenos sem nenhum controle sanitário e ambiental. Já nas áreas rurais, o que merece destaque é o uso excessivo e impróprio de agrotóxicos, fertilizantes e inseticidas que possuem um alto poder de reter o solo, tornando-o assim, fraco.

4.1 Contaminação Natural

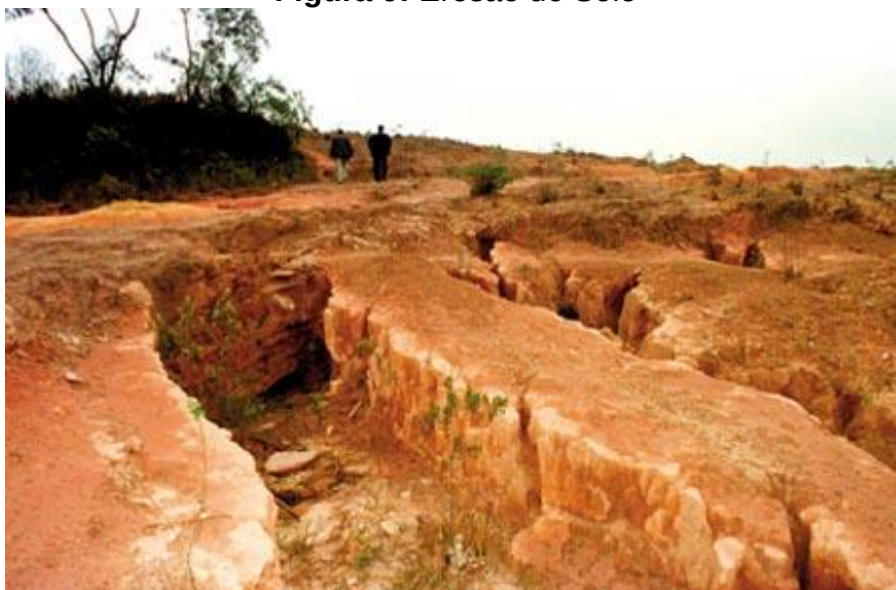
Entre as principais fontes de contaminação dos solos por ação da própria natureza, destacam-se dois:

4.1.1 Erosão

As ações do intemperismo alteram e desintegram as rochas. A erosão é caracterizada pelo desgaste do solo por meios mecânicos e/ou químicos, além da interferência de outros agentes geológicos, dissolvendo as partículas e carregando-as para rios, lagos e até oceanos.

Em locais com clima úmido e com vegetação natural a erosão é geralmente lenta, o que permite que os solos se reestruturem antes de serem desgastados completamente. Em áreas desmatadas, por exemplo, a erosão é muito mais rápida, pois o solo deixa de receber a proteção natural das copas das árvores contra os raios solares, as chuvas e o vento.

Além disso, quando as partículas provenientes da erosão do solo são transportadas até o fundo de rios, elas podem bloquear seu fluxo de água, dando origem assim ao fenômeno chamado de assoreamento – acúmulo de sedimentos no ponto de desaguamento de um rio – podendo ocasionar enchentes e alagamento de ruas e áreas vizinhas.

Figura 9: Erosão do Solo

Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com/natureza/como-ocorre-a-erosao-do-solo>

4.1.2 Desastres Naturais

Desastres naturais podem ser causados pelos mais variados fenômenos entre eles inundações, desmoronamentos, terremotos, furacões e afins. Em geral acontecem pela própria ação da natureza, mas também podem ser oriundas de ações humanas, como, por exemplo a construção de moradias em áreas sujeitas a deslizamento de terra.

O conceito de desastre natural inclui também perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, onde os impactos gerados sejam irremediáveis mediante os recursos da população. Eles são classificados conforme seu grau de intensidade, conforme mostra a tabela abaixo:

Tabela 5: Classificação dos Desastres Naturais em Relação à Intensidade

Nível	Intensidade	Situação
I	Pequeno porte, com prejuízo menor que 5% do PIB municipal	Superável com os recursos do município
II	Médio porte, com prejuízos da ordem de 5% até 10% do PIB municipal	Superável pelo município desde que haja mobilização
III	Grande porte, com prejuízos da ordem de 10% até 30% do PIB municipal	Superável com recursos locais, estaduais e federais.
IV	Maior grau de intensidade, com prejuízo maior que 30% do PIB municipal	Não é superável sem ajuda externa e eventualmente pode precisar de ajuda internacional

Fonte: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>

4.2 Contaminação Antrópica

Entre as principais fontes de contaminação dos solos por ação do ser humano, destacam-se:

4.2.1 Agricultura

O uso de fertilizantes, agrotóxicos, inseticidas e pesticidas empregados em áreas rurais de plantio e colheita são, em sua grande maioria, prejudiciais. Eles trazem consigo uma carga gigantesca de nutrientes que sobrecarregam os solos, desequilibrando sua composição natural e prejudicando os ecossistemas. Além disso, também são encontrados em fertilizantes alguns metais pesados, como o chumbo e o cádmio, que aumentam a toxidade do solo. Esses poluentes podem ser carregados pela água da chuva ou se infiltrarem no solo, podendo contaminar lençóis freáticos e mananciais, ocasionando um problema ainda maior: a poluição dos cursos d'água.

Figura 10: Solo Pobre e Contaminado por Agrotóxicos



Fonte: <http://paporeciclado.com/ricardoinez.blogspot.com.br/degradacao-dos-solos>

4.2.2 Mineração

Embora as atividades extrativas sejam economicamente importantes, elas trazem grandes impactos ambientais, que vão desde problemas locais específicos até alterações biológicas, geomorfológicas, hídricas e atmosféricas. Entre as principais consequências da mineração temos: poluição das águas por conta dos produtos químicos utilizados na extração, contaminação do solo por elementos tóxicos e proliferação de processos erosivos. Vale destacar que a contaminação por mercúrio também é um dos maiores problemas que a mineração causa, pois depois de utilizado nos processos de extração, é depositado ilegalmente no solo.

4.2.3 Produtos e Resíduos Químicos e Radioativos

Nesta lista entram todos os compostos químicos poluentes, combustíveis, baterias, pilhas, celulares e metais pesados no geral. Sendo depositados em locais impróprios, com o tempo essas substâncias penetram no solo tornando as áreas impróprias para uso e vivência. A contaminação é remediável, porém requer a utilização de muitos recursos, sendo um processo muito caro, além de demorado. Além disso, vale destacar que a contaminação radioativa pode invalidar solos por séculos e ainda, se alguma pessoa tiver contato com ele solo, pode vir a óbito ou desenvolver vários tipos de câncer.

Figura 11: Solo Contaminado por Produtos Químicos



Fonte: <http://professoralucianekawa.blogspot.com.br/contaminacao>

4.2.4 Lixo

Os resíduos sólidos, tanto nos meios urbanos, industriais e rurais, são compostos por uma imensa variedade de produtos químicos – e ainda – há o risco de contaminação por resíduos hospitalares, quando são depositados de forma incorreta nos “lixões a céu aberto”. Os terrenos que já serviram de base para aterros sanitários e também para lixões, em geral, desenvolvem diversos problemas. Isso porque, além da contaminação por alguns tipos de poluentes, pode desencadear riscos de explosão, pois o lixo orgânico, quando entra em decomposição, gera gases inflamáveis que ficam retidos no solo, como o chorume, um composto altamente contaminante e prejudicial, tanto para a terra, como para a população.

O chorume ou líquido percolado tem uma coloração escura, uma textura viscosa, um odor extremamente forte e ainda é solúvel. Ele surge a partir da umidade natural do lixo nos aterros sanitários e “lixões a céu aberto” ou da água oriunda de matéria orgânica. Em sua composição, tem-se geralmente substâncias orgânicas como o carbono e o nitrogênio, e inorgânicas, como cromo, mercúrio e chumbo. Além disso, apresenta ainda sólidos suspensos e metais pesados, se tornando tóxico.

A questão é que os principais problemas de poluição do solo por conta do lixo são por conta do despejo incorreto, sem nenhum tipo de separação, cuidado ou tratamento, que além de deixar os solos inutilizáveis, acaba contaminando os lençóis freáticos, podendo também causar deslizamentos de encostas, enchentes, assoreamento de mananciais e contaminação do ar. Abaixo, segue uma imagem que mostra como deveriam ser os aterros sanitários, a fim de evitar a contaminação:

Figura 12: Um Aterro Sanitário Correto

1. Solo impermeabilizado
2. Lixo compactado
3. Camada de terra cobrindo o lixo compactado
4. Canaletas para o escoamento de chorume
5. Lagoa de chorume
6. Chaminés com filtros para liberação de gases
7. Possível uso da área após desativação do aterro

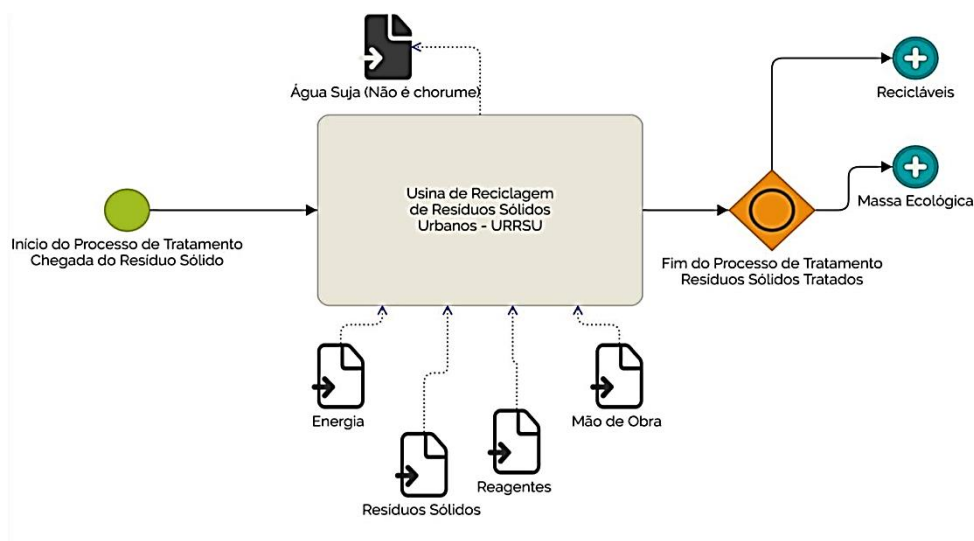


Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAP3cAC/poluicao-dos-solos>

Nos aterros sanitários, o lixo coberto com terra é amassado e colocado em grandes buracos na terra, sendo que esse processo é repetido várias vezes, formando várias camadas superpostas. Eles devem ter sistemas de drenagem para retirar o excesso dos líquidos e de sistemas de tratamento de resíduos sólidos e gasosos. Além disso, deve ser construído longe de locais habitados, em regiões onde não haja lençóis subterrâneos de água nas proximidades e em solos pouco permeáveis.

Há outros destinos para o lixo, como a incineração e a compostagem. Na incineração, como o próprio nome sugere, os resíduos são queimados por usinas e aparelhos especiais. Apesar de reduzir consideravelmente o volume de lixo e destruir organismos que causam doenças, é um processo caro, pois precisa da instalação de equipamentos que filtrem a fumaça resultante do processo, que também é poluente. Já na compostagem, os resíduos são transformados em adubo, sob ação de decompositores e fungos presentes no próprio lixo orgânico. Abaixo seguem exemplos de ambos os processos.

Figura 13: Esquema de Incineração do Lixo



Fonte: <http://mbgrupo.com.br/index.php/necy/usina-triagem/>

Figura 14: Compostagem: processo



Fonte: <http://flores.culturamix.com/dicas/compostagem-como-fazer>

5 RECUPERAÇÃO DO SOLO

Solos degradados são, no geral, os que após a contaminação não voltam a sua resistência inicial sem a intervenção de um tratamento específico. O problema pode ser resolvido com a retirada da fonte de poluição e com o bloqueamento das vias de transferência, que seria o isolamento da área, além de outros meios.

Os métodos de recuperação variam de acordo com a causa e gravidade do contaminante e, em geral, antes de iniciar os processos, são necessárias duas etapas principais:

- A primeira é justamente conhecer o problema e suas causas, bem como o tempo de contaminação e o uso daquele solo;
- A segunda compreende a avaliação do potencial de regeneração, ou seja, baseado na causa, escolhe-se o meio mais eficiente e benéfico, levando também em consideração a questão financeira para definir o método mais adequado.

5.1 Fitorremediação

É um processo que engloba a seleção e utilização de espécies vegetais para a recuperação de solos e sistemas aquíferos contaminados com substâncias orgânicas ou inorgânicas, como metais pesados, hidrocarbonetos, agrotóxicos e vários outros compostos poluentes. Já que a biomassa vegetal apresenta 99% da massa viva da Terra, é natural que as plantas estejam envolvidas em diversos processos que têm relação com o destino dos resíduos.

As plantas devem ter crescimento natural em áreas poluídas, além de ter raízes profundas e densas que sejam capazes de reter toda a substância contaminante. A tolerância dessas plantas tem sido relacionada com a capacidade de sintetizar vários peptídeos presentes nos compostos tóxicos. Como exemplos de utilização principal têm-se as plantações de feijão, milho girassol e cenoura, que rendem resultados satisfatórios em relação a solos com fenóis, enxofre, benzeno e poluentes orgânicos.

Os contaminantes são retirados do solo através de processos bióticos ou abióticos, onde as raízes liberam substâncias que estimulam a atividade microbiana na rizosfera, ou seja, região onde as plantas e o solo mantêm contato, promovendo carbono adicional e mais oxigênio ao solo através de seus canais.

5.1.1 Fitoextração

É caracterizado pela absorção de metais pesados ou contaminantes nas folhas, caules e raízes das plantas.

5.1.2 Fitoestabilização

É a incorporação dos contaminantes nas plantas, através da lignina da parede vegetal ou ao húmus do solo.

5.1.3 Fitodegradação

É a degradação dos contaminantes por meio da ação enzimática.

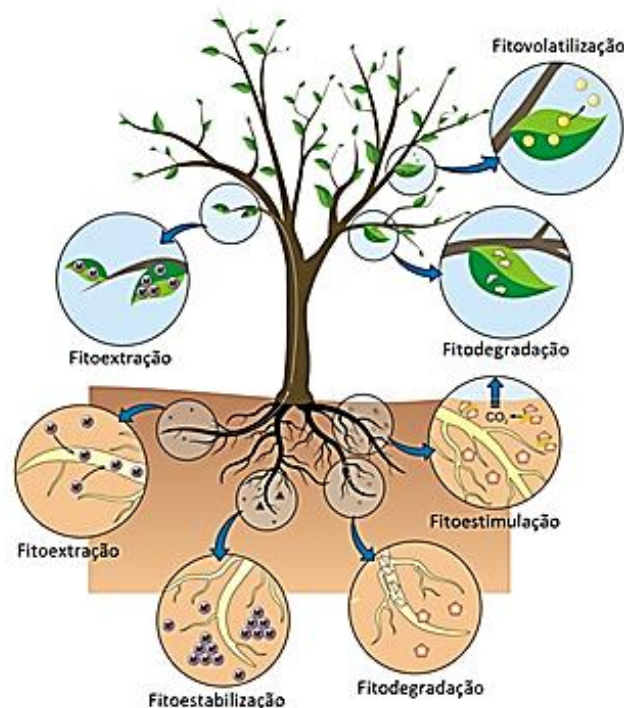
5.1.4 Fitovolatilização

É a volatilização (processo pelo ar ou por evaporação) dos contaminantes através das folhas, transformando-os em menos tóxicos.

5.1.5 Fitoestimulação

É a estimulação dos microrganismos degradadores de contaminantes orgânicos. Nesse caso, as raízes em crescimento proliferam na rizosfera fontes de carbono e energia.

Figura 15: Etapas da Fitorremediação



Fonte: <https://ciimarnaescola.wordpress.com/2015/03/18/fitorremediacao>

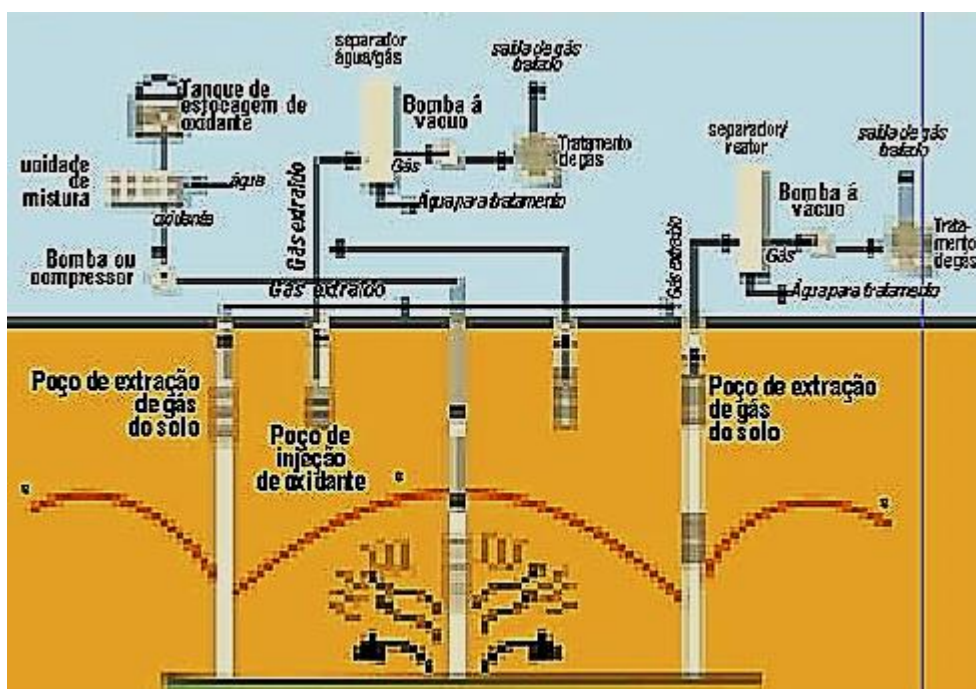
5.2 Oxidação Química “in-situ”

Esse processo consiste na injeção de produtos químicos reativos diretamente no solo a ser recuperado, com o intuito de destruir os contaminantes por meio de reações químicas. É também conhecido como ISCO (In-situ Chemical Oxidation), sendo mais frequentemente utilizado em locais com concentrações mais elevadas de poluentes geralmente presentes na “pluma”.

A pluma é definida como o exato local onde estão os contaminantes, levando em consideração a extensão e a expansão cujos dados só são obtidos após a caracterização do solo, entre as principais, a permeabilidade e o tipo de poluente. Em áreas onde a contaminação é mais extensa e ocorre por mais tempo, a oxidação química “in-situ” pode ser usada como uma pré etapa do tratamento, promovendo melhores condições para o emprego de outras técnicas.

Os Processos Oxidativos Avançados (POA) envolvem a geração e utilização de compostos altamente oxidantes, como a hidroxila (OH), que são capazes de destruir, em curto período de tempo, contaminantes considerados de difícil degradação, como os hidrocarbonetos de petróleo. Além da hidroxila, existem outros radicais que podem ser utilizados durante a remediação.

Figura 16: Sistema de Oxidação Química “in-situ”



Fonte: <https://www.quimica.com.br/remediacao-de-solos-tecnicas-alternativas-melhoram-desempenho/2/>

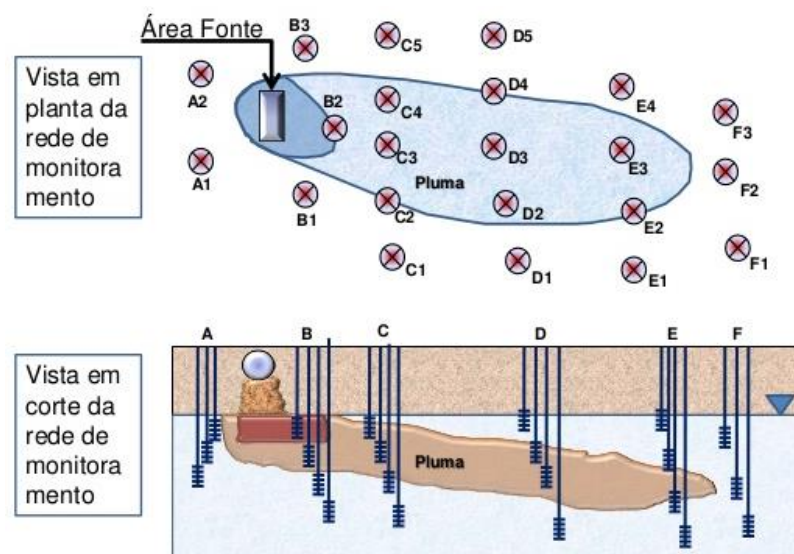
5.3 Atenuação Natural

É a remediação biológica passiva do solo que envolve vários processos naturais como a biodegradação – único que, com a ajuda de microrganismos, necessariamente, destrói fisicamente os contaminantes – a volatilização e a diluição. A principal vantagem da atenuação natural é que mesmo sem o acréscimo de nutrientes no solo, a redução pode acontecer de maneira eficiente e contínua. A atenuação significa perda ou redução de intensidade.

Neste caso, os microrganismos passam a utilizar em seus metabolismos compostos poluentes, provocando, então, a redução dos mesmos no solo ao longo do tempo. Esse processo é permitido e até recomendado, desde que sejam respeitados todos os resultados obtidos em estudos preliminares sobre a avaliação de risco da exposição, elaborada dentro de um cenário real, já que podem durar de meses a anos, fazendo com que o tempo e a porcentagem de remediação sejam muito imprevisíveis.

Na maioria dos casos, recomenda-se que esse tratamento seja monitorado rigorosa e periodicamente, sendo chamado então de ANM (Atenuação Natural Monitorada), muito utilizado nos Estados Unidos para a redução do impacto ambiental causado por contaminações de solos por compostos orgânicos. No entanto, antes de sua aplicação, se faz necessário um estudo criterioso que inclua a previsão da possível evolução das plumas.

Figura 17: Atenuação Natural Monitorada



Fonte: <https://pt.slideshare.net/amsmax/06-remedio-v-abema>

5.4 Extração de Vapores no Solo

Também chamada de SVE (Soil Vapor Extraction) é uma técnica que deve ser aplicada somente à zona não-saturada, ou seja, aquela que fica abaixo da superfície topográfica e acima do nível do lenço freático, onde os espaços entre as partículas estão parcialmente preenchidos por gases.

De modo geral, baseia-se na aplicação de vácuo em pontos estratégicos do solo, onde os gases extraídos devem, obrigatoriamente, passar por etapas de tratamento de vapores antes de serem lançados na atmosfera.

Há duas condições-chave para a implantação da SVE:

A primeira é que o solo deve conter uma fase gasosa, através da qual o ar contaminado irá passar. Em alguns casos, para melhorar a eficiência, a água subterrânea é bombeada para abaixar o nível e, conseqüentemente, aumentar a área da zona não-saturada.

A segunda é que os contaminantes devem ser capazes de se transferirem de outras fases, sejam elas sólidas ou líquidas para a gasosa, sob a aplicação do vácuo. Logo, este processo se limita ao tratamento de compostos voláteis ou semivoláteis, que constituem a maior parte dos compostos orgânicos.

Há também duas técnicas utilizadas pela SVE:

Na “vertical”, assim denominada, os gases são extraídos a partir de pontos específicos perfurados sobre a pluma de contaminação. Normalmente, é eficiente em profundidades maiores que 1m abaixo da superfície do solo.

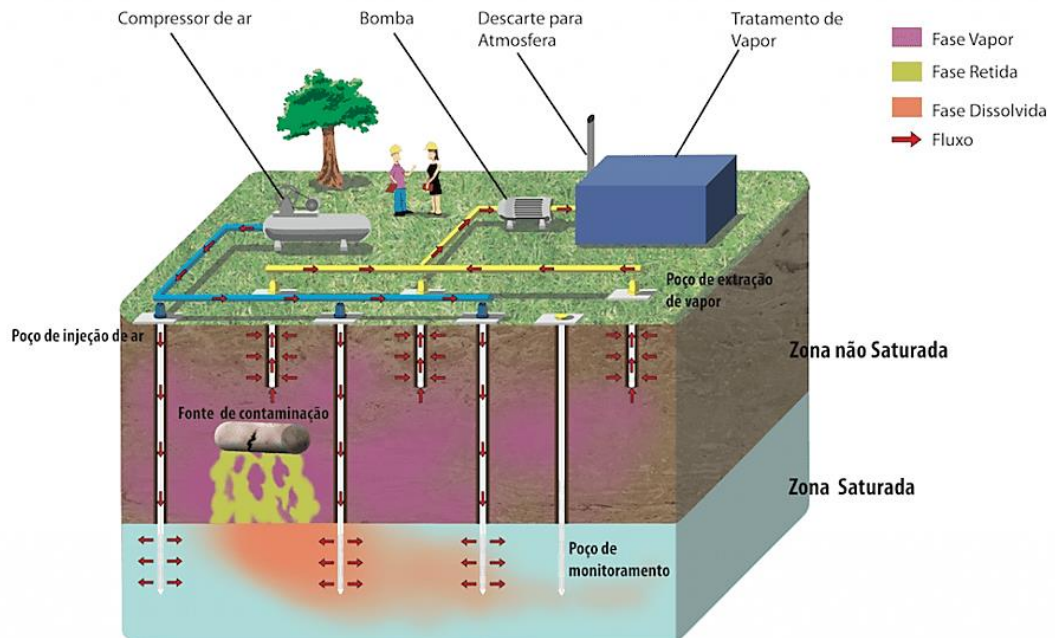
Na “horizontal”, assim denominada, na maioria das vezes, variando conforme a geometria da pluma, é instalada junto com a “vertical”, cuja finalidade é melhorar a eficiência da extração e evitar que os gases contaminantes sejam lançados na atmosfera antes de tratamento adequado.

Os poços de extração de vapor devem estar dispostos de forma que as suas zonas de influência se interceptem e devem ser adequadamente projetados e instalados, a fim de evitar zonas de estagnação, que seriam as áreas impactadas onde o ar não é removido pelos poços de extração.

A SVE é um processo físico que não funciona bem em solos de baixa permeabilidade, como os siltosos e os argilosos, que têm baixa porosidade, ou em

camadas muito saturadas, como logo abaixo do nível do lençol freático. Neste caso, pode-se aplicar bombas especiais e ampliar as taxas de vácuo para o tratamento.

Figura 18: Sistema SVE



Fonte: <http://cmaambiental.com.br/tipos-de-remediacao-abrangidos-pela-cma/>

5.5 Biorremediação

“É a técnica que apresenta o custo de tratamento mais baixo quando comparado às demais. Destaca-se, porém, que o objetivo não é desprezar nenhuma outra técnica, mas sim apresentar algumas vantagens da biorremediação, sendo que esta, assim como qualquer outra para esta finalidade, traz também limitações.”

De início, as medidas corretas a serem adotadas em quaisquer projetos que envolvam a biorremediação dependem de vários fatores, dentre eles, pode-se citar os tipos e as quantidades dos microrganismos e as condições físicas e químicas do solo contaminado, como pH, umidade, temperatura, salinidade, teor de oxigênio e quantidade de nutrientes.

Ela envolve a utilização de microrganismos, seja de ocorrência natural ou cultivados, para degradar contaminantes em águas subterrâneas e em solos. Neste caso, geralmente, os microrganismos utilizados são bactérias, fungos e leveduras. As bactérias são as mais empregadas, logo, consideradas como o elemento principal em trabalhos que envolvem a biodegradação. São importantes em função

de seus efeitos bioquímicos e por destruírem ou transformarem os contaminantes potencialmente perigosos em compostos menos danosos ao ser humano e ao meio ambiente. Em geral, esses microrganismos metabolizam as substâncias orgânicas, das quais se obtêm nutrientes e energia, sendo que, para que isso ocorra, eles devem estar ativos para desempenharem a sua tarefa de biodegradação. Esses compostos orgânicos podem ser metabolizados por três processos principais, sendo então, aeróbico ou anaeróbico: fermentação, respiração e co-metabólica.

5.5.1 Biorremediação Aeróbica

Esse processo requer um meio oxidante. O oxigênio atua como receptor de elétrons e os contaminantes são utilizados pelos microrganismos como fontes de carbono (doador de elétrons), necessárias para manter as suas funções metabólicas, incluindo o crescimento e a reprodução. Quando o oxigênio é totalmente consumido, eles passam a utilizar outros receptores naturais de elétrons disponíveis no solo, sendo que esse consumo ocorre na seguinte ordem de preferência: nitrato (reação de desnitrificação), manganês, ferro, sulfato e dióxido de carbono, sendo este, convertido em ácidos orgânicos para gerar o metano.

5.5.2 Biorremediação Anaeróbica

Esse, por sua vez, requer um meio redutor. Ocorre pela ação de espécies doadoras de elétrons, responsáveis pela degradação, principalmente, dos poluentes halogênicos. Trata-se do fenômeno pelo qual os microrganismos, ao metabolizarem fontes alternativas de carbono (que não sejam os contaminantes de interesse), liberam compostos inorgânicos hidrogenados que reagem com as moléculas do contaminante e substituem um átomo ou removem simultaneamente dois átomos adjacentes originando uma ligação dupla entre os átomos de carbono. Embora esse princípio, também denominado de “descloração redutiva” seja aparentemente simples, a dificuldade da técnica está em criar um modelo ideal de fonte de carbono para um determinado microrganismo. Esta fonte de carbono deve conter compostos que sejam preferencialmente e facilmente metabolizados pelos microrganismos na presença dos contaminantes.

Apesar do tratamento anaeróbico ser menos comum que o aeróbico, existe atualmente uma tendência de se promover essa técnica utilizando como fontes de carbono, melaço de cana, ácido láctico, proteínas do leite e metanol. Considerando o

melaço de cana (caso incipiente brasileiro, subproduto da indústria sucroalcooleira), é importante ressaltar a necessidade de estudos mais avançados e detalhados, envolvendo, principalmente, a ocorrência de diferentes tipos de fermentações. Normalmente, têm-se observado que determinados processos de fermentações podem aumentar consideravelmente os riscos operacionais.

5.5.3 Biorremediação Co-Metabólica

Essa é aquela na qual a degradação ocorre pela ação de enzimas produzidas por microrganismos para outros fins. É uma técnica praticamente idêntica às anteriores, sendo que, do ponto de vista bioquímico, rege o princípio das reações de óxido-redução. No caso específico do co-metabolismo, caso não haja o substrato principal, ou seja, fontes preferenciais de carbono, a degradação mediada pelos microrganismos não ocorre para um dado componente, definido como "contaminante co-metabolizado". Por outro lado, neste caso específico, na presença de uma fonte de carbono, a metabolização do substrato primário poderá gerar enzimas capazes de atuar na degradação do contaminante de interesse.

5.5.4 pH Ideal para Biorremediação

A faixa ideal de pH para que os microrganismos tenham atividade máxima é entre 6,5 e 8,5, sendo também sugerido que o valor do pH do meio reacional deva ser mantido próximo da neutralidade, no qual há o predomínio de bactérias e de fungos no local contaminado. Por outro lado, quando há diminuição do valor do pH, por exemplo, em função dos subprodutos ácidos gerados durante o processo, sugere-se que se faça imediatamente a correção do pH do solo, caso contrário, a eficiência do processo poderá ser diminuída consideravelmente. Normalmente, essa correção é feita por meio de "calagem".

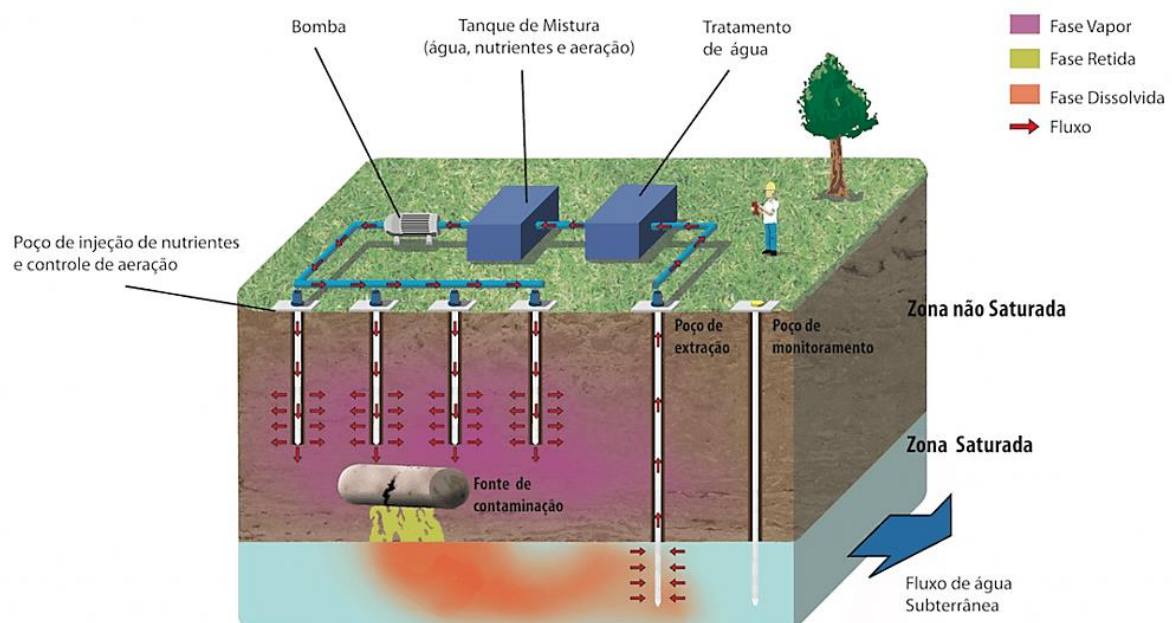
5.5.5 Temperatura Ideal para Biorremediação

A faixa de temperatura ideal para os microrganismos metabolizarem os contaminantes com eficiência máxima está entre 25 e 30°C, na qual se encontra a temperatura média da maior parte dos solos do Brasil contendo áreas degradadas por contaminação de hidrocarbonetos do petróleo. Estudos constataam que a atividade microbiana é bastante comprometida em temperaturas abaixo de 10°C e acima de 45°C. Esta é uma excelente característica para a utilização de

biorremediação em solos tipicamente brasileiros e, portanto, reforça a probabilidade da implantação dessa técnica em números maiores de locais contaminados.

Além disso, verifica-se que a temperatura do solo varia diariamente nas proximidades da superfície, em solos com baixa densidade de cobertura vegetal. Abaixo de 50 cm, a variação da temperatura dos solos é pouco significativa. Por outro lado, a presença de vegetação sobre a área contaminada também afeta muitos atributos físicos dos solos, incluindo estrutura, porosidade, condutividade hidráulica e taxa de infiltração. Esses atributos, em geral, influenciam positivamente a atividade microbiológica por regular o transporte necessário de água e de nutrientes através dos perfis do solo. Além do mais, a biorremediação de hidrocarbonetos de petróleo é feita por microrganismos que, em geral, dependem fortemente de umidade e de oxigênio, ambos em taxas adequadas.

Figura 19: Sistema de Biorremediação



Fonte: <http://cmaambiental.com.br/tipos-de-remediacao-abrangidos-pela-cma/>

6 REVITALIZAÇÃO DE UMA ÁREA CONTAMINADA

A recuperação de uma área contaminada envolve, a princípio, 9 passos básicos, que devem ser seguidos à risca. São eles:

- 1º - Quando há suspeitas de que a área é contaminada – questionamento que pode ser feito tanto pela construtora quanto pela prefeitura municipal – o órgão ambiental exige que seja feita uma avaliação e uma investigação;
- 2º - Para fazer essa investigação, a construtora contrata os serviços de uma empresa especializada, que deverá realizar os trabalhos seguindo os procedimentos estabelecidos pelo órgão ambiental;
- 3º - Quando é confirmada a contaminação, a investigação prossegue até a delimitação da área de contaminação e a avaliação de risco à saúde humana, que tem como objetivo tornar a área segura para uso;
- 4º - Depois de delimitada a contaminação, a empresa especializada apresenta ao órgão ambiental um plano de intervenção. Devem constar todas as medidas necessárias à ocupação segura da área, inclusive as medidas de engenharia e de restrição de uso;
- 5º - O órgão ambiental aprova os níveis mínimos aceitáveis (definido na avaliação de risco à saúde humana) e o plano de intervenção para a área em questão, após a avaliação do material apresentado;
- 6º - A empresa especializada dá início à implantação do plano de intervenção, que pode demandar a remediação de solo e/ou de águas subterrâneas. O tempo previsto pode ser de um mês até um ano;
- 7º - Após a aplicação do plano de intervenção (com os níveis mínimos aceitáveis aprovados tendo sido atingidos), a empresa especializada inicia um plano de monitoramento nos solos e águas subterrâneas e encaminha as informações ao órgão ambiental;
- 8º - O órgão emite um parecer que, se for positivo, é seguido de um termo de reabilitação para o uso pretendido. A empresa deve monitorar os resultados da intervenção. Esse processo é chamado de monitoramento para encerramento de caso e pode se estender por até dois anos;
- 9º - A liberação do alvará poderá ser feita, em alguns casos, no momento da aprovação do plano de reabilitação, desde que os trabalhos possam ser feitos em paralelo à construção.

6.1 Gerenciamento Ambiental

É bem curto e, de maneira geral, simples. O primeiro passo é a identificação das áreas com potencial de contaminação que é realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb). O segundo é a priorização dessas áreas, também realizado pela Cetesb. Os quatro próximos passos são de responsabilidade do contaminador legal, envolvendo também o contrato com a empresa, sendo respectivamente a avaliação preliminar, a investigação confirmatória, a investigação detalhada e por último a avaliação de risco.

Numa época em que não havia legislação ambiental específica, a liberação de terrenos contaminados com elementos tóxicos e poluentes, alguns até voláteis e cancerígenos, era feita de maneira fácil e até irresponsável, o que permitia se construir quase que de imediato no local. Ainda hoje, após décadas de práticas de desenvolvimento sem qualquer responsabilidade social ou preocupações com a sustentabilidade do meio ambiente, restaram muitos terrenos onde foram desenvolvidas atividades potencialmente poluidoras do solo e das águas subterrâneas.

Em um relatório da Cetesb de 2008 os postos de combustíveis lideraram a lista de contaminantes com 78% do total, seguido de 13% das atividades industriais, 5% das atividades comerciais, 3% das instalações para destinação de resíduos e 1% de contaminação de origem desconhecida. Segundo os relatórios, a origem das áreas contaminadas se deve em grande parte, ao desconhecimento, no passado, de procedimentos adequados para o manejo de substâncias perigosas, ocasionando incidentes, vazamentos e falhas no transporte ou armazenamento de matérias primas.

Atualmente, a remediação de solos passa por um momento de contraste no Brasil. Algumas empresas estão aprimorando suas técnicas a fim de que a remediação se torne mais eficiente em um menor tempo. Há também a intervenção de órgãos ambientais, que deixa muitas dúvidas nesse mercado.

A partir de 2013 o Ministério Público Estadual, principalmente de São Paulo, iniciou o movimento em busca da celebração de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) com as incorporadoras, estabelecendo então que os responsáveis legais por um terreno contaminado são também responsáveis pela recuperação deste mesmo terreno, independentemente do fim a que se destina o local.

A Lei Estadual nº 13.577, de 2009, regulamentada pelo Decreto nº 59.263, de 2013, dita as diretrizes e procedimentos para a proteção do solo juntamente com o gerenciamento de áreas contaminadas. O Ministério Público de São Paulo questiona essa lei de modo que ela é contra as regras estabelecidas por um dos órgãos ambientais de São Paulo, a Cetesb, que é a agência estadual responsável pelo controle e fiscalização dos solos.

Com o objetivo de tornar a remediação eficaz, e consequentemente, diminuir o índice de terrenos contaminados abandonados, a Cetesb publicou a Decisão da Diretoria nº 38 que é basicamente um manual que contém começo, meio e fim, colocando em evidência mudanças na forma de execução dos procedimentos de remediação e também penalidades a quem não cumprir o que for determinado.

A partir dessa decisão, quem não obedecer aos processos estabelecidos leva multa, sendo que os responsáveis serão multados por etapas que não cumprirem e não pelo processo como um todo, como era antigamente. Outro fator de mudança é que agora a Cetesb não dá soluções de remediação para as empresas, mas sim um parecer técnico, cabendo as mesmas avaliar o local e definir o melhor tipo de remediação para cada situação, individualmente.

6.2 Cenário em São Paulo

No estado, a quantidade de áreas já mapeadas pela Cetesb cresce ano após ano. Em dezembro de 2016 quando foi feita a última verificação, existiam 5.662 com pontos de contaminação, no solo ou na água. Desse total 1.025 estão sob identificação, em quanto 521 foram identificadas com contaminantes de risco. A grande maioria desses solos estão sendo remediadas, monitoradas ou devidamente tratadas como manda o órgão ambiental.

Os postos de combustíveis representam 73% das áreas contaminadas no estado sendo o principal agente contaminador. No entanto uma área contaminada não é necessariamente um empecilho para seu reuso uma vez que podem se tornar até uma boa oportunidade de aquisição de terreno a baixo custo. Além disso, a obrigação de remediação deve constar no contrato de compra e venda, uma vez que legalmente e criminalmente a responsabilidade é de quem contaminou, mesmo que involuntariamente.

7 REVITALIZAÇÃO COM TECNOLOGIA TERMAL – SOROCABA – SP

Ela foi utilizada em uma indústria petroquímica em Sorocaba (SP) em um terreno contaminado com tetracloroetileno (PCE). A contaminação aconteceu por conta de um vazamento de um tanque que foi para a linha de drenagem de água pluvial, onde havia uma fissura que permitiu que o PCE entrasse no solo.

Após a sondagem do solo contaminado feita por uma empresa, foi constatado que a pluma de contaminação começava acima do nível da água e se estendia até 11 metros de profundidade. Por ser um solvente de alta performance, o tetracloroetileno é um contaminante difícil de se remediar. Durante o processo, para a escolha da remediação, foi feito um ensaio de oxidação química e outro da extração de vapores. No entanto, nenhuma dessas tecnologias apresentou um resultado satisfatório.

Desse modo a empresa decidiu fazer uma remediação termal, que necessitava de um investimento maior, mas que traria um resultado garantido e satisfatório em curto prazo. Sendo também chamado de Electrical Resistance Heating (ERH), esse sistema dispensa escavação ou bombeamento do solo sendo excelente para tratamento de compostos voláteis, de combustíveis ou de compostos orgânicos.

A eletricidade é conduzida pelo solo entre um eletrodo e outro, fazendo com que ele crie uma resistência própria e aqueça até mais ou menos 100°C. Com esse aquecimento, os contaminantes passam do estado líquido para o gasoso e nesses mesmos eletrodos de aquecimento é feita a extração de vapores. A Doxor foi à empresa responsável por esse processo. A tecnologia é tão eficiente que tem sido utilizada em várias situações de risco.

O processo de remediação em Sorocaba começou em 2014 e levou ao todo 8 meses para terminar, sendo os 4 primeiros para instalação do campo e os 4 restantes para a remediação em si. Além disso, pós remediação, foram feitas duas campanhas de monitoramento pela empresa Essência.

7.2 O Sistema EHR

Esse sistema utiliza a energia da rede elétrica. Um transformador padrão abaixa a tensão da rede local e uma unidade de controle e potência é conectada ao transformador, sendo que durante a operação do sistema, são medidas as

diferenças de voltagem para garantir a segurança do procedimento. Além disso, são medidos vários outros fatores, como por exemplo, a corrente, a tensão, a potência consumida, as temperaturas e a vazão de extração.

Os eletrodos são instalados ao longo de toda a pluma de contaminação, tanto na zona saturada e não saturada, sendo que a energia elétrica é conduzida pelo solo entre os eletrodos que são os mesmos que farão a extração dos vapores gerados, sendo então retirados por um sistema de extração de vapores a vácuo (SVE). Os vapores gerados passam por um condensador e por um resfriador, diminuindo então a temperatura dos compostos que são encaminhados para o tratamento de descontaminação gasosa antes de serem lançados na atmosfera.

Figura 20: Parte do Sistema ERH



Fonte: <http://www.doxor.com.br/sistema-erh/>

8 DESCONTAMINAÇÃO EM PRAÇA PÚBLICA – VICTOR CIVITA

A Praça Victor Civita fica localizada em Pinheiros, na zona oeste de São Paulo. Ela surgiu como um processo pioneiro de revitalização, sendo, na época, baseada em modelos internacionais de remediação. Até o final da década de 80, o terreno abrigou um centro de processamento de resíduos domiciliares e hospitalares, passando depois a ser ocupada por 3 cooperativas que faziam a separação de materiais recicláveis e recebiam cerca de 200 toneladas de resíduos diariamente. O terreno era vizinho da Editora Abril, que juntamente com a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, com a Cetesb e com a Agência Alemã de Corporação Técnica, foi alvo de investigações do solo a fim de detectar a contaminação do terreno que era de cerca de 13.000 m². As obras começaram pela descontaminação do prédio onde era o antigo incinerador, local onde hoje funciona o Museu da Sustentabilidade, e seguiram até a inauguração da praça, no final de 2008. As obras tiveram ainda como parceiros a construtora EVEN, o banco Itaú e a Petrobras, sendo que o custo final foi de R\$ 10,5 milhões incluindo a remediação e a obra como um todo. Essa praça chega a ser um marco na história de São Paulo no que diz respeito a sustentabilidade. Apesar das obras de descontaminação, a fim de evitar contato com o chão, o local conta com sua maior parte construída em cima de um deck de madeira, estilo piso elevado. Com essa revitalização, a região ganhou um novo espaço público de cultura, lazer e convívio social, o que antes era um ponto abandonado por conta dos contaminantes.

Figura 21: Praça Victor Civita



Fonte: <http://saopaulosaudavel.com.br/praca-victor-civita/>

9 DESCONTAMINAÇÃO EM CONJUNTO RESIDENCIAL – BARÃO DE MÁUA

O Conjunto Residencial Barão de Mauá, localizado no Parque São Vicente, no município de Mauá, é uma área que foi contaminada por compostos orgânicos e inorgânicos, sendo alguns destes voláteis, como o benzeno, o clorobenzeno, o trimetilbenzeno e o decano. A contaminação se deve ao aterramento de resíduos sólidos industriais, principalmente de areias de fundição, da COFAP, uma empresa de amortecedores, a qual o terreno era pertencente. Como não havia controle da área pelos proprietários, outras substâncias tóxicas, de origem desconhecida, foram ali sendo depositadas inadequadamente. No início, os edifícios foram construídos no terreno sem o conhecimento da contaminação. Em abril de 2.000, uma explosão seguida de um incêndio ocorreu quando estava sendo realizada a manutenção de uma bomba d'água subterrânea instalada no subsolo do condomínio, matando um dos operários e deixando outro com ferimentos graves. Esse fato fez com que a Cetesb passasse a fiscalizar o local e na ocasião, aplicou uma multa a empresa responsável pelo condomínio, a SqG Empreendimentos e Construções LTDA, exigindo o monitoramento, identificação, caracterização e remediação das áreas contaminadas. O caso rendeu um longo período de processos judiciais, envolvendo até os moradores. Algumas famílias se mudaram, outras esperaram pela indenização, que ficou cada vez mais incerta. O fato é que após longo tempo da construção dos edifícios, não foi feita a remediação completa do local, o que é gravíssimo, já que a área está altamente sujeita a gases nocivos a vida humana, além de gases como o metano, que é inflamável. Os edifícios em sua maioria foram construídos fora da área de contaminação, mas a parte problemática do terreno não deixa de apresentar riscos aos moradores do condomínio.

Figura 22: Conjunto Residencial Barão de Mauá

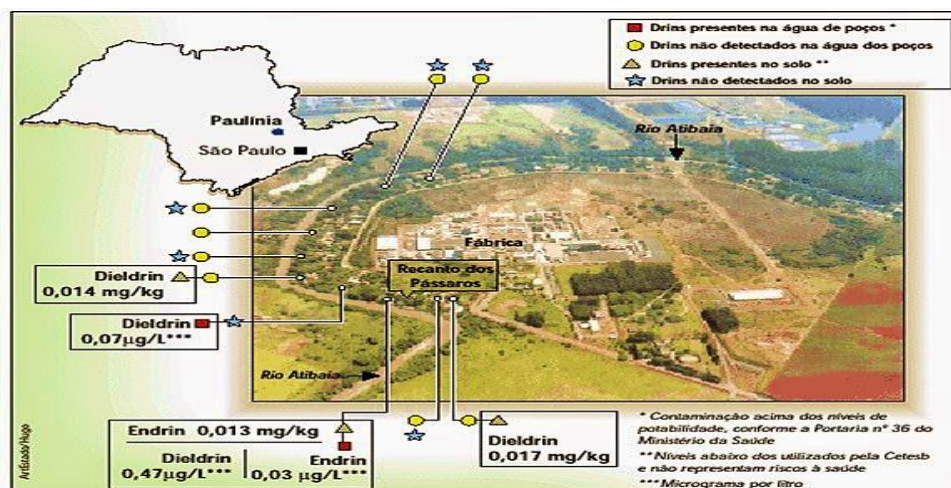


Fonte: <http://www.dgabc.com.br/Noticia/2507268/barao-de-maua-mais-do-mesmo>

10 DESCONTAMINAÇÃO – ÁREA RECANTO DOS PÁSSAROS

A área está situada no município de Paulínia, a 126 quilômetros da capital do estado de São Paulo e tem aproximadamente 400.000m². Uma faixa de cerca de 100m abriga o bairro residencial Recanto dos Pássaros. A Shell Química fabricou agrotóxicos em Paulínia entre 1.975 e 1.993. Nesse período, a empresa contaminou o lençol freático nas proximidades do Rio Atibaia, um importante manancial da região. Em 1.994, quando a Shell estava prestes a vender a área para a Cyanamid Química, foi realizado um levantamento passivo ambiental para que a transação fosse concluída. Nesse contexto, foi identificada uma rachadura numa piscina de contenção de resíduos, responsável pela então contaminação. Houve então a denúncia e a Shell teve que se encarregar da construção de uma estação de tratamento que processa toda a água que passa por baixo do terreno. Em dezembro de 2.000, a Cyanamid acabou vendendo a fábrica para a indústria química alemã Basf. Apesar das vendas, a Shell foi a total responsável por todo dano causado na área. A Cetesb, após algumas investigações, descobriu que havia ainda três depósitos ilegais onde eram depositadas cinzas provenientes dos incineradores da empresa e que o nível de contaminação estava onze vezes maior que o permitido na legislação brasileira. Além disso, a Shell ainda foi obrigada a comprar todas as propriedades dos moradores interioranos que haviam sido contaminadas, sem contar que foi determinado que deveria pagar o tratamento médico das pessoas que tinham algum tipo de contaminante no organismo. A Shell, em 2.014, anunciou que deve gastar cerca de R\$ 6.530.000,00 em todo o processo de remediação.

Figura 24: Região do Recanto dos Pássaros



Fonte: <https://zonaderisco.blogspot.com.br/2014/12/contaminacao>

11 DESCONTAMINAÇÃO EM PARQUE – VILLA LOBOS

Localizado no bairro Alto de Pinheiros, na região Oeste da capital de São Paulo, o parque Villa Lobos abrange uma área de 732.000m². Segundo informações oficiais, esse parque era um terreno particular. Na verdade, existiam vários terrenos particulares que foram desapropriados pelo Estado para a construção. O parque foi inaugurado em 1.994 e atualmente é administrado pelo Governo do Estado de São Paulo, sendo que a transformação começou em 1.989.

Na época, o local era uma espécie de lixão, onde cerca de 80 famílias depositavam seus resíduos domésticos sem saneamento básico algum. Dessa forma, havia, na parte oeste, um depósito de lixo da CEAGESP (Companhia Entrepósitos Armazéns Gerais do Estado de São Paulo). A partir de denúncias, a Cetesb veio a analisar o problema. Nas outras áreas, havia depósito de entulho de construção civil. Quando foi anunciada a construção do parque, várias famílias foram removidas de suas casas, foram retirados cerca de 500.000m³ de entulho com matações de mais de 1m de diâmetro, e ainda movimentados 2.000.000 de m³ de terra para o acerto das elevações.

Atualmente, não há indícios de chorume, uma vez que a quantidade de resíduos depositados no local era relativamente pequena, mesmo que o lixo descartado tenha sido, em sua maioria, de origem orgânica. Além disso, para o plantio na área nas décadas de 80 e 90, foi colocado muito material terroso de subsolo. O parque precisou elaborar covas de 1m³ para o plantio de árvores, que levaram mais tempo do que deveriam para crescer devido à dificuldade de existir matéria orgânica na grande quantidade de terra.

Também não houve necessidade de instalação de dutos. A Cetesb acompanhava quando havia denúncias, inicialmente, analisando e multando os responsáveis pela contaminação. Segundo as informações oficiais do parque, não havia necessidade de processos mais caros e demorados de remediação. No entanto, o Villa Lobos pode ser considerado um exemplo de recuperação de área degradada em São Paulo. Hoje, é um local totalmente acessível à população, possuindo ciclovia, quadras, campos de futebol, playground e até um bosque com espécies da Mata Atlântica. Estima-se que durante a semana cerca de 5.000 pessoas passem por dia no parque. Aos finais de semana, o índice sobe para cerca de 20.000 visitantes e aos feriados 30.000.

Figura 25: Área do Parque Villa Lobos – 1.988



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/426505027187580800/>

Figura 26: Parque Villa Lobos – Vista Aérea



Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/30947383>

12 DESCONTAMINAÇÃO – REGIÃO DO CENTER NORTE

Em abril de 2.003, foram feitas denúncias alegando que todo o complexo onde localizam-se o Center Norte, Lar Center e Expo Center Norte haviam sido construídos sobre um antigo lixão. A Cetesb então entrou com a investigação, que teve seu início apenas no ano seguinte, em 2.004. Depois de longos processos, com investigações não muito eficazes, o Ministério Público solicitou nova investigação, em 2.009. No início de 2.011, um estudo aprofundado do solo apontou a existência de metano na área, mas que o mesmo não apontava nenhum risco de explosão, com dados comprovados em dois testes feitos por laboratórios diferentes.

Em 2.012, esse índice de metano havia aumentado. Nesse contexto, o local com cerca de 110.000m² e 311 lojas construído no início de 1.980, entrou para a lista de áreas contaminadas do estado, sendo comprovado que ali antes era um lixão a céu aberto. Foi feito um pedido da Cetesb para implantação de um sistema de extração dos gases do solo. No entanto, o Shopping Center Norte, situado na zona norte da capital, não o fez. Isso resultou numa multa diária de R\$ 17.450,00, uma vez que a medida solicitada pela Cetesb afastaria o risco do potencial de explosão do metano. A região chegou a ser interditada por dois dias, mas apesar de o Shopping Center Norte afirmar que os dados eram exagerados e não haviam tantos riscos como a Cetesb havia informado, responsabilizou-se pela instalação dos drenos, além de renovar o Auto de Verificação de Segurança (AVS) e o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB).

Figura 27: Complexo Center Norte – Vista Aérea

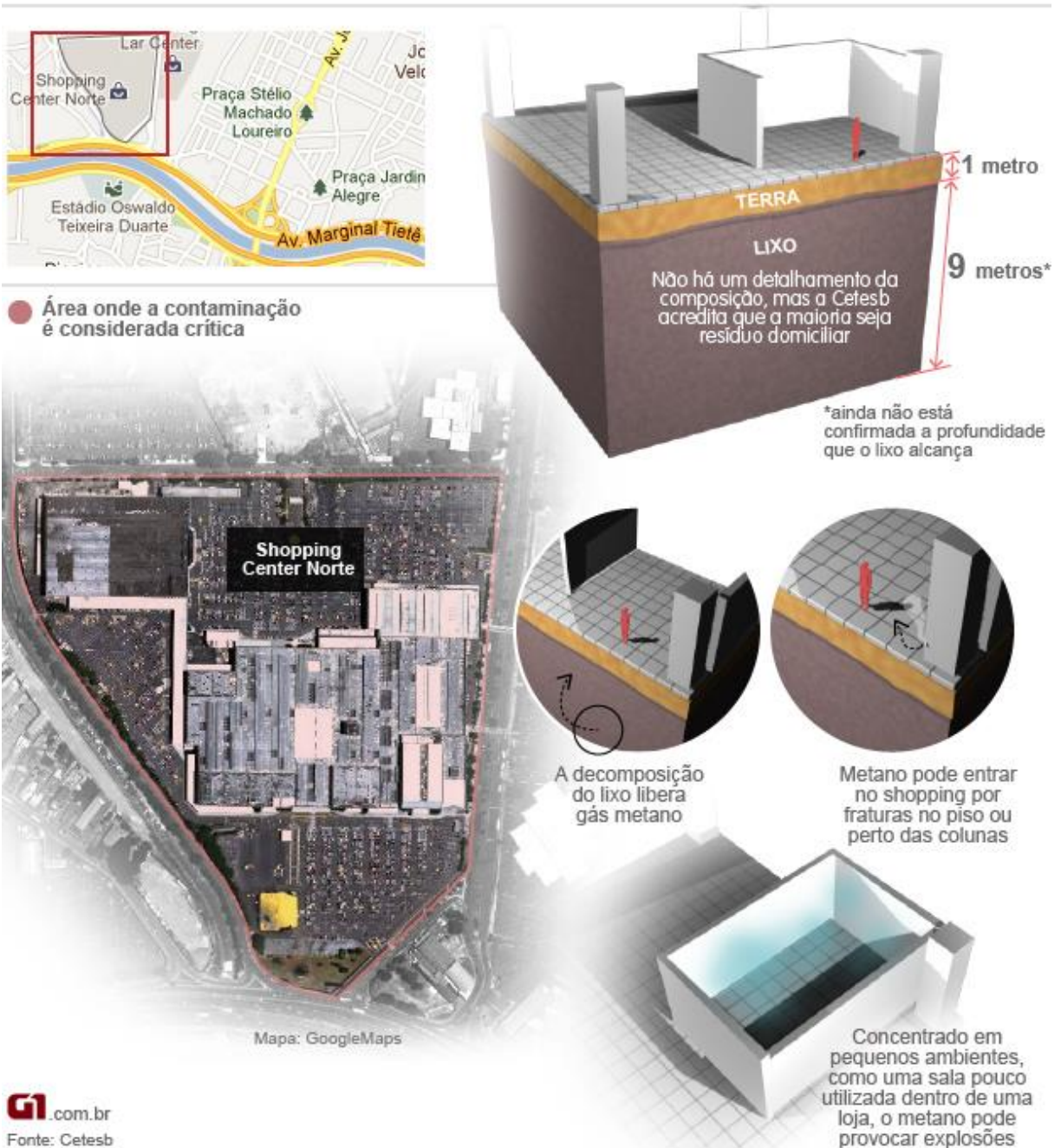


Fonte: <http://noticias.r7.com/sao-paulo/areas-proximas-a-shopping-center-norte>

Figura 28: Contaminação do Complexo Center Norte

Entenda a contaminação na área do Shopping Center Norte

Estabelecimento foi construído na década de 80 sobre um antigo lixão



Fonte: [http://g1.globo.com/ center-norte-cetesb](http://g1.globo.com/center-norte-cetesb)

13 CONTAMINAÇÃO – USP LESTE

No subsolo do campus da USP na zona leste de São Paulo, há uma grande concentração de gás metano. Perto das salas de aula, ninguém sabe ninguém quem são os responsáveis pelo depósito de 7.200m³ de terra, equivalente a 480 caminhões, possivelmente contaminada e levada ao local há mais de dois anos. O material libera um líquido de forte odor, o que atrapalha a rotina de alunos, funcionários e professores desde o ano de 2.011.

A situação na unidade da maior universidade do País teve seu estopim quando a Cetesb instalou uma placa no local para indicar que parte do terreno do campus da USP Leste continha contaminantes com riscos à saúde. A preocupação levou a comunidade acadêmica a se reunir em uma congregação, na qual foi votada a paralisação geral na unidade, em 2.011. Contudo, o acúmulo de gás não está circunscrito ao terreno da universidade. Ele acontece em vários pontos ao longo da várzea do Rio Tietê. O que se deveria fazer era adotar medidas preventivas, porque quando esse gás começa a se concentrar as pessoas não percebem a diferença na atmosfera.

Em nota, a Cetesb informou que a USP Leste possuía uma Licença de Operação, onde o órgão estabeleceu uma série de exigências para que os problemas no solo da unidade fossem resolvidos. A Universidade teria de passar a realizar diariamente testes em cerca de 380 pontos diferentes para monitorar a situação do gás no subsolo do terreno. Os dados deveriam ser encaminhados à Companhia, para que em caso de anormalidades ela entrasse em ação. Em 2 de agosto de 2.013, a Companhia emitiu um Auto de Advertência à USP, pelo não cumprimento das exigências da Licença. A direção da unidade recebeu, então, o prazo de 60 dias para cumprimento destas.

Os alunos afirmaram, na época, que a porção de terra que apresentou problemas foi depositada no terreno enquanto eles estavam em recesso. Segundo relatos dos próprios alunos, os professores de Gestão Ambiental acharam estranho e comunicaram a Cetesb, que até autuou a universidade. O que a USP fez foi cobrir essa terra com uma outra terra, para esconder o problema. A procedência dessa terra nunca foi informada pela diretoria da universidade, mas alguns professores disseram que ela seria proveniente de postos de gasolina. No entanto, sem provas da contaminação, as aulas seguiam normalmente.

Em outubro de 2.011, um inquérito foi aberto para apurar a procedência do material. Na investigação havia rumores de que a construtora Cyrela teria despejado no campus terra e entulho de suas obras. No entanto, afirmou-se que o risco de explosão era muito baixo, já que não havia acúmulo do gás em lugares fechados. Com relação à terra, segundo os dados do laboratório responsável pelo ensaio, havia chumbo, iodo e uma série de outros componentes que não puderam ser identificados ainda e que poderiam causar uma série de danos à saúde, inclusive câncer.

A questão é que o MPE (Ministério Público Estadual) chegou a investigar se parte da terra clandestina levada para o campus da USP Leste saiu das obras do Templo de Salomão, no Brás. De acordo com o MPE, a área do templo também estava contaminada. Foram realizados os tramites e, se comprovada a contaminação, a Igreja Universal poderia ser obrigada a providenciar a reparação ambiental e a indenizar a USP pelos prejuízos causados.

Em 2.013, A Igreja negou a denúncia e afirmou que toda a terra removida da obra foi levada para uma central de tratamento certificada pela Cetesb. Os laudos técnicos indicaram que não havia necessidade de remover a terra, o que custaria R\$ 20 milhões. Se fossem confirmados riscos maiores, a Igreja Universal seria responsabilizada por crime ambiental, e o transportador da terra também seria culpado.

Por fim, a Cetesb informou que desconhecia a possibilidade de contaminação na obra. A igreja ainda informou que cumpria rigorosamente as legislações municipais e estaduais. O Estado, então, revelou, ainda em 2.013, que não havia problemas relevantes nem no campus da USP Leste nem na área do Templo de Salomão, encerrando o caso.

14 A QUESTÃO DOS POSTOS DE GASOLINA COMO CONTAMINADORES

O último levantamento de contaminação de solo realizado pela Cetesb apontou um dado preocupante para o Alto Tietê, em São Paulo. Segundo o estudo feito em todo Estado, o número de áreas contaminadas de 2.011, comparado a 2.012, cresceu 26% na região. Duas cidades se destacaram: Mogi das Cruzes e Itaquaquecetuba. Em cada uma delas, os postos de combustíveis foram apontados como os maiores vilões ambientais. Só em Mogi, esse tipo de estabelecimento representa 73% da contaminação do município. Já em Itaquaquecetuba eles são responsáveis por 76%.

Enquanto que em 2.011, em Mogi, o número de postos contaminados era 41; em 2.012 esse número saltou para 49. Também houve aumento em Itaquaquecetuba. De 9, o número passou para 16. Um dos maiores postos de Mogi tinha começado a passar por um processo de descontaminação em 2.003, sendo que o local havia sido classificado pela Cetesb com uma concentração de gasolina no solo acima da permitida. Em 2.013, após dez anos do início da remediação, é que o estabelecimento conseguiu eliminar os resíduos no solo. Para isso foram gastos cerca de R\$ 200 mil.

O processo foi feito por uma empresa especializada, que fez desde a injeção de ar para volatilizar os compostos até uma purificação da água e do solo por meio de carvão ativo. Até o fim de 2.016, o local ficou sob monitoramento, sendo, no início de 2.017, declarado totalmente descontaminado pela Cetesb. Ao longo do processo, foram enviados para a Cetesb relatórios com análises do solo em época com e sem chuvas, para que fosse possível verificar se as concentrações dos contaminantes que existiam antes não estariam crescendo.

No geral, segundo dados da Cetesb, Mogi é o município que teve o maior número de áreas com problemas, totalizando 67 terrenos. Enquanto isso, em Itaquaquecetuba foi onde houve o maior crescimento no número de áreas contaminadas. A cidade passou de 11 locais com problemas em 2.011 para 21 em 2.012, com um aumento de 90%. Ao ser questionada sobre os problemas do município, a engenheira ambiental de Itaquaquecetuba informou que vistorias e fiscalizações eram atuantes no município e que, inclusive, vários aterros irregulares haviam sido fechados.

Vale destacar que para a instalação de postos de combustíveis, primeiro é preciso verificar se a Lei de Zoneamento do município permite, e depois seguir outras restrições, como a distância mínima de 500 metros de escolas e hospitais.

Quando ocorre contaminação do solo por vazamento em postos de combustíveis, diversas técnicas podem ser usadas para remediar a área afetada. A partir da análise de 5 casos de contaminação de solo ocorridos na cidade de Guarulhos, na Grande São Paulo, foram elaboradas propostas de remediação específicas. Os 5 postos do município de Guarulhos foram escolhidos aleatoriamente a partir do cadastro de áreas contaminadas da Cetesb, com os processos de obtenção de licenciamento ambiental e de reclamação da população junto à Agência Ambiental.

A ideia, a princípio, não era encontrar um culpado pela contaminação, mas analisar a situação e propor, do ponto de vista conceitual, uma solução para remediar a área. No período em que a pesquisa foi realizada — de fevereiro de 2.004 a outubro de 2.006 — constatou-se que os 5 postos estavam funcionando normalmente, mas apenas um havia feito a remediação total do solo. Os outros 4 postos, até outubro de 2.006, não tinham apresentado nenhum projeto de remediação.

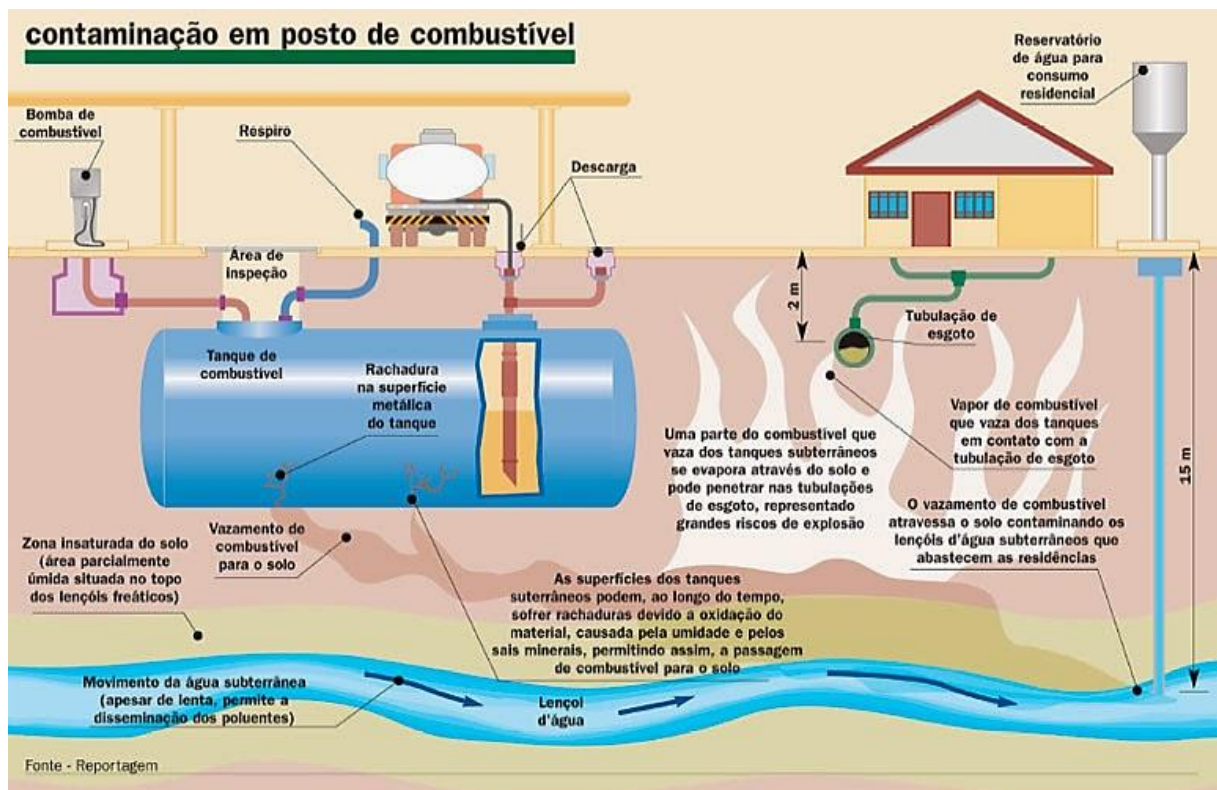
As técnicas usadas em casos de remediação podem ser *ex-situ* e *in-situ*. Na *ex-situ*, o solo é retirado do local, passa por um processo de limpeza que retira a substância contaminante, e é recolocado de volta no mesmo lugar. Esta é a técnica que oferece a descontaminação mais eficiente, apesar de ser o método mais caro. Já o método *in-situ* é mais barato (a curto prazo), porém, mais demorado, pois exige maior tempo para retirada e degradação do contaminante. Na maioria das tecnologias *in-situ*, são feitos furos no solo contaminado por onde a gasolina é retirada. Mesmo após a remoção da chamada fase livre do combustível, o solo pode continuar contaminado. Mas os microrganismos presentes naquele meio se encarregarão de consumir o restante do combustível, sendo necessário fazer o acompanhamento constante da área para saber se a gasolina foi totalmente retirada do local.

A remediação proposta teve como base os laudos de análises, os estudos de passivo ambiental e os demais documentos dos processos de licenciamento, apresentados pelos postos à Cetesb, visando a obtenção das licenças, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Em um dos postos, a contaminação já havia chegado a atingir o subsolo das casas vizinhas. Para este caso, sugeriu-se a junção das técnicas *in* e *ex-situ*: A área do posto

poderia ser remediada com a técnica *ex-situ*. Para as casas da vizinhança, seria necessário usar também as técnicas *in-situ* e atenuação natural.

O interesse por este tema da contaminação por postos de gasolina surgiu pelo fato de o Brasil adicionar álcool à gasolina, o que altera as propriedades deste combustível, fazendo com que ele se espalhe muito mais facilmente pelo solo, podendo até aumentar a área contaminada mais rapidamente. Este é um tema muito sério e que envolve não apenas o risco de explosões, mas também uma série de outros prejuízos para a saúde pública, como a contaminação de pessoas e problemas de pele, por exemplo.

Figura 29: Contaminação em Postos de Gasolina



Fonte: <http://engenharia48.blogspot.com.br/contaminacao-posto-de-combustivel>

CONCLUSÃO

Conforme as informações e dados aqui apresentados, fica claro que a contaminação e a remediação dos solos são assuntos que merece atenção no mercado da construção civil, e que se não forem tratados com o devido cuidado, se tornarão um problema ainda maior do que o que enfrentamos hoje. A questão é que as empresas sujeitas a risco de contaminação dos terrenos por conta de seus produtos ou processos de fabricação, por si sós, precisam entender que a contaminação causa danos que podem afetar uma área gigante e não somente a área delimitada e pertencente a empresa, já que os compostos podem se espalhar por diversos meios depois de estarem dispersos no solo.

Com isso, é perceptível que antes de se iniciar qualquer processo construtivo, é extremamente necessário que sejam recolhidas amostras do solo onde a edificação será feita, a fim de comprovar que aquele local é seguro e não trará riscos para a construção, tanto a curto como a longo prazo. Essas amostras devem ser levadas para laboratórios especializados e altamente confiáveis, e submetidas a testes que visem comprovar a composição dos grãos e se os mesmos apresentam algum grau de contaminação. Para isso, se faz necessário grande cuidado no manuseio da terra, além de concentração e foco para que sejam evitados de erros nos resultados que serão obtidos e encaminhados.

Uma vez que o solo é tido como contaminado, deve-se comunicar a Cetesb e entrar imediatamente com um pedido de remediação. Há empresas hoje no mercado de extrema capacidade de realizar os processos de revitalização, tornando assim a área contaminada um local novamente seguro para a construção civil. Conforme mostrado ao longo do trabalho, são vários os sistemas e métodos de remediação que se mostram eficientes na descontaminação. Depende de a empresa contratada auxiliar o responsável do a escolher o melhor processo, levando em consideração fatores como o tempo do processo, o custo benefício e o nível de contaminantes.

Por fim, conclui-se que o tema de remediação de solos, abordando também as consequências da contaminação é cabível a situação em que nosso país enfrenta atualmente, ao mesmo passo que contribui para um outro assunto dos mais tratados no mundo atual: a Sustentabilidade. Remediar áreas contaminadas não só apresenta resultados ótimos para a construção civil, mas também para o meio ambiente como um todo. Dessa forma, é fato que a revitalização é necessária para ambos os setores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://www.nutricaoodesafras.com.br/definicao-de-solo>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h>
- <http://www.nutricaoodesafras.com.br/analise-do-solo#when-levels-are-high>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h08min>
- <http://gaiaufvjm.blogspot.com.br/2013/01/o-que-e-o-solo.html>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h17min>
- <http://parquedaciencia.blogspot.com.br/2014/06/o-que-e-solo.html>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h22min>
- <http://brasilescola.uol.com.br/geografia/o-solo.htm>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h35min>
- <http://escolakids.uol.com.br/o-solo.htm>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h41min>
- <http://conceito.de/rocha-mae>
<Acesso em 03/04/2017 às 16h46min>
- http://www.suapesquisa.com/pesquisa/tipos_solo.htm
<Acesso em 17/04/2017 às 15h45min>
- <https://www.todamateria.com.br/solo-arenoso/>
<Acesso em 17/04/2017 às 15h52min>
- <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Solo/Solo8.php/>
<Acesso em 17/04/2017 às 15h58min>
- <http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/tipos-de-solo>
<Acesso em 17/04/2017 às 16h09min>
- <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=59>
<Acesso em 24/04/2017 às 15h48min>
- <http://celuloseonline.com.br/solos-arenosos>
<Acesso em 24/04/2017 às 15h55min>
- <http://construcaodecasa.com/como-construir-em-terreno-arenoso>
<Acesso em 24/04/2017 às 16h06min>
- <https://www.todamateria.com.br/solo-argiloso/>
<Acesso em 24/04/2017 às 16h15min>
- <https://pt.wikipedia.org/wiki/Silte>
<Acesso em 05/05/2017 às 19h08min>
- <http://www.terraplenagem.net/tipos-de-terra-solo-144/>
<Acesso em 05/05/2017 às 19h51min>

<https://www.estudokids.com.br/o-solo-arenoso-argiloso-calcario-e-humoso/>

<Acesso em 05/05/2017 às 20h33min>

<http://www.inducal.com.br/produtos/calcario>

<Acesso em 05/05/2017 às 20h50min>

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAE1JQAK/apostila-solos>

<Acesso em 07/05/2017 às 14h12min>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Granulometria>

<Acesso em 07/05/2017 às 14h25min>

<https://engenhariacivilfsp.mecanica-solos-fundamentos-vol1-7ed-caputo.pdf>

<Acesso em 04/08/2017 às 21h06min>

http://www.todabiologia.com/ecologia/contaminacao_solo.htm

<Acesso em 07/08/2017 às 16h51min>

<http://www.superbac.com.br/como-ocorre-a-contaminacao-do-solo-pelo-lixo/>

<Acesso em 07/08/2017 às 17h35min>

<http://marianaplorenzo.com/2010/10/18/pedologia-morfologia-retencao-de-agua>

<Acesso em 07/08/2017 às 18h11min>

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/impactos-ambientais-mineracao.htm>

<Acesso em 07/08/2017 às 20h35min>

<http://ciclovivo.com.br/noticia/4-dicas-para-recuperar-areas-com-solo-degradado/>

<Acesso em 28/08/2017 às 16h06min>

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/ambientais/fitorremediacao.pdf>

<Acesso em 28/08/2017 às 16h24min>

<http://www.infoescola.com/meioambiente/fitorremediacao/amp/>

<Acesso em 28/08/2017 às 16h55min>

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/ambientais/fitorremediacao.pdf>

<Acesso em 28/08/2017 às 18h22min>

<http://www.infoescola.com/meio-ambiente/remediacao-de-areas-contaminadas/>

<Acesso em 28/08/2017 às 18h54min>

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702010000300002

<Acesso em 28/08/2017 às 19h11min>

<http://biorremediacaobyomega.blogspot.com.br/biorremediacao-de-solos.html>

<Acesso em 28/08/2017 às 19h26min>

Revista TÉCNICA – Edição 156 – ano 18 – março de 2010

Revista TÉCNICA – Edição 24 – ano 25 – agosto de 2017

<http://saopaulosaudavel.com.br/praca-victor-civita/>

<Acesso em 02/11/2017 às 14h11min>

<http://www.metodista.br/contaminacao-segue-sem-solucao-apos-10-anos>

<Acesso em 02/11/2017 às 14h26min>

<https://reporteremacao.wordpress.com/condominio-barao-de-maua>

<Acesso em 02/11/2017 às 14h35min>

<https://zonaderisco.blogspot.com.br/contaminacao-dos-moradores-das-chacaras>

<Acesso em 02/11/2017 às 15h15min>

<http://quimicosunificados.com.br/shell/a-contaminacao-no-recanto-dos-passaros>

<Acesso em 02/11/2017 às 15h26min>

<https://reporteremacao.wordpress.com/parque-vila-lobos-remediacao-e-recuperacao>

<Acesso em 02/11/2017 às 16h01min>

<http://www.ambiente.sp.gov.br/parque-villa-lobos-transformacao-de-area-urbana>

<Acesso em 02/11/2017 às 16h22min>

<http://g1.globo.com/>

<Acesso em 02/11/2017 às 16h44min>

<http://www.estadao.com.br/center-norte-entrega-relatorio-de-contaminacao-a-cetesb>

<Acesso em 02/11/2017 às 16h58min>

<http://sao-paulo.estadao.com.br/terra-contaminada-da-usp-leste>

<Acesso em 02/11/2017 às 17h26min>

<https://www.cartacapital.com.br/sociedade/SobresolocontaminadoUSPLeste>

<Acesso em 02/11/2017 às 17h38min>

<http://www.usp.br/agen/?p=6061>

<Acesso em 02/11/2017 às 17h52min>

<http://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/postos-de-combustiveis>

<Acesso em 02/11/2017 às 18h04min>

ANEXOS

- Modelo de Banner

CENTRO PAULA SOUZA



Etec Itaquera II
São Paulo

TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES INTEGRADO AO MÉDIO

RECUPERAÇÃO DOS SOLOS AS CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO

Objetivo

A construção civil é um ramo muito abrangente. Contudo, sem uma superfície (solo) predeterminada nada se constrói, e por isso é tão importante que esta ofereça grande qualidade e seja altamente confiável. O objetivo é apresentar e propor métodos para corrigir contaminações nos solos, de modo que as áreas que sofreram esse processo possam se fortalecer novamente, devolvendo a utilidade desses terrenos para a construção civil. Desse modo, torna-se possível também um certo desenvolvimento ecológico, buscando-se o “reuso” de um recurso natural.

Justificativa

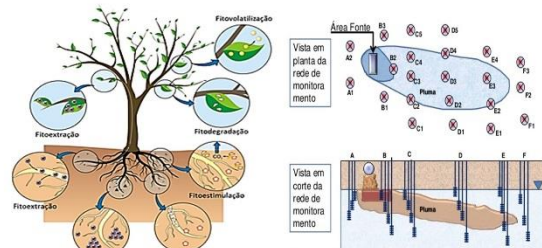
A disposição não controlada de resíduos e substâncias que possam contaminar os solos, sejam elas em estado sólido, líquido ou gasoso e voluntárias ou acidentais, acarretam na invalidez dos terrenos, que na maioria dos casos são de grande valia. Ela se torna um problema ainda maior quando há vias de transferência de poluentes que podem aumentar a área prejudicada, o que ocorre muito nos casos de aterramento no solo, como por exemplo em tubulações de indústrias químicas. Dessa forma, se torna perceptível que além de tudo o tema é de suma importância para o meio ambiente, relacionando-se, de forma direta com a sustentabilidade e com a “reutilização”, por ser um problema que afeta justamente e de forma contínua um componente da natureza, o solo.

Alunos:

Carolina Zanfolin Dos Santos
Felipe Fernandes Luppi
Henrique Róseo Cincinato
Pâmela Jenny Do Nascimento Morão

Considerações Finais

Um dos grandes problemas que a construção civil enfrenta atualmente é a contaminação dos solos, que inviabilizam o seu uso. Dessa forma, é necessário informações técnicas adquiridas a partir de ensaios e testes de laboratório especializados na área, a fim evitar patologias na construção no futuro. Sendo a base, o solo é responsável por garantir a estabilidade da edificação. Assim, se torna necessário conhecer o comportamento do mesmo, bem como suas características, para obter qual será sua reação ao receber esforços e cargas.



Orientadora:

Eliana C. da Silva Oliveira

