

2 Remediação Ambiental

2.1. Passivo Ambiental

O conceito de passivo ambiental vem das ciências contábeis, onde, Galdino *et al.* (2002) definem como sendo as obrigações adquiridas em decorrência de transações anteriores ou presentes, que provocaram ou provocam danos ao meio ambiente ou a terceiros de forma voluntária ou involuntária, os quais deverão ser indenizados através da entrega de benefícios econômicos ou prestação de serviços em um momento futuro.

Dentro deste conceito, este termo representa, num primeiro momento, o valor monetário necessário para reparar danos ambientais. Dessa forma, pode-se incluir o custo estimado dessa reparação nos balanços financeiros das empresas e nas avaliações de viabilidade e econômica de novos projetos. Recentemente, o termo passivo ambiental vem ganhando notoriedade, a partir do momento em que o custo de reparação dos danos ambientais passou a ser levado em conta no cálculo do valor de uma empresa para a sua venda, privatização ou fusão com outra companhia (SANCHEZ, 2001).

Com a crescente preocupação sobre o meio ambiente e o aumento da rigidez das legislações ambientais, o termo passivo ambiental passou a ser amplamente utilizado sem conotação monetária, podendo ser definido como os impactos ambientais causados por uma determinada atividade ou por um conjunto de ações antrópicas, que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado local, de forma a não causar qualquer risco ao meio ambiente e à saúde humana.

Atualmente, um dos passivos ambientais que causa mais preocupação são as chamadas áreas contaminadas, pois estas representam risco à saúde humana e aos ecossistemas, risco à segurança dos indivíduos e da propriedade, redução do valor imobiliário da propriedade e restrições ao desenvolvimento urbano (SANCHEZ, 2001).

A Resolução CONAMA N° 420/2009 define uma área contaminada como aquela em que comprovadamente for constatada, mediante investigação confirmatória, a contaminação com concentrações de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas

acima dos valores de investigação, ou ainda como aquela em que for constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou for comprovada, após investigação detalhada e avaliação de risco, a existência de risco à saúde humana.

A origem de áreas contaminadas está relacionada ao desconhecimento, em épocas passadas, de procedimentos seguros para o manejo de substâncias perigosas, ao desrespeito a esses procedimentos seguros, e à ocorrência de acidentes ou vazamentos durante o desenvolvimento dos processos produtivos, o transporte ou o armazenamento de matérias primas e produtos (CETESB, 2001).

Apesar de sua vasta legislação ambiental, o Brasil não possui uma legislação federal específica sobre o gerenciamento de áreas contaminadas. De forma semelhante, os estados brasileiros não dispõem de artifícios legais para tratar especificamente a temática em questão (GERDENITS *et al.*, 2009).

2.2. Fontes de Contaminação

As áreas contaminadas e os problemas gerados devido à existências destas podem ser originados a partir de diversos tipos de fontes potenciais de contaminação, pois na maioria das atividades humanas são geradas substâncias, resíduos e/ou efluentes com potencial de contaminar os diferentes compartimentos do meio ambiente (CETESB, 2001).

Fetter (1993) separou os principais tipos de fontes de contaminação de água subterrânea e solo em seis diferentes tipos de categoria, como apresentado na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Fontes de contaminação de água subterrânea e solo. FONTE: FETTER (1993).

Tipo	Característica	Exemplos
I	Fontes projetadas para a descarga de substâncias.	. Fossas Séptica . Poços de Injeção
II	Fontes projetadas para armazenar, tratar e/ou dispor substâncias; descargas através de vazamentos.	. Aterros Sanitários . Lagoas de Decantação . Pilhas de Resíduos . Barragens de Rejeitos . Locais de disposição de fontes radioativas
III	Fontes projetadas para transporte de substâncias.	. Oleodutos . Tubulações . Vazamentos Durante Transporte
IV	Fontes que descarregam substâncias como consequência de outras atividades.	. Irrigação . Aplicação de Pesticidas e Fertilizantes . Drenagem de Mineração . Drenagem Urbana
V	Fontes que induzem uma alteração no padrão de fluxo subterrâneo.	. Escavação de Produção . Escavações Subterrâneas
VI	Fontes que ocorrem naturalmente e que podem ser influenciadas pela ação antrópica.	. Interação entre água superficial e subterrânea . Intrusão de Água Salgada . Lixiviação/Infiltração Natural

Quando lançados nas águas subterrâneas, os contaminantes tendem a formar plumas de contaminação, que se locomovem e se espalham de acordo com o fluxo subterrâneo, e podem atingir poços de água subterrânea, áreas de brejo e pântano e as águas de corpos receptores.

Quando lançados no solo, os contaminantes podem se dissolver nas águas de percolação e nos gases contidos nos espaços vazios do solo, ou podem se locomover como NAPL's (*Non Aqueous-Phase Liquid*), que são contaminantes imiscíveis que se locomovem separadamente da água subterrânea.

Mesmo que a área das fontes de contaminação seja pequena e não apresente perigo imediato à saúde humana ou o meio ambiente, a formação de plumas de contaminação pode percorrer longas distâncias contaminando grandes áreas. O tamanho e a localização das plumas irão depender da localização das fontes de contaminação, da direção e da velocidade do fluxo da água subterrânea e dos diversos mecanismos de transformação e retenção dos contaminantes (CIRT, 1997).

Um exemplo da afirmação acima ocorreu em *San Jose*, na Califórnia (EUA), onde apenas 130 litros de solventes geraram uma pluma de contaminação de 5.000.000.000 litros (TEIXEIRA *et al.*, 2000). A Tabela 2.2 mostra alguns outros exemplos notórios de contaminação da água subterrânea.

Tabela 2.2 – Exemplos de contaminação de aquíferos. FONTE: TEIXEIRA et al. (2000) – adaptado.

Local	Fonte Provável	Volume Contaminante (litros)	Volume Pluma de Contaminação (litros)
Ocean City - NJ	Indústria Química	15.000	5.700.000.000
Mountain View - CA	Indústria Elétrica	9.800	6.000.000.000
Cape Cod - MA	Drenos de Infiltração de Esgoto	1.500	40.000.000.000
Gloucester - ON	Aterro Sanitário	190	102.000.000
San Jose - CA	Indústria Eletrônica	130	5.000.000.000
Denver - CO	Aeroporto	80	4.500.000.000

2.3. Remediação Ambiental

Segundo a Resolução do CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009, a remediação de uma área contaminada pode ser entendida como um conjunto de ações de intervenção para a reabilitação desta, que consiste em aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes a limites aceitáveis de riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

O interesse na engenharia de remediação ambiental vem crescendo muito nos últimos anos. Além do aumento da fiscalização dos órgãos ambientais responsáveis e da rigidez das leis ambientais, as técnicas mais usuais têm mostrado que a descontaminação total de áreas contaminadas muitas vezes não pode ser alcançada por motivos técnicos e/ou por serem muito dispendiosas ou então por demandarem muito tempo para sua total reabilitação.

Os métodos de descontaminação existentes podem ser classificados usando diferentes critérios, sendo um desses critérios baseado no local de aplicação do tratamento. Se a descontaminação for realizada no local, ela é chamada de *in situ* e se a descontaminação for feita fora do local ela é chamada de *ex situ*.

2.3.1. Etapas da Remediação Ambiental

O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001), que foi elaborado tomando como base a metodologia descrita na norma ASTM 204-01 *Guide Fo Risk Based Corrective Action at Chemical Release Sites* (RBCA), auxilia a elaboração do Diagnóstico Ambiental da área estudada, que avalia a qualidade do

meio ambiente do local e identifica a metodologia requerida para a sua remediação. O fluxograma dessas etapas pode ser visto na Figura 2.1.



Figura 2.1 – Fluxograma das etapas para a elaboração de um Diagnóstico Ambiental de uma área contaminada. FONTE: CETESB (2001).

De acordo com este mesmo manual, as principais etapas da elaboração de um Diagnóstico Ambiental de uma área potencialmente contaminada são:

- **Investigação Preliminar:** esta etapa consiste no levantamento de todos os dados e informações que envolvam os principais processos produtivos em cada unidade e os potenciais passivos associados a esses processos, através da análise documental disponível na indústria e do levantamento de dados de campo. Como resultado, esta etapa permite elaborar um diagnóstico parcial da área que possibilita direcionar com maior precisão o planejamento das atividades a serem desenvolvidas na próxima etapa.
- **Investigação Confirmatória:** esta etapa confirma ou não a existência de contaminação nas áreas preliminarmente investigadas. A metodologia para sua execução se faz através da amostragem, coleta e análise de

solo e/ou água subterrânea e a interpretação destes resultados. O diagnóstico confirmatório permite classificar a área como contaminada ou como potencialmente contaminada. No primeiro caso existe a necessidade de realizar a investigação detalhada do local, já no segundo, a área deve ser registrada junto ao órgão ambiental e monitorada até que não seja detectado nenhum tipo de contaminação ou não existir mais nenhuma atividade potencialmente poluidora.

- **Investigação Detalhada:** esta etapa tem como objetivo quantificar a contaminação de uma área, determinando as dimensões das áreas e dos volumes afetados, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações. A metodologia empregada nesta etapa se assemelha à metodologia da etapa anterior e como resultado final tem se a elaboração do projeto executivo de remediação a ser implementado, cujo objetivo é restabelecer a qualidade ambiental e/ou evitar a propagação e absorção de contaminantes por via direta e indireta.

2.3.2. Tipo de Fonte de Contaminação Estudada

Esta dissertação terá seu enfoque voltado para o estudo das fontes de contaminação tipo II, descritos na Tabela 2.1 deste capítulo, que segundo a classificação dada por Fetter (1993), são aquelas projetadas para armazenar, tratar e/ou dispor substâncias.

A fonte de contaminação estudada neste trabalho foi o efluente líquido armazenado na bacia de rejeitos da extinta Cia. Mercantil e Industrial Ingá, cujo conceito utilizado na sua remediação emergencial, deu origem ao projeto piloto de tratamento de efluentes líquidos, desenvolvido neste trabalho.