

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

MARCOS R. A. DE SILLOS

VALORAÇÃO AMBIENTAL de processos de remediação de áreas
contaminadas por hidrocarbonetos do petróleo

São Paulo

2006

MARCOS R. A. DE SILLOS

VALORAÇÃO AMBIENTAL de processos de remediação de áreas
contaminadas por hidrocarbonetos do petróleo

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para
obtenção do título de Mestre em Tecnologia
Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Rubens Dias Humphreys

São Paulo

Agosto de 2006

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Centro de Informação Tecnológica do
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

S584v Sillos, Marcos R. A. de
Valoração ambiental de processos de remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos do petróleo. / Marcos R. A. de Sillos São Paulo, 2006.
122p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Dias Humphreys

1. Contaminação do solo 2. Contaminação da água subterrânea 3. Hidrocarboneto de petróleo 4. Vazamento de combustível 5. Valoração ambiental 6. Remediação do solo 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico II. Título

06-97

CDU 628.39(043)

Aos militantes da área ambiental, que sonham com um mundo em que a ação humana seja equilibrada e harmoniosa, permitindo a manutenção de todos os ecossistemas e a qualidade dos recursos naturais. Que nossos sonhos virem ações e estas nos possibilitem transmitir às gerações futuras uma herança tão bela quanto a que recebemos.

Agradecimentos

Agradeço a oportunidade de desenvolvimento do mestrado à empresa apoiadora Servmar Ambiental & Engenharia, nas pessoas do Sr. Álvaro, Sr. Maurício e D. Nina.

Ao professor Dr. Rubens, minha gratidão pela orientação, e aos Drs. Rodrigo Cunha e Cláudio Leite, pelos direcionamentos da qualificação do trabalho.

À minha família, em especial à minha mãe Virgínia, obrigado por sempre acreditar em meu potencial e incentivar meus estudos.

À Valéria, obrigado pelo apoio e revisão, e aos amigos, meu apreço pela energia positiva.

A Deus, agradeço o privilégio de vivenciar, com paz no espírito, experiências que trazem crescimento pessoal, como foi meu mestrado.

Pigmaei gigantum humeris impositi plusquam ipsi gigantes vident

“We are like dwarfs standing [or sitting] upon the shoulders of giants, and so able to see more and see farther than the ancients.”

Bernardus Carnotensis (século XII)

Resumo

O Brasil possui aproximadamente 30 mil postos de serviço de abastecimento de combustível, e uma expressiva parte deles gera sérios problemas ambientais ao contaminar porções de solo e de águas subterrâneas. Essas contaminações são resultantes de vazamentos de hidrocarbonetos derivados do petróleo causados por deficiências nas instalações, falhas nos equipamentos ou por imperícia operacional.

A recuperação das áreas contaminadas e o dimensionamento da externalidade negativa oriunda desses vazamentos são objetos de discussão freqüente nos meios de comunicação, especialmente em situações em que agravos à saúde humana das comunidades impactadas possam estar em processo, ou casos em que haja risco de explosão. Essa divulgação pode criar condições para uma maior participação popular na discussão desse tema que envolve questões de saúde pública e meio ambiente, de modo a pressionar os agentes envolvidos a assumirem sua responsabilidade social nos cuidados com o ambiente.

Para reduzir ou eliminar esses problemas ambientais é fundamental que os envolvidos — as empresas distribuidoras, os postos de serviço, o Estado (em especial as agências ambientais) e a comunidade afetada — fiquem cientes da dimensão do problema e tenham acesso aos instrumentos de gestão ambiental que possibilitem o comprometimento de todos os setores interessados na proposição de soluções.

Nesse sentido, a valoração ambiental aparece como uma ferramenta para auferir a percepção das comunidades atingidas em casos de vazamento (disposição a aceitar o impacto) e para avaliar os investimentos necessários à remediação de áreas contaminadas, possibilitando aos envolvidos o estabelecimento de cronogramas para saneamento dos passivos ambientais que possuam.

Como exemplo, o presente estudo verificou, por meio de entrevista com 335 pessoas, que a população de São Paulo carece de informação sobre a extensão e as conseqüências do vazamento de combustíveis em postos de serviço. Ao contrário da percepção de impactos ambientais oriundos de aterros, rios poluídos e indústrias, que apresentam externalidades de mais fácil observação, os impactos causados pelos postos geralmente são de difícil percepção.

No entanto, uma vez apresentado o impacto ambiental oriundo do vazamento de combustíveis, a manifestação de preocupação dos entrevistados — expostos a tal cenário — em relação a agravos em sua saúde ou na saúde de seus familiares, convergiram para respostas que indicam uma disposição a aceitar o dano ambiental nula. Em outras palavras, constatamos que os cidadãos de São Paulo entrevistados neste trabalho expressaram o desejo de serem preservados do convívio com a contaminação ambiental, mostrando-se interessados em ser indenizados pelo valor de seu imóvel, caso este esteja contaminado por poluição produzida pelos postos de serviço, para que possam mudar para outra área.

Esta observação é importante, pois poderá tornar processos de valoração da remediação ambiental de passivos de áreas contaminadas

por hidrocarbonetos de petróleo mais próximos de contemplar as necessidades de todas as partes interessadas na discussão, em especial as necessidades da população atingida.

No que tange ao aporte de recursos financeiros, por parte dos agentes poluidores, verificou-se que o custo médio de remediação dos postos de serviço foi de R\$ R\$ 213.672,00 (janeiro de 2006), tendo cronograma de execução aproximado de 21 meses.

Por fim, este trabalho traz informações complementares à discussão proposta, tais como aspectos da legislação vigente e uma introdução às principais tecnologias empregadas na remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo.

Palavras-chave: Valoração Ambiental; Remediação; Áreas Contaminadas; Posto de Serviço; Avaliação de Risco; Passivo Ambiental; Valoração Contingente.

Abstract

In Brazil there are about 30 thousand gasoline service stations where Underground Storage Tanks (UST) is found and a great number of them raise serious environmental issues by contaminating soil and groundwater. Those issues are provoked due to hydrocarbons derivate from petroleum leakages, originated from bad physical installations, equipment failures or poor operational procedures.

Contaminated sites recovery and negative externals dimension of those leakages are always subject in the communication media, especially when there is risk to human healthy or in cases of explosion risk. This publicity may create an atmosphere for a greater society gathering over that subject, who is concerned about public healthy and environmental issues, so it may result in a higher commitment in the environmental care.

In order to reduce or even eliminate those environmental questions it is essential that all parts, involved on this situation – oil companies, gasoline stations, government (especially environmental agencies) and communities – are aware of its dimensions and also that they may have full access to environmental management tolls that may allow the commitment of all parts in the development of studies to provide solutions.

At this point of view, environmental evaluation is a toll to measure the affected community perception in an oil leakage situation (willingness to accept) and also to evaluate budget required for site clean up services, allowing companies provide remediation chronograms for their environmental liabilities.

In this study, 335 citizens from São Paulo were interviewed in order to check their knowledge about the extension and consequences of oil leakage in gasoline stations and it was concluded that they need more information about that subject. On the other hand, environmental impacts perception originated from landfills, polluted rivers, industries are generally easier detectably externalities than gasoline stations impacts.

Therefore once oil leakage environmental impacts is presented, interviewed people that might be exposed to that scenery concerns are shown, mainly about their family healthy consequences, fact that resulted in a bitter protest answer (null valor) over the willingness to acceptance. In other words, citizens from São Paulo interviewed in this research expressed the willingness to be preserved from contaminated sites exposition, and also the willingness to be paid for their estate loss value in oil leakage situations, so they can move to another place.

This is an important observation, because it might become petroleum hydrocarbons environmental remediation process appraisal closer to supply all parts involved in the discussion necessities, especially the community one.

Key-words: Valuing of Environmental Impacts; Remediation; Brownfield; Service Station; Risk-Based Corrective Action; Environmental Site Assessment; Contingent Valuation Method.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Cenários de risco de sítio contaminado por combustível	20
Figura 2 - Áreas contaminadas no Estado de São Paulo	34
Figura 3 - Evolução do número de sítios cadastrados na lista de áreas contaminadas no Estado de São Paulo	34
Figura 4 - Distribuição etária da população da cidade de São Paulo.....	63
Figura 5 - Distribuição em gênero da população da cidade de São Paulo	63
Figura 6 – Percepção dos problemas ambientais da cidade de São Paulo.....	69
Figura 7 - Problemas ambientais que afetam a qualidade de vida na residência dos entrevistados.....	70
Figura 8 - Preocupação com a existência de área contaminada na vizinhança da residência do entrevistado.....	71
Figura 9 - Percepção sobre a presença de postos de serviço próximo a residência. 72	
Figura 10 - Problemas associados à existência de posto de serviço na vizinhança. 73	
Figura 11 - Vizinho mais indesejado em termos ambientais	75
Figura 12 - Vizinho mais indesejado em termos ambientais – Avaliação por faixas de renda mensal.	75
Figura 13 - Responsabilidade pelo custo de remediação e de indenização de imóveis afetados em uma contaminação por posto de serviço	78
Figura 14 - Responsabilidade pelo custo de remediação e de indenização de imóveis afetados em uma contaminação por posto de serviço – Avaliação por faixas de renda mensal.	79
Figura 15 - Bomba pneumática para remoção de fase livre.....	112
Figura 16 - Evolução da aplicação de tecnologias de remediação na Lista de Prioridades Nacional (NPL) - EUA.....	113
Figura 17 - Esquema de funcionamento do MPE (Extração Multifásica).....	114
Figura 18 - Sistema de AS/SVE conjugado.....	116
Figura 19 - Esquema de aplicação de reagente de Fenton.....	118

Lista de tabelas

Tabela 1 - Custo de remediação de áreas contaminadas - EUA.....	27
Tabela 2 - Quantidade de postos de serviço por bandeira, nas Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2003.....	28
Tabela 3 - Fonte de água para abastecimento público por distrito.....	38
Tabela 4 - Custo de fornecimento de alternativa de abastecimento de água em sítios contaminados.....	39
Tabela 5 - Cenário base para simulação de custos de remediação.....	60

Lista de abreviaturas

AC	Área Contaminada
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
DAA	Disposição a Aceitar
DAP	Disposição a Pagar
EPA	Environmental Protection Agency
MVC	Método de Valoração Contingente
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
VE	Valor de Existência
VERA	Valor Econômico do Recurso Ambiental
VO	Valor de Opção
VUD	Valor de Uso Direto
VUI	Valor de Uso Indireto

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Objetivos	25
1.2	Justificativa	25
2	Revisão Bibliográfica	41
2.1	Bases teóricas da valoração ambiental	41
2.2	Aplicação de métodos de valoração ambiental.....	49
3	Material e Método	57
3.1	A Pesquisa.....	59
4	Resultados (Estudo de Caso)	64
4.1	Custo de Remediação de Postos de serviço	64
4.2	Disposição a Aceitar Dano Ambiental – DAA.....	68
4.2.1	Percepção dos problemas ambientais da cidade de São Paulo.....	69
4.2.2	Avaliação da DAA por dano gerado por vazamento de posto de serviço.....	76
5	Conclusões	84
6	Referência Bibliográfica	88
7	Sítes.....	99
ANEXO I.	Legislação relacionada a áreas contaminadas e remediação.....	100
I.I a	Constituição Federal	101
I.I b	Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6938/81 e seu decreto regulamentador).....	101
I.II	Legislação Paulista	103
I.II a	Constituição do Estado de São Paulo de 1989	103
	Lei nº 997/76 – sobre o controle de poluição	104
	Decreto nº 8.468/76	105
	Lei nº 9.509/97 – da Política Estadual do Meio Ambiente	105
	Decreto nº 32.955/91	106
I.II b	TAC – Termo de Ajustamento de Conduta	107
ANEXO II.	Principais Tecnologias de Remediação	110
ANEXO III.	Questionário aplicado nas entrevistas	119
ANEXO IV.	Dados dos custos de remediação coletados nas distribuidoras de combustíveis entrevistadas	121

1 Introdução

“A questão da contaminação do solo e das águas subterrâneas tem sido objeto de grande preocupação nas três últimas décadas em países industrializados, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. Esse problema ambiental torna-se mais grave em centros urbanos industriais como a Região Metropolitana de São Paulo.” (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2001, p. 1).

O gerenciamento de soluções para essas áreas contaminadas passa pela determinação das extensões qualitativa e quantitativa das externalidades negativas desses danos ambientais. Portanto, faz-se necessário a adoção de método adequado para promover a caracterização do cenário de risco existente em cada situação, propondo-se ações de mitigação dos impactos de maior monta e perigo para as comunidades afetadas.

Convém, no entanto, atentar à necessidade de adoção de medidas de recuperação dessas áreas degradadas, a fim de que se atenda plenamente à legislação ambiental brasileira. Esta impõe aos agentes causadores de impactos negativos ao ambiente a obrigação de ações de recomposição, que vão além da preocupação antropocêntrica, ou seja, requer a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

A Constituição Federal do Brasil de 1988 estabelece os princípios da política nacional do meio ambiente, na qual são considerados bens a proteger (Brasil, 1981):

- a saúde e o bem-estar da população;
- a fauna e a flora;
- a qualidade do solo, das águas e do ar;
- os interesses de proteção à natureza/paisagem;
- a ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- a segurança e ordem públicas.

Dentro desse horizonte de discussão, não se deve esquecer que a percepção das questões ambientais perpassa valores sócio-econômicos e culturais da sociedade. Essa sociedade vem sofrendo restrições a seu próprio desenvolvimento e modo de vida, devido à escassez e deterioração da qualidade dos recursos naturais essenciais.

Por isso, num plano mais abrangente, devem fazer parte da pauta de discussões acadêmicas medidas de caráter educacional que possibilitem inversões na ordem de prioridade das pessoas, conscientizando-as para a gravidade e irreparabilidade da sobreexploração de recursos naturais. Além disso, deve-se atentar para os problemas ambientais que a displicência na movimentação e descarte de resíduos perigosos gerados em atividades produtivas podem causar ao meio ambiente.

Esse processo de educação ambiental, conforme apresentado em Sillos et al. (2002), possibilitará a formação de habilidades e competências fundamentais para o manejo sustentável dos recursos ambientais.

Neste contexto de necessidade de alteração da relação entre o uso e a preservação dos recursos naturais, surge a importância da atribuição de valor econômico aos bens naturais, antes incorporados a

processos produtivos sem que se observasse sua relevância na manutenção de ecossistemas.

Conforme descrito em Seroa da Motta (1998), embora o uso de recursos ambientais não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe, na medida em que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade. Diante da presença dessas externalidades ambientais, temos uma situação oportuna para a intervenção governamental. Essa intervenção pode incluir instrumentos distintos, tais como: a determinação dos direitos de propriedade, o uso de normas ou padrões, os instrumentos econômicos, as compensações monetárias por danos e outros.

A valoração ambiental é essencial caso se pretenda que a degradação da grande maioria dos recursos naturais seja minimizada antes que ultrapasse o limite da irreversibilidade, como apresentado em Schweitzer (1990). Porém, dentro dessa necessidade expressada, Constanza et. al. (1997) afirma que para preservar o capital natural é necessário realizar avaliações de forma direta, ao invés de negar sua existência.

Entretanto, destacam-se duas razões principais para moderar as expectativas no que se refere à valoração ambiental. A primeira é que, em geral, a valoração econômica é o último passo na análise. Previamente à avaliação dos impactos econômicos, é necessário entender e medir os efeitos físicos, químicos e biológicos das atividades. A segunda razão é a imperfeição em arbitrar valores monetários a bens e serviços não-transacionados em mercados, com métodos empíricos e conceitos disponíveis, como define Hufschmidt et. al. (1983). Uma

observação fundamental desses autores é que também existem aspectos da qualidade ambiental e sistemas naturais (ecossistemas) que são importantes para a sociedade, mas que não podem ser prontamente valorados em termos econômicos.

Dessa complexidade de percepções sobre a temática apresentada neste estudo, surge esta abordagem dual, ora discutindo os principais métodos de valoração ambiental aplicáveis aos sítios contaminados, ora apresentando as principais técnicas de remediação para o cenário de contaminação por hidrocarbonetos.

Em virtude da falta de legislação específica, é apresentada no ANEXO I uma revisão da legislação ambiental no âmbito federal e no âmbito do Estado de São Paulo. Esta revisão pode ser utilizada de forma orientativa em questões que envolvam a contaminação por hidrocarbonetos.

Além disso, para que a avaliação dos processos de remediação seja feita com maior acerto, em especial quanto ao seu cenário de aplicabilidade, uma breve introdução às principais e mais recentes técnicas e tecnologias de remediação é apresentada no ANEXO II. Ressalta-se que o objetivo não é esgotar a discussão sobre a adequação e eficácia dos métodos empregados para este fim, mas sim, de forma sucinta, introduzir alguns conceitos gerais sobre esta temática, auxiliando quem possa encontrar-se premido pela necessidade de valorar um cenário de contaminação ambiental por derivados de petróleo ou outros contaminantes e envolto em discussões técnicas sobre uso de sistemas de remediação ambiental. No entanto, cabe ainda destacar que o uso de técnicas de forma conjugada ou o trem da

remediação (*remediation train*), como discutido por Furtado e Sillos (2005), tem sido a realidade dos processos de remediação, conferindo eficácia, agilidade e menor custo aos mesmos.

Ainda sobre a discussão deste tema cabe conceituar, conforme apresentado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001), em seu *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*, que uma área contaminada é o local ou terreno onde há, comprovadamente, poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se na subsuperfície, nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não-saturada e saturada, além de paredes, pisos e estruturas de construções.

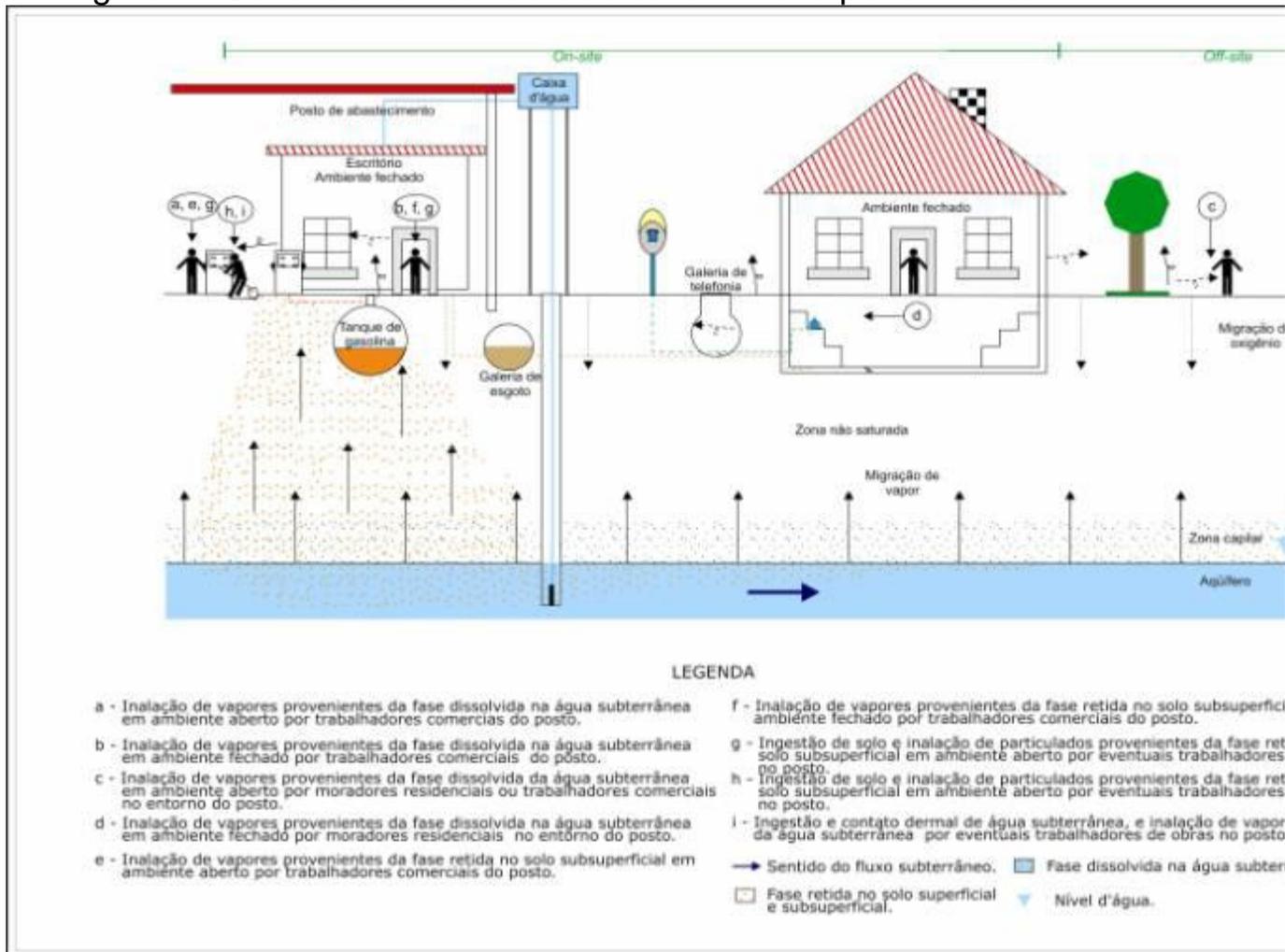
De acordo com Cunha (1997), a origem das áreas contaminadas pode estar associada a diferentes fontes de poluição, sendo comum a observação destes problemas ambientais em áreas industriais, de deposição de resíduos e, em especial, as utilizadas para armazenamento e distribuição de produtos químicos ou combustíveis.

As vias de exposição ao ser humano, quando os cenários de risco passam a existir, são associadas ao ar, ao próprio solo, às águas subterrâneas e superficiais. Estes meios são alterados em suas características naturais de qualidade, determinando-se impactos

negativos e/ou riscos de agravo à saúde pública e, também, aos bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

A Figura 1 resume, de forma esquematizada, os cenários de exposição observados em um sítio típico de comercialização de combustíveis hidrocarbonetos.

Figura 1 - Cenários de risco de sítio contaminado por combustível



Fonte: SERVIMAR (2005)

Com o objetivo de facilitar a compreensão da problemática aqui apresentada, os cenários de risco destacados serão os relacionados à presença de fase livre sobre as águas subterrâneas (que é considerado nos estudos de avaliação de risco como uma situação na qual há risco iminente) e sítios que contenham contaminação do solo, água subterrânea e vapores orgânicos em concentrações que possam gerar a necessidade de ação corretiva.

Com relação aos fatores de exposição existentes em um posto de serviços, é importante salientar que a intensidade da circulação de pessoas será um importante indicador de sua gravidade. Destaca-se que essa presença em postos de serviços, cada vez mais, vai além da questão do abastecimento de combustível ou manutenção do veículo. Observa-se, também, uma intensa interação social em função dos serviços oferecidos, a saber: bancos, farmácias, lanchonetes, lojas de conveniência etc. Esse fato traz consigo alguns agravantes em termos de risco à saúde humana, destacando-se:

- os trabalhadores que atuam nos postos de serviço (seja no abastecimento de combustíveis ou no atendimento das lojas), ficam por dezenas de horas por semana expostos a vapores de hidrocarbonetos;
- há risco de alteração de qualidade de alimentos que são armazenados nas lojas de conveniência, pela influência dos vapores orgânicos, pois nem sempre suas embalagens são barreiras adequadas à entrada desses gases.

Esse fato foi evidenciado pela proibição estabelecida pela lei nº13.721, de 9 de janeiro de 2004, da Prefeitura de São Paulo, ao

comércio de água mineral em postos de serviço, dada à suscetibilidade de contaminação dessa água.

A avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente tem se desenvolvido e ganho importância na gestão de áreas contaminadas. Conforme apresentam Khadam e Kaluarachchi (2003), os alvos de remediação deverão ser estabelecidos conforme o risco avaliado, pois a recuperação de áreas contaminadas, por exemplo, a recuperação de águas subterrâneas para níveis de potabilidade, podem ser:

- a) impraticáveis, em função de aspectos hidrogeoquímicos;
- b) não factíveis em função do tipo de contaminação existente;
- c) de custo impraticável, em especial para fases residuais, as quais denotam longos prazos de remediação, aumentando expressivamente os investimentos envolvidos, mesmo que não apresentem riscos consideráveis ao meio ambiente e à saúde humana.

Desde que foi apresentada como instrumento de gestão de áreas contaminadas pela EPA (1989a b e 1991), alguns problemas na utilização da avaliação de risco foram explicitados, destacando-se, conforme apresentado em Khadam e Kaluarachchi (2003) e Cunha (1997):

1. o conhecimento da toxicidade de diversos contaminantes;
2. a compreensão das vias de exposição;
3. o sinergismo ou antagonismo entre substâncias;
4. a inexistência de avaliação de impactos socio-econômicos das populações afetadas;
5. a incerteza e variabilidade das informações de campo;

6. a inadequada percepção dos agentes envolvidos sobre a extensão do risco existente.

Sobre este último aspecto, convém atentar que o risco de câncer de uma população exposta a um cenário de contaminação será o risco total, que é a somatória do risco adicional (advindo da contaminação) e o risco básico (decorrente de exposições inerentes às condições normais de vida da população), conforme define Cunha (1997). O risco adicional de agravo de câncer na população é de 10^{-4} a 10^{-6} , na determinação de alvos de remediação de contaminações, enquanto que o risco básico de desenvolvimento de câncer na população do estado de São Paulo é de 15,6% (SEADE, 2002).

Destaca-se ainda, na questão da avaliação de risco que a normatização deste recurso de gestão possibilitará, que o mesmo passe a ter força de lei e, portanto, permita sua aplicação sem que haja questionamento futuro, apesar das limitações na aplicação dos métodos de avaliação de risco, como já apresentado.

Com relação à questão legal da gestão de áreas contaminadas (AC), os instrumentos jurídicos aplicados estão em desenvolvimento, tanto no Brasil como em diversos outros países. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001) descreve o cenário atual:

- **Internacional:** nos países industrializados, as primeiras leis específicas promulgadas no final dos anos 80 têm caráter predominantemente corretivo, sem tratar muito de aspectos preventivos no sentido de evitar futuras contaminações e de garantir a qualidade ambiental do solo e das águas subterrâneas.

Em particular, a questão das responsabilidades, os valores referenciais para a qualidade do solo e das águas subterrâneas (valores-limite), as exigências a respeito da investigação, da avaliação de risco e da remediação de áreas contaminadas, a atuação interinstitucional, a participação dos municípios e a questão de financiamento são abordadas somente nas leis mais recentes e modernas sobre áreas contaminadas.

- **Brasil:** não existe uma legislação específica para as questões que envolvem áreas contaminadas e sua remediação. No entanto, a legislação ambiental existente oferece alguma base, referindo-se indiretamente a diferentes aspectos desta problemática, por exemplo, os itens que abordam a preservação ou a recuperação da qualidade ambiental, os instrumentos legais, como as políticas nacional ou estadual de meio ambiente e diretrizes e normas para o controle de poluição. Há também leis específicas que estabelecem instrumentos legais especiais para o problema de áreas contaminadas.

Observa-se, portanto, a incipiência do tema no que se refere à sua regulamentação. Completam o panorama, entre outros aspectos: as questões práticas de como recuperar áreas contaminadas com hidrocarbonetos e quais os objetos da mitigação; os custos diretos e indiretos envolvidos no trabalho; a percepção da sociedade quanto à problemática das áreas contaminadas e quanto ao risco efetivo a que está sujeita.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivos:

- a) discutir o contexto do problema dos danos ambientais resultantes da contaminação dos solos e águas subterrâneas por vazamentos de hidrocarbonetos de petróleo utilizados como combustíveis (gasolina, óleo diesel etc.);
- b) valorar esses danos por meio da aplicação de dois métodos de valoração ambiental:
 - b.1) custo direto de remediação das áreas impactadas;
 - b.2) valoração contingente (MVC), mediante a determinação da disposição a aceitar (DAA) os danos ambientais causados por vazamentos de combustíveis pelos moradores da vizinhança impactada;
- c) interpretar os resultados obtidos por ambas as técnicas, possibilitando uma melhor compreensão dos seus significados.

Adicionalmente, avaliou-se a possibilidade de aplicação do método de preços hedônicos, em função da percepção do mercado imobiliário sobre a temática proposta.

1.2 Justificativa

As duas fontes abastecedoras de água para indústrias e cidades, segundo Cordazzo (2000), são as chamadas águas de superfície (rios, lagos etc.) e águas subterrâneas (aqüíferos). Estas últimas,

principalmente, têm sido freqüentemente contaminadas por vazamentos, derrames e acidentes durante a exploração, refinamento, transporte e operações de armazenamento de petróleo e seus derivados.

Bratberg e Hopkins (1995) afirmam que a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA) estima que existam mais de 1,5 milhão de tanques subterrâneos para armazenamento de produtos químicos nos Estados Unidos, nos quais, semanalmente, são encontrados mais de mil novos vazamentos.

Estes vazamentos acarretam custos de remediação para as empresas envolvidas que, como se observa na Tabela 1, a qual apresenta exemplos de áreas contaminadas por hidrocarbonetos do petróleo nos Estados Unidos, podem variar de forma expressiva em função do impacto causado ao sítio contaminado e, também, da tecnologia adotada para a descontaminação, entre outros fatores.

Tabela 1 - Custo de remediação de áreas contaminadas - EUA

SÍTIOS	DATA	TÍTULO	AUTORES	CARACTERÍSTICAS	TÉCNICA ADOTADA	CUSTO DE INSTALAÇÃO (POR SÍTIO)	CUSTO OPERACIONAL (POR SÍTIO)
18 Áreas de abastecimento da aeronáutica americana	2001	Bioslurping of LNAPL at Multiple Air Force Sites	Jeff Cornell	Estudo de diversos sítios contaminados com combustíveis em fase livre da aeronáutica americana nos EUA	MPE - Extração Multifásica	US\$ 92.507,00	US\$ 74.000,00
Área de abastecimento de combustíveis de 800 hectares. (EUA)	1995	Dynamic Underground Stripping Demonstration at DOE's Lawrence Livermore National Laboratory, Gasoline Spill Site, Livermore, California (1995)	Kathy Kaufman e Kathy Willis	Estudo de aplicação de 3 técnicas conjugadas em um sítio da marinha americana	Injeção de vapor aquecido, aquecimento do solo e extração de vapores	US\$ 1.700.000,00	US\$ 8.740.000,00
Posto de serviço	2001	Multi-Phase Extraction and Air Sparging/Soil Vapor Extraction at Scotchman #94, Florence, South Carolina (2001)	Kimberly Wilson, P.G.	Estudo de aplicação de técnicas conjugadas de remediação em área de posto de serviço na Carolina do Sul - EUA	MPE - Extração Multifásica conjugado com AS/SVE (Air Sparging e extração de vapores)	-	US\$ 383.000,00
Posto de serviço	2000	Multi-Phase Extraction at the 328 Site, Santa Clara, CA (2000)	Jeffrey C. Bensch	Aplicação de técnicas de extração com pressão negativa em área de posto de serviço em Santa Clara, Califórnia - EUA	DPE - Extração Duo-Fásica	US\$300.000,00	US\$ 450.000,00
Posto de serviço localizado em base da força aérea americana	2000	Monitored Natural Attenuation at Keesler Air Force Base, Mississippi (2000)	John Hicks	Keesler Air Force Base Service Station	ANM- Atenuação Natural Monitorada	US\$ 100.000,00	US\$ 160.000,00

Fonte: Adaptado da United States Environmental Protection Agency (2004).

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo (2005), em 2003 o Brasil possuía 31.435 postos de serviço distribuídos conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de postos de serviço por bandeira, nas Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2003.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Quantidade de postos revendedores de combustíveis automotivos								
	Total	BR	Ipiranga	Texaco	Esso	Shell	Agip	Bandeira Branca	Outras
Brasil	31.435	5.296	3.955	2.475	2.088	1.960	1.073	10.142	4.446
Região Norte	1.659	353	77	164	39	2	9	687	328
Rondônia	304	36	23	16	7	-	-	148	74
Acre	79	31	-	-	-	-	-	37	11
Amazonas	332	57	1	19	6	-	-	118	131
Roraima	72	39	-	-	-	-	-	25	8
Pará	568	122	28	86	21	2	-	219	90
Amapá	70	20	-	30	-	-	-	20	-
Tocantins	234	48	25	13	5	-	9	120	14
Região Nordeste	5.649	1.279	339	463	300	269	3	1.725	1.271
Maranhão	458	74	16	37	23	2	-	224	82
Piauí	365	91	-	22	17	-	-	191	44
Ceará	876	262	30	83	41	39	2	238	181
Rio Grande do Norte	448	99	29	21	17	18	-	112	152
Paraíba	535	60	17	63	9	11	-	192	183
Pernambuco	1.052	197	59	94	50	75	-	321	256
Alagoas	312	95	26	36	12	21	-	92	30
Sergipe	186	54	29	23	20	14	-	24	22
Bahia	1.417	347	133	84	111	89	1	331	321
Região Sudeste	14.624	2.107	1.499	930	1.135	1.205	719	5.498	1.531
Minas Gerais	4.065	721	426	265	224	226	262	1.478	463
Espírito Santo	596	97	53	75	67	42	-	160	102
Rio de Janeiro	2.027	348	278	148	201	201	20	665	166
São Paulo	7.936	941	742	442	643	736	437	3.195	800
Região Sul	6.653	1.098	1.675	672	503	415	73	1.126	1.091
Paraná	2.519	362	535	229	216	164	27	634	352
Santa Catarina	1.713	246	330	241	122	91	16	242	425

Continua na página seguinte.

Tabela 2 - Quantidade de postos de serviço por bandeira, nas Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2003. (Continuação)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Quantidade de postos revendedores de combustíveis automotivos								
	Total	BR	Ipiranga ¹	Texaco	Esso	Shell	Agip	Bandeira Branca ²	Outras ³
Rio Grande do Sul	2.421	490	810	202	165	160	30	250	314
Região Centro-Oeste	2.850	459	365	246	111	69	269	1.106	225
Mato Grosso do Sul	560	107	112	34	24	-	83	127	73
Mato Grosso	744	82	99	39	21	3	97	330	73
Goiás	1.250	141	128	145	46	31	89	596	74
Distrito Federal	296	129	26	28	20	35	-	53	5

Fonte: Agência Nacional do Petróleo (2003)

Soma-se a esse total os diversos dispositivos de armazenagem e distribuição de combustível existentes, tais como: postos de abastecimento industriais, TRR (transportadores, revendedores e retalhistas de combustível), bases de combustível, tanques para abastecimento para as indústrias naval e aeronáutica, usinas de agronegócios etc.

Um sério agravante é o fato de que a maior parte desses dispositivos surgiu na década de 70, quando houve um grande aumento do número de postos de serviço no Brasil, de maneira que, segundo Nossa (2002), a maior parte está próxima do final de sua vida útil. Como conseqüência, é de se esperar um aumento na ocorrência de vazamentos nos postos por todo o país. Ainda segundo Nossa (2002), a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) estima que 5 milhões de pessoas vivem próximas a sítios com contaminação ambiental. Como exemplo da gravidade dessa situação, relata Cadorin (1996 apud CORDAZZO, 2000), a prefeitura de Joinville (SC) realizou estudos nos 65 postos da cidade e constatou que somente um deles não continha algum tipo de contaminação do lençol freático.

O estado de São Paulo, com mais de 8 mil postos de serviço instalados – o que corresponde a 55% do total de postos na região sudeste e a 26 % do total do país –, é o foco do estudo deste trabalho, tendo em vista que a maioria desses estabelecimentos apresenta algum tipo de passivo ambiental por vazamentos de combustíveis. Para se ter uma idéia da importância e gravidade desse problema, relacionam-se, a seguir, reportagens publicadas de 2002 a 2005 nos jornais *Folha de S. Paulo* e *O Estado de S. Paulo* sobre temas relacionados a vazamentos em áreas de estocagem de combustíveis ou durante o transporte, em ordem decrescente da data de publicação.

Folha de S. Paulo

1. Kirchner faz novos ataques contra a Shell - 12/03/2005
2. Cetesb quer que proprietário de posto pague por descontaminação de solo - 29/01/2005
3. Cetesb apura vazamento em posto clandestino - 28/01/2005
4. Áreas contaminadas - 15/11/2004
5. Total de áreas contaminadas em SP dobra, diz a Cetesb - 10/11/2004
6. SP detecta 750 novas áreas contaminadas - 10/11/2004
7. Shell é denunciada por poluir Vila Carioca - 14/04/2004
8. Posto quer dividir culpa com rede - 04/11/2003
9. Cetesb confirma 472 novas áreas contaminadas em SP - 30/10/2003
10. Nova bactéria é arma contra poluição do solo - 03/07/2003
11. Paulínia tem mais 7 áreas contaminadas - 09/05/2003
12. Ar da Vila Carioca será monitorado - 19/07/2002
13. Alvará depende de aval ambiental - 15/07/2002
14. Vila de SP tem água contaminada, diz laudo - 15/06/2002

15. Contaminação começou há cerca de 30 anos - 10/06/2002
16. Bairro concentra quase cem indústrias e tráfego intenso - 10/06/2002
17. Contaminação extrapola limites da Shell - 13/05/2002
18. Shell tem uma semana para regularizar área - 08/05/2002
19. Contaminação ameaça 30 mil em São Paulo - 20/04/2002

O Estado de S.Paulo

1. Águas clandestinas - 03/10/2004
2. Contaminação de solo pode parar obra de túnel na Cidade Jardim - 13/02/2004
3. Áreas contaminadas – 01/11/2003
4. "Concordata ambiental" pode reduzir riscos - 30/04/2003
5. Vazamento de postos deixa 5 milhões em risco - 25/10/2002
6. Suspeita de vazamento fecha posto nos Jardins - 20/08/2002
7. Postos de gasolina começam a ser licenciados - 02/07/2002
8. CPI quer interditar Shell na Vila Carioca - 06/07/2002
9. CPI dos Combustíveis denuncia vazamento de tanques em depósito - 26/06/2002
10. Vazamento - 17/06/2002
11. Fungos poderão descontaminar solo com organoclorados - 13/06/2002
12. CPI faz exames perto de área da Shell - 08/06/2002
13. Vereador acusa Petrobrás de contaminação - 06/06/2002
14. Unicamp testa processo de remediação para áreas contaminadas - 29/05/2002
15. Número de áreas contaminadas em SP pode ser maior - 25/05/2002
16. Cetesb divulga mapa da contaminação - 21/05/2002
17. Shell advertida: contaminação no Ipiranga - 24/04/2002

18. Ambientalistas pedem mais informações sobre áreas contaminadas - 05/04/2002

19. Radar determina plumas de contaminação no solo - 04/04/2002

Assim como na imprensa escrita, o rádio e a televisão apresentam com freqüência situações de áreas contaminadas por vazamentos e suas conseqüências.

Em todos os casos, é comum o desgaste da imagem das empresas envolvidas nos problemas reportados, assim como se questiona o papel do Estado como regulador e fiscalizador das atividades dessas empresas. Acabam, portanto, no banco de réus o agente poluidor e as agências ambientais, sendo a ambos atribuída a responsabilidade pelo dano ambiental.

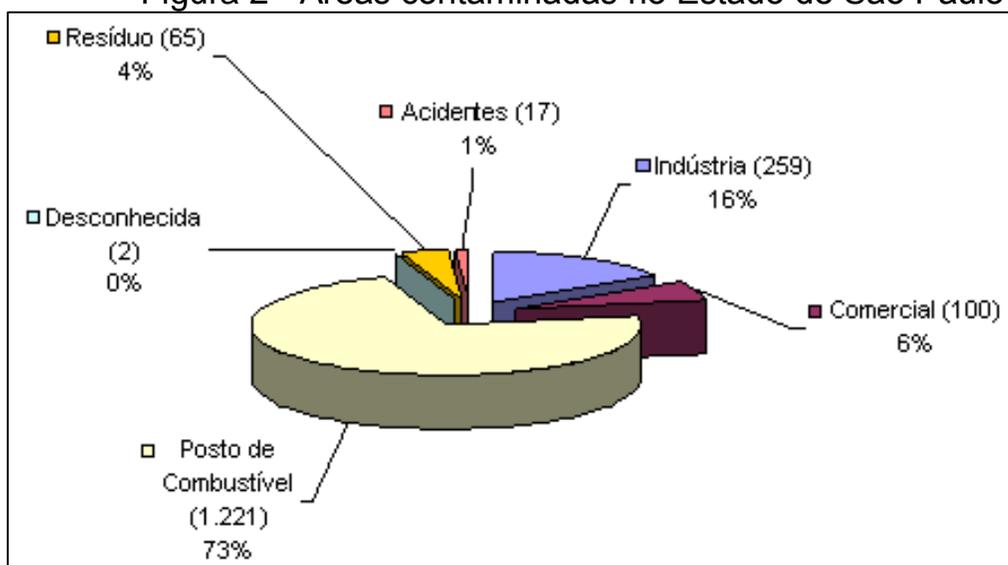
Em termos de trabalhos acadêmicos, especialistas de várias áreas de conhecimento têm colaborado para a compreensão dos danos causados por vazamentos. Dentre estes trabalhos, pode-se citar:

- Oliveira (1992) propôs um método de avaliação desse tipo de sítio, bem como as adequações a que os postos de serviço deveriam ser submetidos;
- Corseuil (1996) estudou a mecânica de transporte de contaminação de benzeno, tolueno, xilenos e etilbenzeno em solo e água em função da presença de etanol na gasolina;
- Cunha (1997) aplicou método de avaliação de risco para embasar as decisões quanto à necessidade de remediar áreas contaminadas;

- Dourado (1998) propôs-se a estudar as tecnologias de tratamento e a tratabilidade de efluentes com alta concentração de hidrocarbonetos do petróleo (gasolina);
- Cordazzo (2000) apresentou estudo de transporte em subsuperfície de contaminação por derramamento de gasolina acrescida de álcool;
- Pereira (2000) discutiu a oscilação da espessura de fase livre de combustíveis em poços de monitoramento, em função da adição de álcool ao combustível;
- Kurozawa (2006) desenvolveu estudo de biorremediação de hidrocarbonetos no solo e água subterrânea com a aplicação da técnica de bioestimulação.

Corroborando esta preocupação, a estatística de áreas contaminadas apresentada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006), e mostrada na Figura 2, a qual indica a grande porcentagem de contaminações por postos de serviço, em relação ao total de áreas com alteração de qualidade ambiental. Esse levantamento foi apresentado em maio de 2006, cobrindo um cadastro com um total de 1664 áreas contaminadas. Porém, conforme apresentado em “Total de áreas contaminadas em SP dobra, diz a Cetesb” (TOTAL... 2004, p. A1), a Cetesb estima que o número real seja sempre maior do que o apurado em seu cadastro.

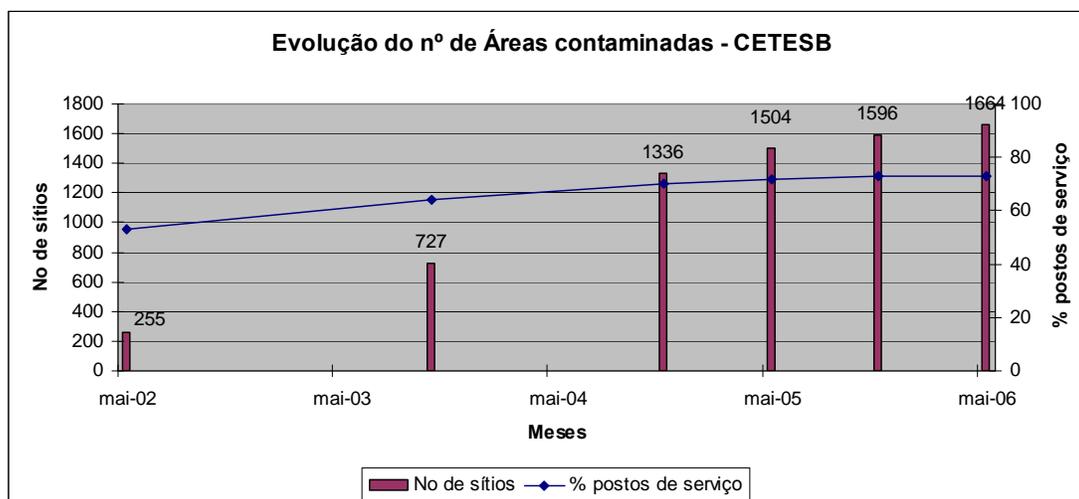
Figura 2 - Áreas contaminadas no Estado de São Paulo



Fonte: COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2006).

O gráfico apresentado na Figura 3 mostra a evolução do número de áreas contaminadas cadastradas, apresentado pela Cetesb nos anos de 2002 a 2006, destacando, também, a participação dos postos de serviço, a qual vem aumentando em proporção a cada levantamento:

Figura 3 - Evolução do número de sítios cadastrados na lista de áreas contaminadas no Estado de São Paulo



Fonte: Dados da CETESB (2002 a 2006).

Deve-se salientar que a expressiva participação dos postos de serviço no número de áreas contaminadas do cadastro da CETESB (73% em 2006), tem origem no processo de licenciamento ambiental desta atividade, a qual obriga os postos a efetuarem o levantamento de passivo ambiental. Conforme esta exigência passe a fazer parte do processo de licenciamento das indústrias do estado, uma nova proporção entre os casos de postos e de outros segmentos deverá ser observada, reduzindo-se a participação percentual dos mesmos.

Faz-se necessário, ainda, destacar alguns pontos sobre a gravidade da contaminação do meio ambiente por combustíveis:

- em geral, são misturas de substâncias químicas, muitas delas de caráter carcinogênico e que, quando o ser humano é exposto a elas, por algum meio de transporte, como ar, água ou solo, podem causar sérios riscos à saúde;
- alguns destes compostos, como o benzeno, são considerados perigosos por serem depressores do sistema nervoso central e por causarem leucemia em exposições crônicas (Cordazzo, 2000);
- há um uso freqüente desses produtos em situações cotidianas, por exemplo, no abastecimento de veículos, fato que aumenta a chance de negligência em suas aplicações, no manuseio e na disposição final;
- o vazamento ou derrame de quantidades pequenas destes produtos pode gerar passivo ambiental de grandes proporções e

de difícil dimensionamento e remediação. A gravidade desta constatação pode ser mensurada pelo limite tolerável de uma das substâncias químicas comumente encontrada nos combustíveis: o benzeno, o qual possui limite de potabilidade de 5µg/L, segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

- a remediação desses passivos, além de ser processo oneroso, possui, em geral, cronograma extenso, podendo chegar a alguns anos, tornado indisponíveis, em muitos casos, as águas subterrâneas para abastecimento humano.

O quadro descrito para este tipo de problema ambiental, em especial para contaminações por gasolina, possui um diferencial no Brasil, quando comparado a outros países, pois a gasolina é misturada com aproximadamente 24% de álcool anidro (etanol), segundo permissão do Decreto Lei nº 2607, de 15 de junho de 1998, da Agência Nacional de Petróleo (Brasil, 1998). Essa mistura pode resultar, como afirmam Corseuil e Alvarez (1996), em um comportamento completamente diferente no deslocamento das plumas de fase livre ou dissolvida. Além disso, segundo Barker *et. al.* (1997), álcoois podem aumentar expressivamente a solubilidade de compostos como o benzeno na água, agravando o cenário de contaminações por hidrocarbonetos. Isto quer dizer que experiências de remediação dos locais contaminados por derramamentos de gasolina no Brasil devem levar em conta a especificidade desse combustível, incluindo-se, no processo de estudo do transporte da contaminação, o componente etanol.

Ainda sobre a contaminação das águas subterrâneas, vale recordar que a Primeira Conferência Mundial de Água, realizada em Mar Del Plata em 1977, considerou que cerca de 70 % das cidades carentes de água potável no Terceiro Mundo poderiam ser abastecidas de forma mais barata e rápida utilizando-se águas subterrâneas, como lembra Rebouças (1994).

Merecem ser citados ao menos sete fatores de competitividade das águas subterrâneas em relação a outras fontes possíveis de captação, conforme apresentado na *Revista do Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura* (1999):

1. Volumes estocados muito grandes e velocidades de fluxo muito baixas (cm/dia) resultam em um manancial pouco afetado pelas variações sazonais.
2. As águas subterrâneas encontram-se relativamente melhor abrigadas contra agentes potenciais ou efetivos de poluição, devido à proteção de uma zona de material rochoso não-saturado.
3. Quando captadas de forma adequada, não têm custos de clarificação, entre outros.
4. A forma de ocorrência extensiva possibilita sua captação nos locais onde são geradas as demandas.
5. Os prazos de execução das obras de captação são relativamente curtos e os investimentos, em geral, são relativamente pequenos.
6. Os aquíferos não sofrem processos de assoreamento nem perdem grandes volumes de água por evaporação.
7. Devido a uma série de fatores que restringem a utilização de águas superficiais, bem como ao crescente aumento do custo do seu tratamento, a água subterrânea está se constituindo na alternativa mais viável aos usuários e tem apresentado uso crescente nos últimos tempos.

Na Tabela 3, são apresentados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004) sobre a origem das águas captadas para consumo, tanto no Brasil como na região metropolitana de São Paulo:

Tabela 3 - Fonte de água para abastecimento público por distrito						
Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais	Total de Distritos	Superficial	Poço raso	Poço profundo	Adutora de água bruta	Adutora de água tratada
Brasil	9 848	4 236	774	4 609	1 160	1 549
Região Sudeste	3 115	1 917	230	1 499	557	605
Estado de São Paulo	1 022	533	105	677	242	344
Região Metropolitana de São Paulo	162	152	3	115	10	47

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004)

Observa-se que mais de 70% dos distritos de São Paulo fazem algum uso de águas subterrâneas para abastecimento público. É necessário, porém, considerar que o número real de poços instalados é provavelmente superior ao indicado pelo IBGE, em função da outorga desses poços não ser procedimento sempre realizado pelos seus usuários.

Cabe salientar que, em caso de áreas contaminadas em que se inviabilizou a captação de água para consumo humano, as empresas são responsabilizadas pelo custo da geração de alternativa de suprimento de água, seja pelo fornecimento de caminhão pipa, pagamento de contas de água da rede pública (nos casos de contaminação de poços artesianos) ou mesmo instalação de novos poços para captação de água em horizontes aquíferos não contaminados. A Tabela 4, adaptada de Ainsworth e Jehn (2005), apresenta alguns casos de sítios contaminados em que houve

necessidade de aporte financeiro para compensação de problemas ambientais com as águas de abastecimento humano, tanto nos Estados Unidos, como no Brasil (dados do autor).

Tabela 4 - Custo de fornecimento de alternativa de abastecimento de água em sítios contaminados			
Localização	Contaminação	Ação de reparo	Custo (aproximado)
EUA			
Perryton, Texas	Tetracloroeto de Carbono	Proteção da fonte	R\$ 550.000,00
Rockford, Illinois	Solvente	Substituição da captação de água subterrânea	R\$ 25.300.000,00
Rouseville, Pennsylvania	Hidrocarbonetos de Petróleo	Substituição da captação de água subterrânea	R\$ 3.300.000,00
Hereford, Texas	Hidrocarbonetos de Petróleo	Substituição da captação de água subterrânea	R\$ 396.000,00
BRASIL			
Recife, PE	Hidrocarbonetos de Petróleo	Fornecimento de água por caminhão pipa	R\$ 1.600.000,00
Belém do Pará, PA	Hidrocarbonetos de Petróleo	Instalação de novos poços de captação, reservatório e tratamento	R\$ 3.500.000,00
São Bernardo do Campo, SP	Hidrocarbonetos de Petróleo	Desapropriação de residência e custo de remediação	R\$ 500.000,00

Fonte: Adaptado de Ainsworth e Jehn (2005).

Como a maioria dos casos de contaminação por vazamentos em postos de serviço acaba por gerar, em termos econômicos, a necessidade de investimento em sua remediação, serão objetos de integração na abordagem ora apresentada: as dimensões que a externalidade deste problema pode gerar, a avaliação da extensão do impacto do vazamento de hidrocarbonetos do petróleo na vizinhança do sítio, o custo de reparação das áreas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo e a disposição a aceitar (DAA) dos moradores de São Paulo,

quando sujeitos a esta situação. Com relação ao custo de remediação ou de reposição dos ativos ambientais afetados, Hahn (2002) destaca que se trata de um valor aproximado do dano ambiental e não uma medida do benefício de evitar o dano.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Bases teóricas da valoração ambiental

Comune e Marques (1997) resumem que os trabalhos de valoração podem seguir três linhas de estudos:

- Economia do meio ambiente e dos recursos naturais – teoria neoclássica;
- Economia ecológica – fluxos de energia dos ecossistemas;
- Economia institucionalista – custos de transação em busca da qualidade ambiental.

Salientam estes autores que a abordagem neoclássica é, até o momento, a de maior amplitude de aplicação e uso, apesar de suas limitações.

Segundo Mota (2000) a abordagem neoclássica tem sua base e utilização centrada em 8 pontos principais apresentados a seguir.

Ponto 1: o consumidor é soberano em seu processo de escolha, maximizando sua preferência com base na utilidade dos bens/serviços e sujeitando-se à sua restrição orçamentária.

Ponto 2: a absorção das flutuações econômicas é sinalizada pelo mercado, o qual tem capacidade para internalizar as variações de oferta e demanda e absorver os anseios dos produtores e consumidores.

Ponto 3: o consumidor é racional, pois escolhe uma cesta de bens/serviços conforme o grau de utilidade que essa lhe proporciona, tendo a renda como a sua fronteira de gastos.

Ponto 4: o consumidor ordena suas preferências, priorizando uma cesta de mercado que seja capaz de lhe proporcionar maiores níveis de utilidade, já que suas preferências são completas (assumirá uma cesta de mercado), são transitivas (suas preferências são racionais) e são desejáveis (o consumidor sempre prefere maiores quantidades de bens/serviços).

Ponto 5: a lógica do consumidor é que as diversas aquisições de bens econômicos e ativos naturais propiciam-lhe ganhos de bem-estar, o qual é mensurado pelo excedente do consumidor, calculado pela diferença entre o preço que estaria disposto a pagar e o preço que realmente paga para adquirir um bem/serviço econômico/natural.

Ponto 6: as análises econômicas se ancoram na expressão *coeteris paribus*, ou seja, mantida as demais variáveis constantes, uma variável somente é afetada por outra variável explicativa.

Ponto 7: os neoclássicos defendem que a exploração do capital natural pode ser compensada pelos avanços do capital manufaturado, isto é, quando a elasticidade de substituíbilidade entre o capital natural e o capital manufaturado for superior à unidade e quando a taxa de crescimento da população for inferior à taxa de avanço técnico.

Ponto 8: para os neoclássicos, as decisões de políticas públicas são tomadas em função da análise custo-benefício, a qual se constitui

como regra na comparação de custos e benefícios decorrentes de escolhas feitas pelo consumidor relativas à aquisição de bens/serviços naturais. A análise de decisão baseia-se em pressupostos da gestão financeira de ativos, tais como a taxa interna de retorno e o valor presente líquido.

Convém, no entanto, anteriormente à apresentação de equações matemáticas que expressem soluções para o cálculo do valor ambiental de recurso natural, atentar a algumas características da economia neoclássica destacadas por Comune e Marques (1997):

- Busca estabelecer valores para os recursos ambientais, mesmo que não exista mercado para os referidos bens.
- O sistema de mercado não se responsabiliza por todos os valores atribuídos aos sistemas naturais – valores intangíveis.
- O meio ambiente é provedor de bens e serviços de três formas:

Forma I – bens e serviços ambientais transacionados pelo mercado, com seu preço referido.

Forma II – bens não transacionados no mercado, sem preço explícito, porém com valor determinado por meio de mecanismo político de negociação e acordo.

Forma III – bens intangíveis e de difícil atribuição de valor, como a biodiversidade de florestas tropicais, o ciclo do carbono etc.

Seroa da Motta (1997) apresenta a seguinte equação para a valoração ambiental de um recurso natural, conforme a economia neoclássica:

$$\mathbf{VERA = VUD + VUI + VO + VE, \text{ onde:}}$$

- **VERA** – Valor econômico do recurso ambiental;
- **Valor de Uso Direto (VUD)** – quando o indivíduo realmente utiliza um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto;
- **Valor de Uso Indireto (VUI)** – quando o benefício atual do recurso deriva-se das funções ecossistêmicas, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas;
- **Valor de Opção (VO)** – quando o indivíduo atribui valor no uso direto e indireto para bens e serviços ambientais que poderão ser optados em futuro próximo e cuja falta de preservação pode ameaçá-los. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas de florestas tropicais.
- **Valor de existência (VE)** – representa o *valor de não-uso* (ou *valor passivo*), embora represente consumo ambiental e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruísta em relação, por exemplo, ao direito de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não

representem uso atual ou futuro para o indivíduo. Uma expressão simples deste valor é o grande apelo da opinião pública para salvamento de baleias ou sua preservação em regiões remotas.

A escolha do método de valoração apropriado tem que ser decidida com base na especificidade de cada caso considerando qual parcela do valor econômico está se querendo medir, vis-à-vis as informações disponíveis.

Ribas (1996) discute algumas das principais técnicas aplicáveis no processo de valoração ambiental:

- (i) Método da Valoração Contingente (MVC) – atribuição de valor monetário às hipotéticas mudanças ambientais, qualitativas e quantitativas, fluxo de serviços.

Segundo Faria (1998), a idéia básica do MVC é que as pessoas têm diferentes graus de preferência ou gostos por diferentes bens ou serviços e isso se manifesta quando elas vão ao mercado e *pagam* quantias específicas por eles. Isto é, ao adquiri-los, elas expressam sua *disposição a pagar* (DAP) por esses bens ou serviços. Esse método busca extrair não só a DAP, mas também a disposição a aceitar (DAA) de uma amostra de consumidores por uma mudança positiva ou negativa, respectivamente, no nível do fluxo do serviço ambiental por meio de questionamento direto, supondo um mercado hipotético cuidadosamente estruturado. Além disso, Hahn (2002) destaca que esse método é aplicável a vários problemas ambientais e é o único que incorpora o valor de existência e de opção nas estimativas, pois, em sua composição, os entrevistados fazem um julgamento holístico,

expressando uma visão de coletividade e um desejo de ver os bens públicos utilizados de maneira responsável e conservados para gerações futuras.

Deve-se atentar, como visto em Hahn (2002), que esse tipo de avaliação costuma captar grande número de respostas de protesto (valores implausíveis ou infinitos).

- (ii) Preços Hedônicos (ou preço implícito) – criação de um mercado substituto.

A base deste método, define Seroa da Motta (1997), é a identificação de atributos ou características de um bem composto privado cujos atributos sejam complementares a bens ou serviços ambientais. Identificando esta complementaridade, é possível mensurar o preço implícito do atributo ambiental no preço de mercado quando outros atributos são isolados.

Como exemplo mais associado à valoração ambiental, o referido autor cita os preços de propriedades. Diferentes unidades de propriedade terão diferentes níveis de atributos ambientais (qualidade do ar, proximidade a um sítio natural etc) e, portanto, se estes atributos são valorados pelos indivíduos, as diferenças de preços das propriedades devido à diferença de nível dos atributos ambientais devem refletir a disposição a pagar por variações destes atributos.

Segundo Hahn (2002), há uma série de problemas e dificuldades na aplicação de preços hedônicos, tais como, identificar a complexidade e o inter-relacionamento de variáveis a serem incluídas na pesquisa,

isolar o bem ou serviço ambiental em análises, estabelecer a equação (não-linear) entre o valor e a variável ambiental, o risco ambiental etc. Além disso, nesse método não se capta o valor de existência e os resultados da pesquisa não podem ser aplicados em outro local.

(iii) Custo de Viagem – DAP, curva de demanda.

A idéia básica desse método, como mostrado em Romero (1997), consiste em utilizar a informação relacionada com a quantidade de tempo (custo de oportunidade) e do dinheiro despendido (custo real) que uma pessoa ou família emprega ao visitar um espaço natural como um parque ou um lago.

A integração dos dados obtidos para uma comunidade que faça uso de um determinado parque pode, por exemplo, indicar o valor que a população estaria disposta a sacrificar para preservação de um recurso ambiental, ou que a mesma entende como a verba que o governo deveria destinar a esta preservação.

Ainda segundo Seroa da Motta (1998), o método do custo de viagem tem limitação, pois, pela suposição de complementaridade, não contempla custos de opção e de existência, dado que somente capta os valores de uso direto e indireto associados à visita ao sítio natural. Nota-se, portanto, que não são considerados os indivíduos que não visitam o sítio, mas apresentam valor de opção ou existência.

(iv) Custos Evitados e Custo de Reposição.

Seroa da Motta (1997) define que, se o recurso ambiental é um insumo ou um substituto de um bem ou serviço privado, estes métodos podem ser aplicados, pois se baseiam no preço de mercado deste bem ou serviço privado para estimar o valor econômico do recurso ambiental. Assim, os benefícios ou custos ambientais das variações de disponibilidade destes recursos ambientais para a sociedade podem ser estimados. Com base nos preços destes recursos privados, geralmente admitindo que não se alteram perante estas variações, estimam-se indiretamente os valores econômicos (preços-sombra) dos recursos ambientais cuja variação de disponibilidade está sendo analisada. O benefício (ou custo) da variação da disponibilidade do recurso ambiental é dado pelo produto da quantidade variada do recurso pelo seu valor econômico estimado. Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desmatamento pode afetar a produtividade agrícola; a redução do nível de sedimentação numa bacia, por conta de um projeto de revegetação, pode aumentar a vida útil de uma hidrelétrica e melhorar sua produtividade.

Esse método é muito empregado por órgãos ambientais e agentes públicos, em especial na elaboração de termos de ajustamento de conduta (TACs), apresenta Hahn (2002).

(v) Dose-Resposta (MDR).

Nesse método o objetivo é desenvolver e aplicar, por meio de uma função dose-resposta, metodologia para determinar os diferentes impactos a que vem sendo submetido um determinado ecossistema e os valores correspondentes ao seu custo de recuperação.

A idéia subjacente ao MDR é bem ilustrada por meio do exemplo de uma cultura agrícola. Supondo uma área destinada ao cultivo que apresente erosão do solo, em que diferentes níveis de erosão resultarão em diferentes níveis de produção final, isto é, para cada “dose” de erosão do solo, existirá uma “resposta” em termos de redução na quantidade produzida da cultura. Alternativamente, pode-se utilizar o custo de reposição dos nutrientes que se perdem com a erosão de solo. Essa perda pode ser aproximada pela aplicação de fertilizantes químicos, os quais possuem valores de mercado explícitos, como apresentado em Pearce (1993). Os gastos na sua aquisição podem fornecer uma medida monetária dos prejuízos decorrentes da “dose” de erosão do solo.

2.2 Aplicação de métodos de valoração ambiental

Diversos países já adotam a valoração ambiental como importante instrumento de apoio ao processo de gestão ambiental de seus recursos naturais. Como exemplo desta aplicação destaca Jones (1995, appud Hahn 2002) que, nos Estados Unidos da América, a avaliação de danos ambientais e conseqüente valoração dos mesmos baseia-se em:

- custo de restauração, reabilitação, reposição, ou aquisição de equivalente;
- redução do valor dos recursos naturais, considerando o processo de recuperação;
- custo de avaliação de danos; e eventualmente,
- compensação por perdas temporárias (enquanto se processa a recuperação).

Conforme apresentado em Neto (2000), no Brasil, dois métodos foram desenvolvidos e têm sido aplicados na valoração de recursos ambientais, sendo:

- 1- o primeiro aplicado pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN), que adota o procedimento desenvolvido por Hahn et al. (1991). Neste método aplicam-se duas tabelas, sendo uma delas dos meios impactados e o tipo e intensidade de dano ocorrido, e uma outra que correlaciona os dados mensurados com fatores de multiplicação que são usados no cálculo da indenização. A limitação atribuída a este tipo de estudo é a do viés subjetivo das avaliações que são desenvolvidas;
- 2- o segundo, desenvolvido pela CETESB (1991) em função de solicitação do Ministério Público Federal, por conta de um acidente ambiental ocorrido com o navio petroleiro Penélope, leva em conta cinco aspectos:

- i. volume derramado;
- ii. grau de sensibilidade da área atingida;
- iii. toxicidade do produto;
- iv. persistência do produto no meio ambiente;
- v. mortandade de organismos.

A aplicação deste procedimento por parte do poder judiciário levou a questionamentos pelas empresas réas, em especial, pelo fato de que em seu desenvolvimento foi considerado que havia fatores com caráter punitivo, fugindo ao real objetivo da valoração ambiental que seria o

ressarcimento de danos e não a penalização, já prevista por lei sob forma de multas.

Como foco do presente trabalho, a valoração dos processos de remediação dos sítios contaminados, bem como as disposições a aceitar (DAA) dos moradores envolvidos, apuradas por meio do MVC, quando o impacto negativo já tenha ocorrido, serão apreciadas em uma abordagem integrada, avaliando-se seus resultados como possíveis horizontes de ação, em situações litigiosas ou não, em que se faça necessário o emprego da valoração de danos ambientais por vazamentos de hidrocarbonetos de petróleo. O uso do MVC foi considerado de grande relevância neste estudo, sendo a informação gerada complementar a do custo de remediação do sítio.

Isso corrobora o já apresentado em outras avaliações, como observado por Seroa da Motta (1998), que buscou simular cenários cujas características estivessem o mais próximo possível das existentes no mundo real, de modo que as preferências reveladas nas pesquisas refletissem decisões que os agentes tomariam de fato, caso existisse um mercado para o bem ambiental descrito no cenário hipotético. Salaria o referido autor que a grande vantagem do MVC, em relação a qualquer outro método de valoração, é que ele pode ser aplicado em um espectro mais amplo de bens ambientais e que a grande crítica, entretanto, é a sua limitação em captar valores ambientais que indivíduos não entendem, ou mesmo desconhecem. Enquanto algumas partes do ecossistema podem não ser percebidas como geradoras de valor, elas podem, entretanto, ser necessárias para a existência de outras funções que geram usos percebidos pelo indivíduo.

Neste contexto, a valoração ambiental apresenta-se como uma ferramenta a mais para auxiliar na tomada de decisão e para orientar as formas e níveis de intervenção mais adequados em caso de danos ambientais, sempre com o objetivo de minimizar os riscos à população, propiciar a estimativa da DAP (disposição a pagar) e DAA (disposição a aceitar) de comunidades afetadas, bem como contribuir para orientações de litígios em que se pretenda dimensionar o custo econômico de recuperação ambiental.

Complementarmente, foi avaliada a possibilidade de aplicação do método de preços hedônicos em imóveis vizinhos a postos de serviço, porém esta abordagem foi descartada em função:

- da densidade de informações que deveriam ser obtidas para que se pudesse isolar aspectos ambientais nessa avaliação;
- da desinformação sobre o assunto observada nas pesquisas iniciais com agentes imobiliários;
- da disparidade de percepções obtidas nas entrevistas iniciais (avaliações negativas, neutras e positivas), onde se fez notar que, aos militantes do setor de locação e vendas de imóveis, questões comerciais como fluxo de carros e pessoas por vizinhança aos postos de serviços seriam determinantes na valorização ou desvalorização da vizinhança, ficando a questão da contaminação ambiental inferiorizada na avaliação.

No entanto, como já se apresentou em diversos estudos, os aspectos ambientais influem em maior ou menor grau no valor de imóveis, e essa aferição deverá ser feita caso a caso, pois a

transferência de valores não é possível. A seguir são apresentados alguns estudos de valoração hedônica, extraídos de Borba (1992):

- Ridker e Henning (1967) – Avaliação de diversos aspectos ambientais, dentre eles a qualidade do ar no valor de imóveis. O resultado não foi conclusivo.

- Anderson e Crocker (1971) – Avaliação do impacto da qualidade do ar no valor de imóveis. O resultado apresentou algumas correlações importantes, porém, não foi conclusivo.

- Blomquist (1974) – Avaliação do impacto de uma usina elétrica a carvão, porém, não chegou à conclusão sobre a influência no valor de imóveis.

- Gamble e Downing (1982) – Avaliação do valor de imóveis próximos a usinas nucleares, destacando a de Three Mile Island, onde ocorrera um acidente ambiental. Mesmo para este caso não se observou variação de preços nos valores de imóveis pesquisados. Concluem os autores que um fator importante de influência nos preços pesquisados foi a intervenção do estado, garantindo aos proprietários a indenização por perda de valores que decorressem da vizinhança com a referida usina nuclear.

- Zeiss e Atwater (1989) – Avaliação de uma forma de evitar a desvalorização de preços de imóveis, por meio de intervenções urbanas ou indenizações do governo, em localidades em que se instalariam aterros domésticos e industriais de resíduos sólidos. Concluíram, os referidos autores, avaliando cenários semelhantes em estados que possuem tais práticas, que não se notou influência nos valores de imóveis em função de aspectos ambientais podendo, então, o estado ficar seguro com relação ao projeto.

- Borba (1992) – Avaliação da influência do impacto ambiental da usina de compostagem da vila Leopoldina em imóveis vizinhos. Concluiu que há uma depreciação de valores nos imóveis avaliados, chegando-se a 46,92% para os localizados mais proximamente à usina. Ressalta o referido autor que, além dos proprietários de imóveis, a municipalidade também perde com a redução de valor venal dos imóveis afetados, pois arrecada menos imposto territorial e urbano.

Também, como estudos de caso, Simons, Bowen e Sementelli (1997) apresentaram uma avaliação do impacto no valor de 83 imóveis vizinhos a sítios com vazamento em tanques subterrâneos, em geral postos de serviço, na cidade de Cuyahoga County (Ohio) e concluíram que:

- não houve afetação de preços, positiva ou negativa, em imóveis vizinhos a posto de serviço sem passivo ambiental ou com passivo ambiental não-declarado;
- foi observada perda de valor em imóveis, em geral, localizados a menos de 100 metros de distância de postos de serviço com contaminação ambiental declarada, com valor médio de 17% de desvalorização.

Importante destacar que os referidos autores desse estudo de 1997, após extensa pesquisa da literatura científica relacionada, informaram que seu trabalho foi pioneiro na valoração do impacto econômico em imóveis vizinhos a postos de serviço, fato que reitera o posicionamento de vanguarda das pesquisas nessa temática.

Já em Simons e Saginor (2006), foram avaliados 75 artigos de valoração ambiental relacionados a desvalorização de residências vizinhas a empreendimentos como aterros, usinas nucleares, postos de serviço, indústrias etc. O valor médio de perda de valor nos imóveis foi de 6%, porém com amplitudes que chegavam a 29%. Concluíram os autores que os impactos sócio-ambientais de uma área contaminada ou com potencial de contaminação extrapolam o limite físico da atividade produtiva.

Uma questão central também destacada por Simons e Saginor (2006) para uso do preço hedônico é o nível de informação acessível à população afetada. Daí o cuidado a se tomar numa eventual aplicação desse método na temática da contaminação ambiental em postos de serviço, em especial pelo fato do Brasil viver a insipiência da adoção de mecanismos de informação para a sociedade sobre quais áreas são contaminadas ou estão em processo de remediação etc., fato que dificulta o estabelecimento de julgamentos criteriosos sobre a desvalorização a que estas áreas estejam sujeitas, assim como suas restrições e limitações de uso, além das obrigações de reparação que possam existir..

Como vanguarda desse ordenamento legal no Brasil, foi publicada, no dia 12 de junho de 2006, decisão normativa da Corregedoria-Geral da Justiça do Estado São Paulo disciplinando a possibilidade de averbação enunciativa ou de mera notícia, no Estado, de termo ou declaração de área contaminada oficialmente emitidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

Decorre dessa decisão normativa que a CETESB poderá emitir “termo” ou “declaração” de área contaminada para averbação na matrícula do imóvel afetado. Com isso, poder-se-á ter como formalizado o título para a pretendida averbação, a fim de ser dada publicidade da certificação administrativa da condição do imóvel como área contaminada, seja em prol da preservação do meio ambiente e da saúde pública, seja em benefício dos vizinhos e moradores das proximidades da área, seja, finalmente, para proteção dos interesses de possíveis adquirentes posteriores do imóvel.

3 Material e Método

Para que o presente trabalho atenda a seu propósito de valorar os custos ambientais relacionados à recuperação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo, foram determinados o investimento típico nessas remediações, bem como a disposição a aceitar este dano ambiental pela população de São Paulo.

Salienta-se que, nesse tipo de estudo, o entrevistado deve conhecer ou ser bem esclarecido a respeito do bem a ser valorado, e, caso esse não possa ser avistado, devem ser destacadas suas características gerais, com e sem os níveis particulares de poluição, como exemplificam Pearce e Turner (1990).

O método utilizado na obtenção de informação consistiu de:

- a) Levantamento de custos de remediação de postos de serviço de perfil definido junto às empresas distribuidoras de combustíveis e proprietários particulares, para um cenário padrão de contaminação;
- b) Aplicação de questionário de entrevista em campo a moradores da cidade de São Paulo, por meio do qual se buscou aferir a percepção da população sobre o problema ambiental do vazamento de combustíveis em postos de serviço. Esta avaliação objetivou observar qual a DAA de moradores afetados por vazamento.

Sobre a aplicação de questionário para fins de MVC, convém ressaltar a sua limitação e possibilidade de distorção de resultado, que, conforme Fonseca (2002), têm origem na susceptibilidade a diversas tendências de respostas, sendo os principais vieses abaixo apontados:

i - Viés Hipotético: ocorre porque as pessoas geralmente não se comportam como em circunstâncias hipotéticas. Assim a pesquisa deve fazer com que os entrevistados acreditem em alguma mudança e a compreendam, que sua ação de pagar ou aceitar uma compensação será considerada para tomada de decisão. A situação proposta na pesquisa deve estimular as pessoas a comportar-se como de fato se comportariam ao ser defrontadas com a situação na vida real;

ii - Viés do Subdesenvolvimento: vertente da tendência anterior calcada no baixo poder aquisitivo, ou no descrédito nas instituições, ou nos políticos, contrastando o valor proposto com a disponibilidade de renda do entrevistado ou com seu ceticismo. Para evitá-lo, devem-se introduzir perguntas que proporcionem uma dimensão geral do patrimônio do entrevistado (se possui carro, casa própria, eletrodomésticos etc), perguntas que procurem sinalizar o grau de consciência cidadã (participação nas questões comunitárias, cuidado com o seu próprio espaço), ou mesmo o grau de escolaridade ou esclarecimento do entrevistado sobre o objeto da pesquisa;

iii - Viés Estratégico: é também conhecido como o viés do carona, compreendendo as ações dos entrevistados que percebem que terão que pagar o valor proposto, e assim oferecem valores inferiores à sua preferência. A partir do momento que alguém pagou pelo bem ambiental e que é impossível a exclusão do seu consumo por outras pessoas, o indivíduo parte do pressuposto que outros estarão dispostos a pagar o necessário para garantir o provimento do bem. Um caminho para reduzir o estímulo a resultados desse tipo é enfatizar a natureza hipotética do estudo, sem deixar o viés hipotético influenciar a pesquisa;

iv - Viés de Influência de Informação: a importância da informação sobre o objeto da pesquisa, suas implicações, mudanças propostas, pode afetar as ofertas. Esse é um problema da hipótese da pesquisa, se esta foi direcionada para a indução de resultados;

v - Viés de Ponto de Partida: em algumas pesquisas o ponto de partida para ofertas pode afetar a máxima oferta oferecida. Se muito alta, os entrevistados podem querer agradar o entrevistador aceitando, se muito baixa pode aborrecer o entrevistado que abrevia o processo optando por uma oferta menor que a verdadeira;

vi - Viés da Parte-Todo: dificuldade de distinguir o bem ambiental específico (parte) de um conjunto (todo), mais amplo de bens;

vii - Viés do Entrevistado-Entrevistador: a influência exercida pelo entrevistador no entrevistado.

Para que não sejam obtidos resultados influenciados por esses vieses, a ligação entre o mercado contingente e o bem ambiental deve ser realista e aceita pelo entrevistado.

Além destes itens, foi pesquisada também qual a percepção do mercado imobiliário a respeito da vizinhança de imóveis com postos de serviço e a eventual desvalorização ou valorização que exista (método de preço hedônico). No entanto, em função das observações já referidas no item 2.2., optou-se por deixar tal aplicação como sugestão de estudo para outro trabalho, dada a complexidade e necessidade de aprofundamento desse tipo de levantamento.

3.1 A Pesquisa

O levantamento de dados foi realizado por meio de:

a) Levantamento de custos de remediação;

Para a determinação do custo estimado envolvido no processo de remediação de vazamento de hidrocarbonetos de um posto de serviço foram realizadas entrevistas com responsáveis pela remediação de

áreas contaminadas das principais companhias distribuidoras de combustíveis do mercado, que juntas representam aproximadamente 50% do total de postos do estado de São Paulo. Além disso, foram contatados alguns proprietários de postos de serviço que foram responsáveis pela remediação de sítios com investimento próprio.

Para padronização das estimativas de custo de remediação houve a necessidade de estabelecer algumas características para o cenário a ser valorado, tanto do empreendimento como da eventual contaminação a ser remediada, incluindo o custo do monitoramento necessário para a comprovação da eficácia dos trabalhos de remediação.

A Tabela 5 apresenta os dados de padronização de cenário a ser remediado.

Tabela 5 - Cenário base para simulação de custos de remediação			
Item	Descrição	Unidade	Estimativa
Área	Área dos postos	m ²	< 1000
Contaminação	Composto	Hidrocarbonetos de Petróleo	Gasolina e Diesel
Matriz (limitado ao lençol freático, o qual se localiza entre 3 a 5 metros de profundidade)	Porções afetadas do meio	Solo	2 metros acima e 2 metros abaixo do nível freático
		Água Subterrânea	2 metros de perfilagem
Litologia	Tipo de solo	Solo Areno-Argiloso	Ambiente Homogêneo
Localização	Cidade/Estado	-	São Paulo/SP

Informações complementares:

- Sítios com fase livre presente (de milimétrica a 50 cm);
- Área contaminada aproximada de 200 m², e;
- Sítios com fases dissolvidas, de vapores e de solo impactado.

Além dessas informações, os alvos da remediação estabelecidos foram os recomendados pelo órgão ambiental do estado de São Paulo – CETESB –, o qual determina como conduta padrão a adoção dos limites de qualidade apresentados no Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (2005) ou, alternativamente, valores de avaliação de risco para ações corretivas específicas para os sítios estudados.

b) Questionário e entrevistas para determinação da DAA.

Entre outubro de 2004 e julho de 2005 foram aplicadas entrevistas de campo para levantamento da percepção da população paulistana sobre a contaminação em postos de serviço.

Por meio destas entrevistas buscou-se avaliar:

- DAA – Disposição a aceitar as externalidades advindas da contaminação ambiental em áreas próximas a postos de serviço;
- nível de conhecimento das pessoas e a compreensão sobre a gravidade desse problema;
- qual a atribuição de responsabilidade pelo ônus da recuperação dessas áreas degradadas, entre governo, proprietário do posto e as bandeiras que fornecem combustível e marca aos mesmos;
- oscilações de percepção sócio-econômica dos itens anteriores.

Foram aplicadas quatro versões do questionário de prospecção de informações, sendo três pesquisas piloto, adequando-se o questionário ao objetivo principal que seria o da determinação da DAA.

O questionário final aplicado foi dividido em duas seções, a saber:

- Visão qualitativa dos problemas ambientais da cidade de São Paulo, a qual, segundo Clark e Harrison (2000), confere perspectivas sociais e culturais ao MVC;
- Determinação da DAA da externalidade da contaminação ambiental por um posto de serviço.

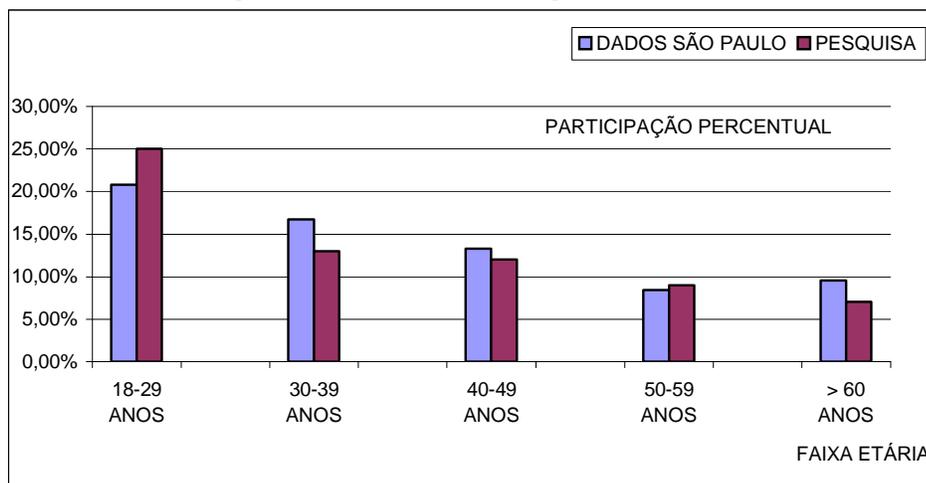
O questionário final aplicado é apresentado no ANEXO III.

Entre as duas partes do questionário foi apresentada aos entrevistados a Figura 1 com os cenários de risco da contaminação ambiental por vazamentos de combustível em postos de serviço e explicado de forma sucinta o comportamento dessa contaminação, assinalando-se as principais externalidades e riscos em imóveis vizinhos ao empreendimento.

Foram realizadas ao todo 500 entrevistas, das quais foram descartadas as pessoas que poderiam introduzir vieses econômicos, tais como desempregadas ou que não haviam ainda acessado o mercado de trabalho. Além disso, a idade mínima aceita na pesquisa foi 18 anos.

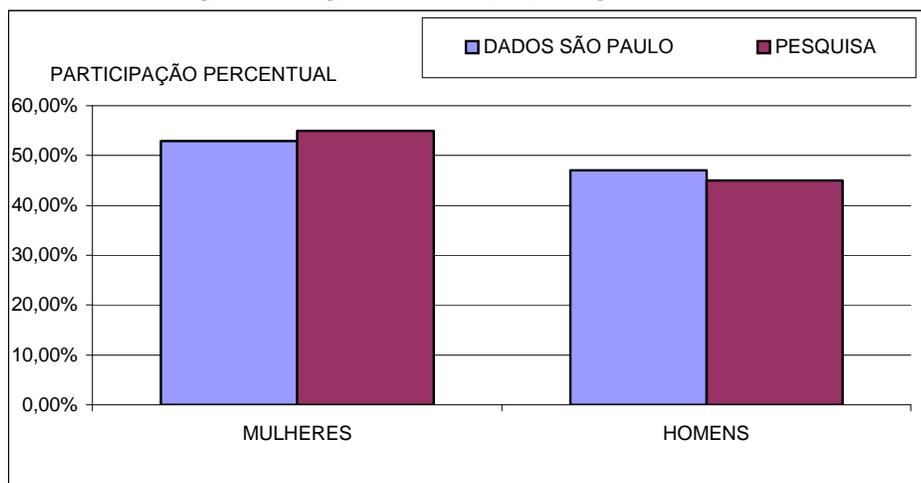
Buscou-se adequar o público final das entrevistas consideradas, 335 no total, à estatística apresentada pelo IBGE da tipificação da população paulistana, apresentada nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Distribuição etária da população da cidade de São Paulo.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) e entrevistas.

Figura 5 - Distribuição em gênero da população da cidade de São Paulo



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) e entrevistas.

4 Resultados (Estudo de Caso)

4.1 Custo de Remediação de Postos de serviço

Para levantamento da estimativa de custo de mitigação do cenário de contaminação em postos de serviço (apresentado anteriormente), foram entrevistados os responsáveis pela contratação destes serviços nas principais distribuidoras do mercado, bem como, em alguns postos de bandeira branca.

Para limitar a avaliação, buscou-se estabelecer quais as principais técnicas de remediação adotadas que possibilitassem conferir a recuperação das áreas contaminadas, de forma a atingir o encerramento do passivo ambiental com anuência do órgão ambiental fiscalizador (CETESB).

A seguir é apresentado um resumo por empresa avaliada, assinalando-se a tecnologia adotada, tempo de remediação e valor investido no processo.

EMPRESA A

- Número de casos citados – 10 postos.
- Tecnologias adotadas de remediação: MPE (extração multifásica), AS/SVE (*Air Sparging* conjugado com extração de vapores) e *Biosparging*.
- Valor médio de remediação: R\$ 197.810,00 (dezembro de 2005).
- Tempo médio de recuperação: 23 meses.

EMPRESA B

- Número de casos citados – 14 postos.
- Tecnologias adotadas de remediação: MPE (extração multifásica), AS/SVE (*Air Sparging* conjugado com extração de vapores), bombeamento e *Biosparging*.
- Valor médio de remediação: R\$ 228.126,25 (janeiro de 2006).
- Tempo médio de recuperação: 20 meses.

EMPRESA C

- Número de casos citados – 7 postos.
- Tecnologias adotadas de remediação: MPE (extração multifásica), AS/SVE (*Air Sparging* conjugado com extração de vapores) e bombeamento.
- Valor médio de remediação: R\$ 207.422,14 (janeiro de 2006).
- Tempo médio de recuperação: 19 meses.

No ANEXO IV são apresentados os dados coletados sobre as bandeiras, com o qual, após tratamento estatístico, foi possível constatar as seguintes observações:

- A comparação entre as médias dos preços pagos pelas empresas A, B e C para os serviços de remediação não diferem significativamente (nível de 5% de significância). Ou seja, em média, as empresas estão pagando preços similares pela remediação, mesmo quando comparamos diferentes tecnologias adotadas. No entanto, foi citado pelos entrevistados que diversos

sítios em remediação com sistema de bombeamento não apresentaram resultados de recuperação adequados, tendo-se que partir para a adoção de outra técnica mais apropriada. Corrobora esta informação o resultado do estudo da EPA (2002), no qual apenas 2 em 28 projetos de remediação com uso de bombeamento permitiram atingir as metas de recuperação propostas.

- A segunda análise foi feita para comparar as médias dos períodos de tempo que os postos levaram para a remediação dos danos ambientais. Essa análise foi não-significante também. Ou seja, as médias dos prazos de remediação não diferem significativamente entre os projetos de recuperação de postos de serviço (dado o escopo definido nesse estudo), sendo que o tempo médio observado foi de aproximadamente 21 meses.
- A terceira análise foi uma comparação das médias de preço entre as tecnologias, independentemente dos postos. Essa análise foi significativa, ou seja, as médias de preço das tecnologias diferem significativamente entre si.
- Em todas as análises, a prova de Levene foi não-significante, ou seja, as variâncias entre os tratamentos são homogêneas. Esta é uma das premissas da análise de variância. A outra diz respeito à normalidade dos dados, porém, a análise de variância é robusta à não-normalidade dos dados.

Com relação aos postos de serviço bandeiras brancas entrevistados, os seguintes dados foram obtidos:

POSTO LOCALIZADO NO BAIRRO DA SAÚDE

- Tecnologia adotada de remediação: *Biosparging*.
- Valor de remediação: R\$ 150.000,00 (outubro de 2005).
- Tempo de recuperação estimado: 12 meses.
(Em curso)

POSTO LOCALIZADO NA VILA CARIOCA

- Tecnologia adotada de remediação: MPE (extração multifásica) substituindo antigo bombeamento.
- Valor de remediação (incluindo ambos processos): R\$ 305.000,00 (novembro de 2005).
- Tempo de recuperação para ambos processos: 40 meses.
(em curso)

POSTO LOCALIZADO NA AVENIDA DO ESTADO

- Tecnologia adotada de remediação: bombeamento.
- Valor de remediação: R\$ 120.000,00 (março de 2006).
- Tempo de recuperação estimado: 14 meses.
(processo em fase de implantação)

Os resultados médios obtidos, tanto para os postos das bandeiras, como para os de bandeira branca avaliados, são apresentados a seguir:

- Valor médio de remediação (VMR)

VMR = somatória do valor individual / número de casos avaliados

VMR = R\$ 213.672,00

- Tempo médio de remediação: 21 meses.

4.2 Disposição a Aceitar Dano Ambiental – DAA.

Com base nas 335 respostas apresentadas pela população de São Paulo nesse levantamento, não houve indicação de uma compensação financeira que possibilitasse conjugar os riscos à saúde provocados pela contaminação ambiental de uma área com vazamento de hidrocarbonetos de petróleo com a continuidade da presença das pessoas nas residências afetadas.

O que se obteve foi a quase unanimidade de respostas expressando o desejo de mudança do imóvel e de indenização pelo mesmo. Não foi possível, portanto, conciliar as situações.

As pessoas declararam que, independentemente dos laços afetivos ou sociais que possuem com o imóvel em que habitam, sentir-se-iam mais confortadas em receber pelo mesmo uma indenização e mudar de residência.

Essa observação corrobora o apresentado em Simons (2002), que usou o método de MVC para avaliar o interesse de compra por parte de 150 entrevistados de imóveis situados em área contaminada. Nesse estudo, apenas 4,9% dos participantes ofereceram lances para compra dos imóveis, indicando voto de protesto expressivo da população e, mesmo quem optou por apresentar oferta, expressou a necessidade de

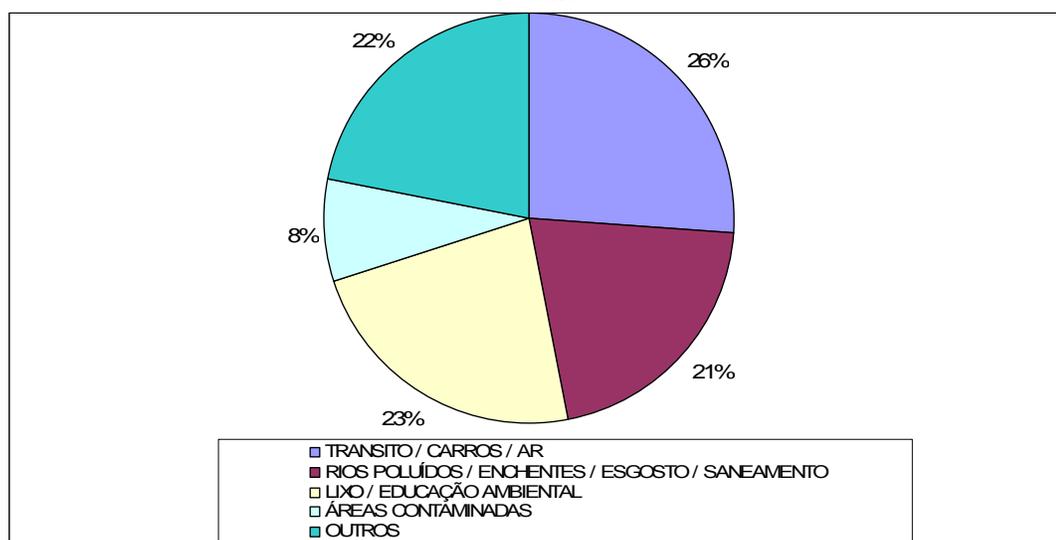
desconto sobre o valor de mercado dos imóveis. A faixa apurada de desconto avaliada foi entre 20 e 83 %, com média de 53%.

4.2.1 Percepção dos problemas ambientais da cidade de São Paulo.

Com relação aos problemas ambientais citados pelos entrevistados, destacam-se os mais discutidos pela mídia, como: a poluição do ar (26% das respostas), questão intrínseca à grande frota de veículos da cidade e, em seguida, o problema do lixo (23%), o qual traz consigo a questão do processo de educação ambiental.

Nota-se, na Figura 6, que há pequeno destaque às áreas contaminadas (8%) e, portanto, ao vazamento em postos de serviço. Na categoria outros (22%) foram enquadradas observações diversas como violência, assaltos, insetos, saúde etc.

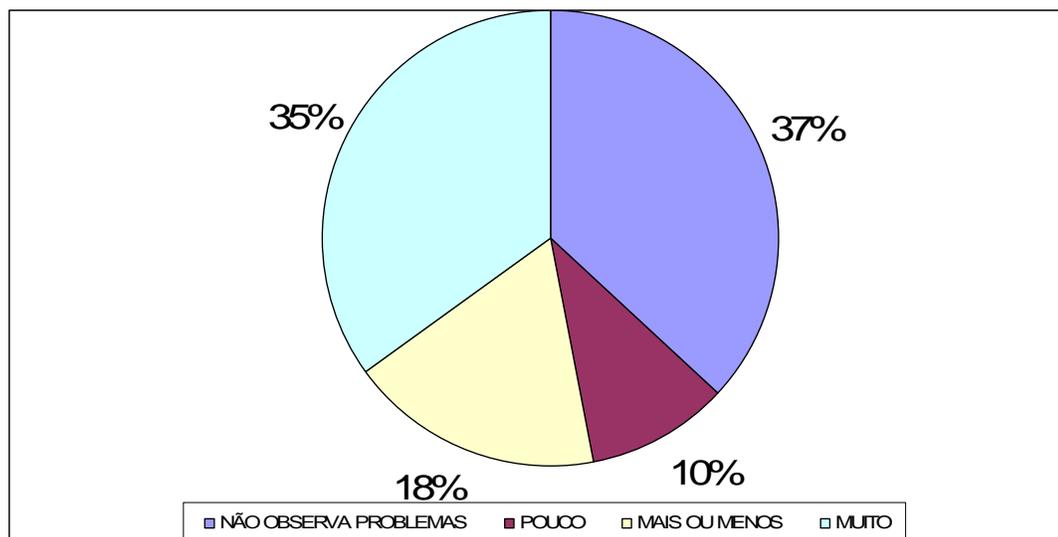
Figura 6 – Percepção dos problemas ambientais da cidade de São Paulo



Além disso, alguns entrevistados entenderam que a qualidade do ambiente pode afetar a vida em suas casas de forma expressiva (35%), porém outras pessoas não observaram tais problemas (37%), mostrando que a percepção do assunto não está consolidada, provavelmente em função do desconhecimento sobre as externalidades ambientais e seu agravo à saúde humana.

A Figura 7 mostra a distribuição percentual das respostas dadas ao quesito referente aos problemas ambientais que afetam a qualidade de vida na residência dos entrevistados.

Figura 7 - Problemas ambientais que afetam a qualidade de vida na residência dos entrevistados

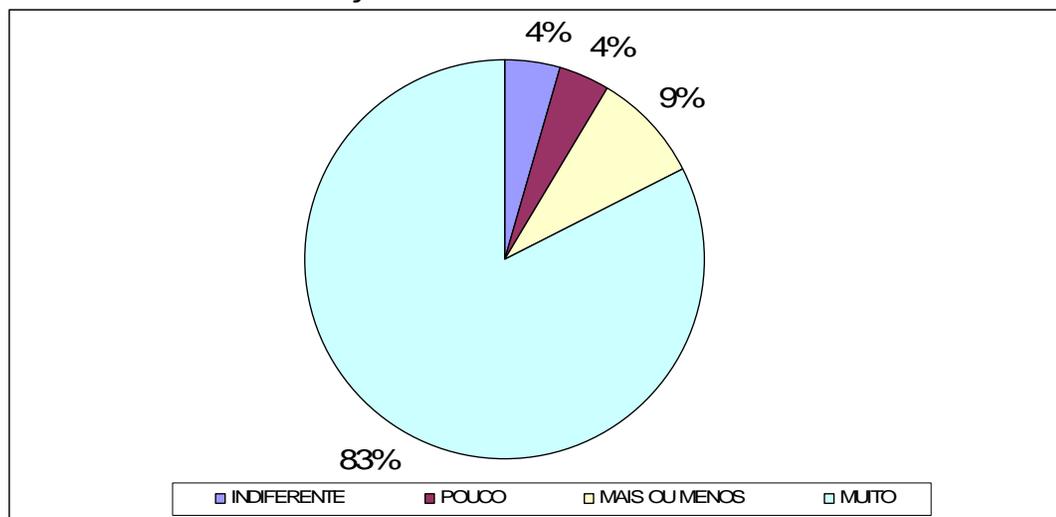


Nas respostas que revelaram preocupação com o tema, os aspectos ambientais relacionados a questões de saneamento tiveram maior relevância, pois, como citaram alguns entrevistados, uma residência que é atingida por enchente é um evento agudo que gera uma série de problemas sócio-econômicos imediatos, enquanto

problemas crônicos como a qualidade das águas ou do ar, mesmo que nocivos à saúde humana, produzem efeito após décadas de exposição.

Com relação à percepção da problemática de área contaminada próxima à residência do entrevistado (Figura 8) houve quase unanimidade (83%) na demonstração de muita preocupação com a situação, em especial, pela possibilidade de ter o valor de seu patrimônio diminuído e pelos riscos à saúde, que não são de fácil mensuração para esses casos.

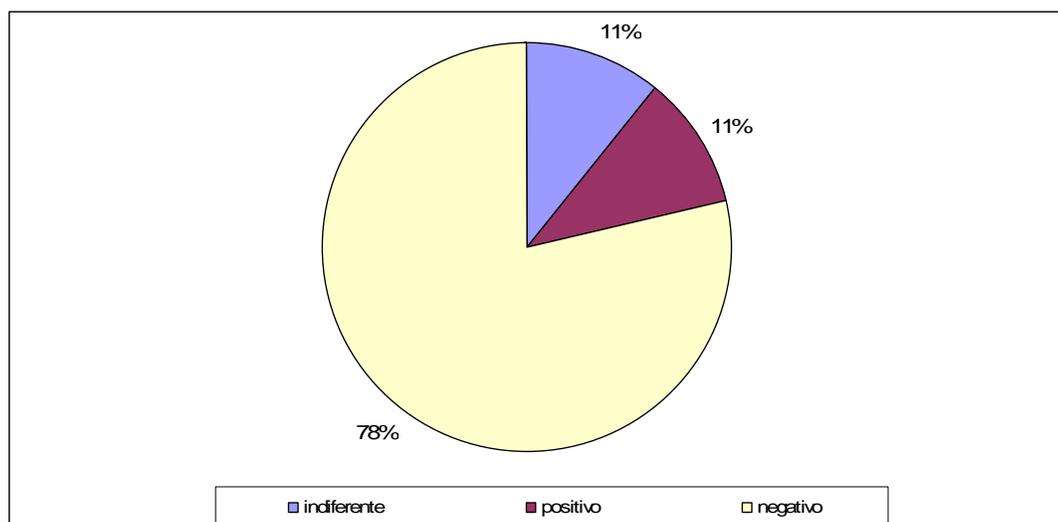
Figura 8 - Preocupação com a existência de área contaminada na vizinhança da residência do entrevistado.



Colaboram de maneira importante para a discussão desse tema os meios de comunicação, pois, como se observou, alguns entrevistados associaram a pergunta ao sítio contaminado “Barão de Mauá”, na cidade de Mauá, onde edifícios para habitação foram construídos em cima de antiga área de deposição de resíduos industriais, fato que teve grande divulgação na mídia.

A fim de verificar a associação entre postos de serviço com áreas contaminadas, foi feita a pergunta sobre como os habitantes de São Paulo avaliavam a existência de um posto de serviço na vizinhança de suas residências. Os resultados são mostrados na Figura 9.

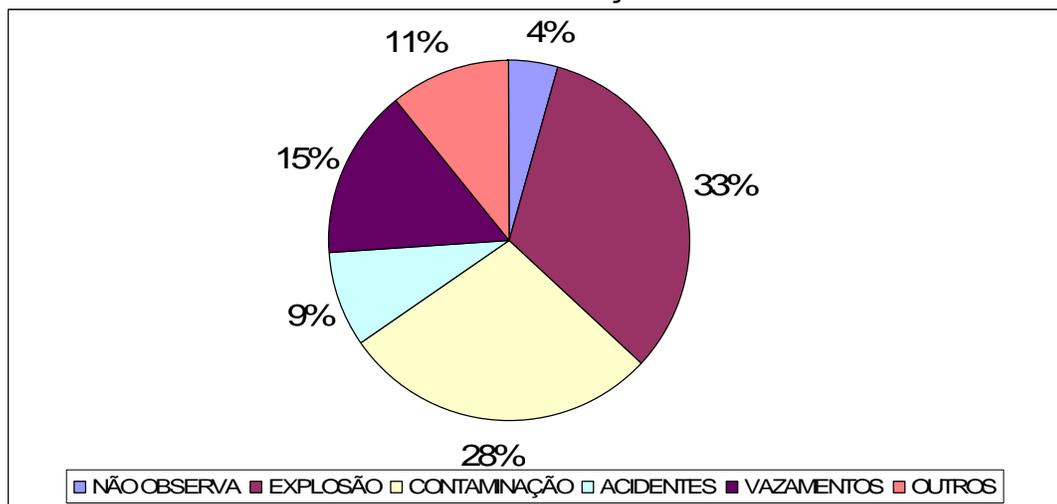
Figura 9 - Percepção sobre a presença de postos de serviço próximo a residência



A parcela que considerou positiva a vizinhança com posto de serviço (11%) entende que ele traz comodidade, em função do abastecimento de veículos e acesso a caixas eletrônicos do sistema bancário, além da compra de mercadorias nas lojas de conveniência.

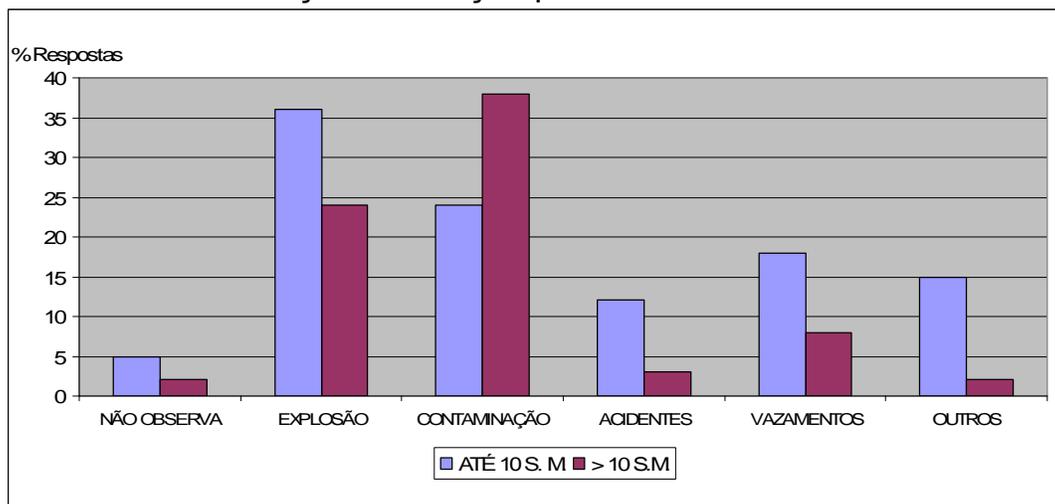
A maioria dos entrevistados (78%), no entanto, assinalou uma impressão negativa em ter um posto de serviço como vizinho, considerando os riscos de explosão (33%), contaminação ambiental (28%) e acidentes (9%) como sendo os maiores inconvenientes derivados da existência de posto de serviço na vizinhança. Esses dados são mostrados na Figura 10.

Figura 10 - Problemas associados à existência de posto de serviço na vizinhança.



Porém, como se observa na figura 11, quando se propõe uma leitura destas respostas em função da renda dos entrevistados, nota-se uma expressiva divergência nas preocupações assinaladas, destacando-se que a população de faixa de renda mensal superior a 10 salários mínimos (S.M.), na sua maioria, com nível superior de escolaridade, tende a destacar a contaminação ambiental (38%) como fator relevante, enquanto que a população de renda igual ou inferior a 10 salários mínimos, composta em grande parte por pessoas de escolaridade média ou com primeiro grau completo, tende a enfatizar que o risco de explosão traz maiores preocupações (36%).

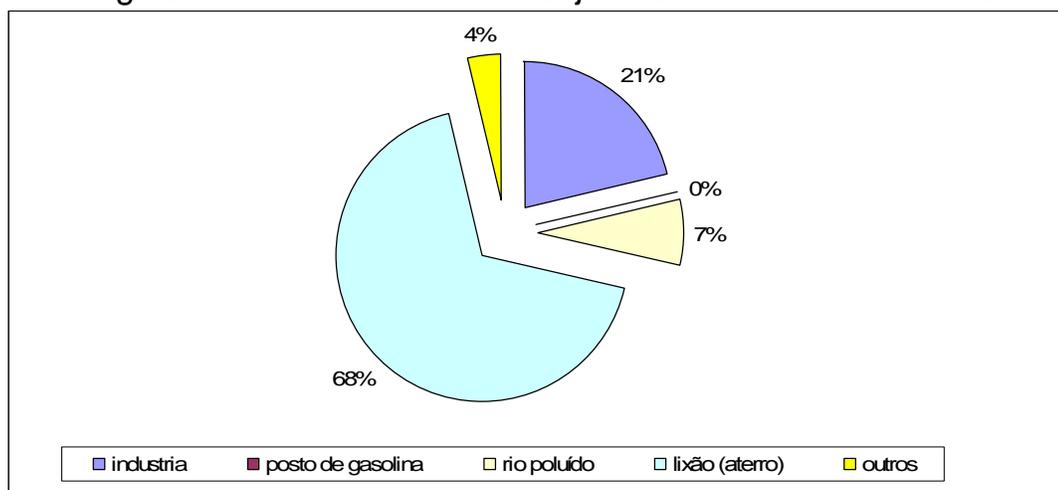
Figura 11 - Problemas associados à existência de posto de serviço na vizinhança – Avaliação por faixas de renda mensal.



No entanto, uma vez questionados sobre qual seria o vizinho mais indesejado, ambientalmente falando, os entrevistados apontaram os lixões (68%) seja pelo odor, presença de roedores, insetos etc., comumente associados ao mesmo, e as indústrias (21%) como agentes de maior geração de externalidades degradadoras do meio ambiente.

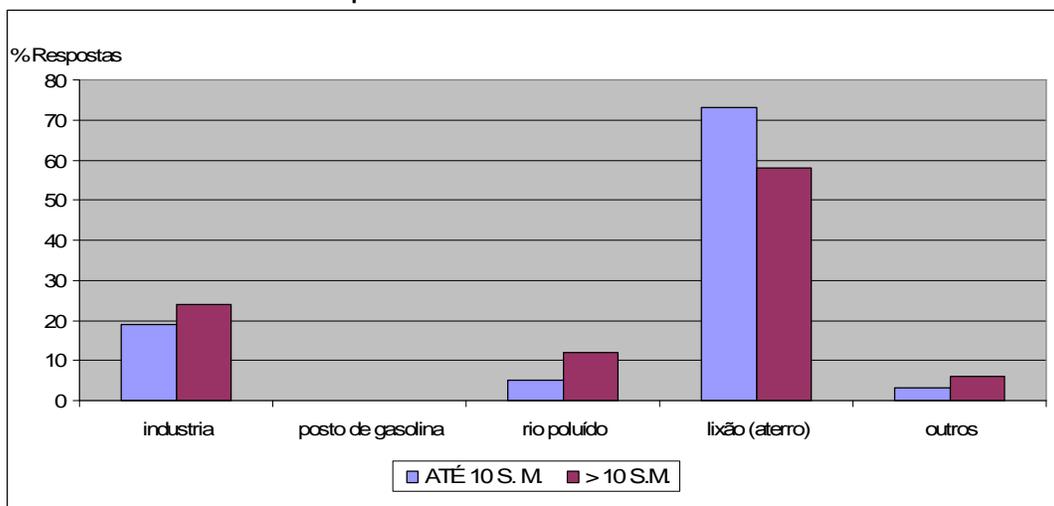
Os postos de serviço, como mostra a Figura 12, talvez por gerarem um problema de contaminação de difícil aferição e observação (mecanismo de transporte por subsuperfície) não foram citados (zero %).

Figura 11 - Vizinho mais indesejado em termos ambientais



Pode-se observar na figura 12 que os dados de diferentes grupos de renda (> 10 e até 10 salários mínimos) indicaram pequena oscilação nas respostas. A maior divergência foi observada na questão de rios poluídos, onde a população da primeira classe de renda e com escolaridade superior atribuiu maior preocupação a essa temática (12%), em comparação com a população de segunda classe de renda e escolaridade média (5%) que se deteve mais na questão dos lixões (73%, contra 58%).

Figura 12 - Vizinho mais indesejado em termos ambientais – Avaliação por faixas de renda mensal.



4.2.2 Avaliação da DAA por dano gerado por vazamento de posto de serviço

Os entrevistados foram indagados sobre sua DAA o dano ambiental caso morassem em área vizinha a um posto de serviço afetada pela contaminação ambiental de um eventual vazamento.

O intuito da questão foi avaliar qual o valor monetário da compensação financeira para se tolerar o risco de agravo à saúde derivado da contaminação por combustíveis do subsolo da residência hipoteticamente ocupada pelo entrevistado.

Dos 335 entrevistados, a maior parte apresentou respostas de protesto, restando apenas 3 pessoas que consideraram possível a discussão de valores para manterem-se na mesma residência, enquanto o sítio estivesse em processo de recuperação dos danos ambientais. No entanto, este valor seria implausível em termos econômicos para os operadores de postos, estando sua média mensal em R\$ 10.000,00 (julho de 2005).

Todos os demais entrevistados disseram que gostariam de mudar-se de imediato. Questionados sobre os motivos da mudança, as respostas mais comuns foram:

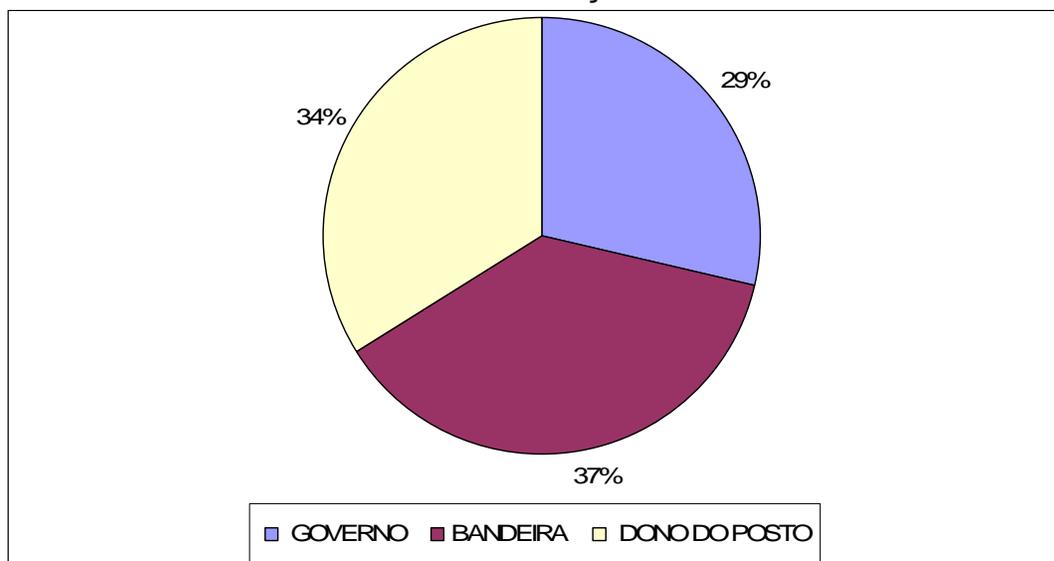
- Evitar riscos à saúde derivados da exposição aos agentes químicos (11%);
- Possibilidade de explosão ou incêndio (13%);

- Receio de má-fé na condução do processo de remediação da área (5%);
- Fiscalização limitada ou desqualificada pelas autoridades competentes (9%) e;
- Possibilidade de reincidência de contaminação, mesmo sendo informados de que as instalações dos postos estão sendo trocadas por equipamentos reforçados para se evitar novos vazamentos (7%).

A solução idealizada pelos entrevistados, de forma quase unânime, foi a de mudança de imóvel, mesmo que desconsiderando conveniências e relações afetivas com o patrimônio. Seguido à mudança, as pessoas declararam que deveriam ser indenizadas, a fim de que seu patrimônio financeiro não fosse corroído pela desvalorização que ele teria em função da contaminação ambiental.

Explicitado o entendimento da sociedade quanto à DAA do dano ambiental, a responsabilização financeira pela recuperação da área contaminada foi questionada. Como opções de resposta o universo foi limitado ao governo (nas instâncias municipal, estadual e federal), à bandeira (distribuidora de combustíveis) responsável pelo posto e ao operador (dono) do posto em questão. Foi facultada, também, a escolha de mais de um responsável pelo pagamento da remediação do dano ambiental. O resultado é mostrado na Figura 13.

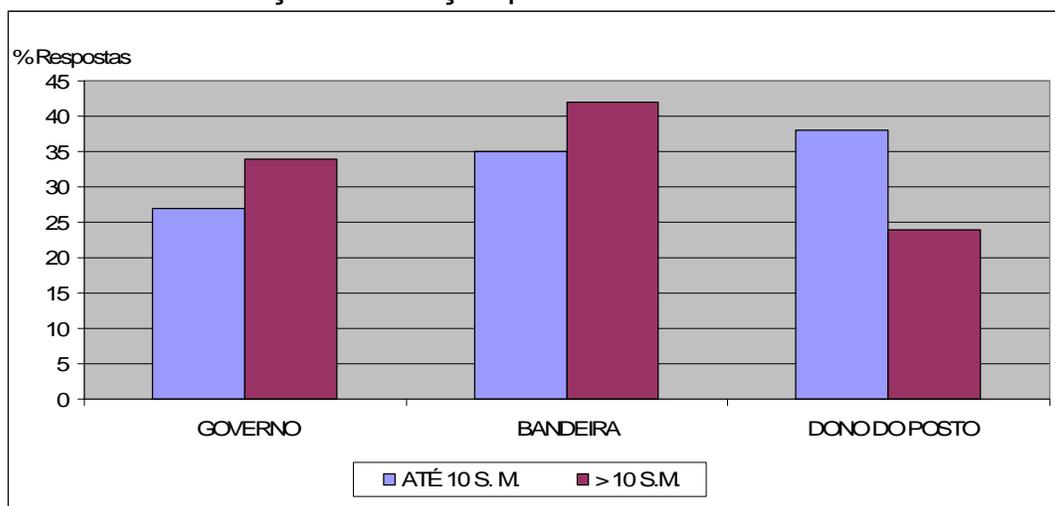
Figura 13 - Responsabilidade pelo custo de remediação e de indenização de imóveis afetados em uma contaminação por posto de serviço



A falta de convergência das respostas dos entrevistados sobre a responsabilidade pelos custos de recuperação ambiental fica explícita na pequena diferença entre as porcentagens. O total de respostas indicando as distribuidoras (bandeiras) como responsáveis – 37% das citações – não diferiu muito das indicações do governo (29%) ou dos proprietários de postos de serviço (34%).

Fazendo um detalhamento das respostas, agrupando-as em função da classe de renda do entrevistado, a Figura 14 permite observar que há uma tendência da população de menor renda em atribuir ao dono do posto de serviço a responsabilidade pelo reparo do dano ambiental (38%) contra 24% da população de maior renda. Esta por sua vez tende a atribuir maior responsabilidade pela remediação à bandeira que opera o posto (42%) e ao governo (34%).

Figura 14 - Responsabilidade pelo custo de remediação e de indenização de imóveis afetados em uma contaminação por posto de serviço – Avaliação por faixas de renda mensal.



Na indicação dos responsáveis pelos custos de reparação, os motivos mais freqüentemente apresentados pelos entrevistados foram:

- Bandeiras – são tidas como investidoras e maiores auferidoras de lucro com o empreendimento, cabendo às mesmas o ônus do custo de reparação;

Observação:

- Alguns postos são de propriedade das distribuidoras, fato que reforça a atribuição de responsabilidade pelo custo de reparação às mesmas;
- Postos que não têm vínculo contratual de distribuição com as bandeiras são considerados “Bandeira Branca”, fato que torna mais complexa a atribuição de solidariedade nos custos de remediação com uma determinada bandeira.

- Proprietário do Posto de Serviço – quando citados, em geral, são tidos como desleixados e omissos na condução ambientalmente correta de seus postos e;
- Governo – para os entrevistados que apontaram o Estado como quem deveria ser responsabilizado pelos custos de indenização e reparação ambiental, esta atribuição foi justificada por falhas em sua atuação, tais como, falta de fiscalização, omissões no controle de atividades poluidoras e problemas de corrupção e imperícia.

Ainda sobre este tema, com relação à ação governamental, alguns entrevistados assinalaram que a responsabilidade de indenização não deveria recair sobre o governo, pois, em última instância, o dinheiro seria cobrado dos contribuintes. Essa necessidade financeira poderia redundar em nova taxação sobre combustíveis, por exemplo, para gerar recursos para esse fim.

No mercado atual, as bandeiras têm sido os maiores investidores em serviços ambientais em casos de vazamento de postos de serviço, seja na prevenção (troca de instalações) ou na avaliação e remediação de sítios. Em seguida vêm os operadores dos postos. A solidariedade entre eles na recuperação destas áreas não é sempre situação trivial, como se observa pelo artigo “Posto quer dividir culpa com rede” (POSTO... 2003, p. C6), o qual explica que o Sindicato das distribuidoras de combustível (SINDICOM) foi acionado judicialmente pelo Sindicato dos proprietários de postos de combustível do Estado de São Paulo (SINCOPETRO) para que as distribuidoras sejam

consideradas co-responsáveis pelo serviço de remediação dos sítios contaminados.

Até o presente momento, o Estado não tem tido papel relevante como fonte de investimentos para este mercado, agindo como normatizador e fiscalizador de serviços. Todavia, em alguns casos de grande repercussão na mídia, como o caso da Shell na Vila Carioca, a CETESB acaba sendo colocada no banco de réus, como citado em Viveiros (2002 a b), por meio de uma ação civil pública proposta pela Promotoria de Justiça do Meio Ambiente e Urbanismo da capital paulista.

Em caso de postos ou áreas contaminadas abandonadas, como mostrado em Leite (2005 a b), a CETESB, segundo declaração do seu gerente Ronald Magalhães, não possui um fundo de recursos para saneamento. Este órgão tenta, então, localizar responsáveis ou alguma distribuidora que tenha fornecido combustível para o sítio durante o período em que esteve em operação, mas nem sempre isso é possível. Como exemplo é apresentado um caso de sítio abandonado onde, por dificuldade de atribuição de responsabilidades, a própria CETESB, dado à emergência verificada, assumiu os trabalhos e custos de investigação dos impactos causados pelo vazamento.

Como esse exemplo de “sítio órfão” de responsável é comum no Estado de São Paulo, Campanili (2002a) discute que a sociedade, seja por meio da CETESB ou de Organizações Não-Governamentais (ONGs), começa a reconhecer a necessidade de criação de fundo ambiental para que se garanta recursos para a descontaminação e gestão dessas áreas.

Avaliando-se o grande número de áreas potencialmente contaminadas em São Paulo, há de se prever que muitas delas não apresentarão donos, como áreas de empresas falidas e com resíduos cujos geradores são difíceis de se rastrear. Pensando nesta problemática, o governo paulista preparou um projeto de lei (PL 368) e o enviou para a Assembléia Legislativa em junho de 2005, com o intuito de regulamentar a proteção da qualidade do solo e o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado.

Neste projeto de lei, a criação de um fundo público estadual de recursos para financiamento de remediações sem responsáveis identificados, denominado Fundo Estadual para Prevenção e Remediação de Áreas Contaminadas (FEPRAC) recebe especial atenção.

Segundo o PL-368, as receitas sairão dos cofres públicos, de fundos internacionais, contribuições voluntárias, compensações ambientais e de multas por infrações à lei proposta.

Em termos internacionais, a referência principal desse tipo de fundo é o *Superfund*, instituído em 1980 nos EUA pelo decreto *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act* (CERCLA), visando remediar as chamadas “áreas órfãs”, cujos riscos à saúde da população ou ao meio ambiente são reconhecidamente elevados e onde não exista um responsável identificado, ou o responsável identificado não possua condições financeiras para arcar com os custos de investigação e remediação.

Os recursos que financiam este fundo vêm de tributos sobre petróleo e produtos químicos, entre outros. O programa possui um cadastro de áreas contaminadas, denominado *Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability System* (CERCLIS), e uma lista das áreas consideradas prioritárias para remediação denominada *National Priorities List* (NPL).

Outros países que possuem processos semelhantes são Canadá, França, Holanda, Suécia e Japão, e a origem dos recursos está baseada em tributos que incidem sobre combustíveis, veículos, licença para emissões de gases e potencial poluidor das empresas.

5 Conclusões

Embora a valoração ambiental apresente algumas limitações na atribuição de valor a recursos ambientais impactados por ações antrópicas, a utilização desta como ferramenta complementar à gestão de áreas contaminadas pode auxiliar na condução de processos litigiosos em que seja necessário determinar a responsabilidade pelo dano e o montante que deverá ser investido na solução do problema.

Provavelmente, como detalha Granziera (2003), a questão nevrálgica a ser superada consista na declaração de passivos por parte de seus responsáveis, vista ainda com muita temeridade pelos empresários, em função de que a assunção de passivo expõe as empresas a sofrer penalidades e, além disso, no caso do Estado de São Paulo, serem incluídas no cadastro de áreas contaminadas da CETESB, o qual é objeto freqüente de divulgação pela mídia. Tal situação, para a referida advogada, gera uma armadilha para a sociedade, pois esta deveria saber a real situação dos passivos ambientais a que pode estar sujeita e, as empresas, em função do já exposto, optam por não fazer a autodenúncia, agravando a situação de desinformação a que todos ficam condenados.

Por outro lado, a assunção de passivo ambiental por parte das empresas:

- trata-se antes de tudo de ação cidadã, devido às implicações ao meio ambiente e a terceiros que podem se derivar de um sítio contaminado;

- permite tratamento adequado do cenário exposto, acionando-se, quando necessário, os agentes envolvidos na proteção da sociedade civil, dado eventuais riscos de explosão, ingestão de água etc., que possam estar em curso;
- possibilita que a mesma acesse dispositivos legais como TAC - Termo de Ajustamento de Conduta, redução em multas aplicadas etc., que poderão ser essenciais para a adequada gestão do passivo ambiental apresentado, viabilizando a conciliação entre o investimento que se faça necessário e o cronograma de ações e;
- abre caminho para troca de experiências técnicas entre as consultorias contratadas e os agentes ambientais que farão a gestão do problema derivado da contaminação ambiental.

Como apresentado neste estudo, a população de São Paulo (83%) demonstrou grande preocupação com o tema de áreas contaminadas, pois entende que sua saúde e seu patrimônio (imóveis) podem ser afetados por uma situação de contaminação ambiental, salientando a necessidade de que a informação esteja acessível a todos.

Os postos de serviço, como apresentado, transmitem para 78% dos entrevistados mais aspectos negativos, pela sua presença na vizinhança, do que positivos, muito em função do risco de explosão percebido pelas pessoas (33%) e pela possibilidade de contaminação ambiental (28%).

No Estado de São Paulo, a CETESB tem desenvolvido importante trabalho de licenciamento ambiental desta atividade (postos de serviço),

segundo preconizado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), exigindo neste processo, como declarado por Cunha apud Campanili (2002b), o levantamento de passivo dos postos e concomitante solicitação de troca de instalações (tanques, linhas etc.), por meio do qual espera-se eliminar a possibilidade de vazamentos nestes estabelecimentos.

No entanto, em função do grande número de sítios contaminados por vazamentos em postos de serviço, a necessidade de recuperação ambiental dos mesmos passa a ser latente, sendo a responsabilização objeto de alguma controvérsia no entendimento dos entrevistados, os quais dividiram este ônus entre as bandeiras (37%), os proprietários de postos (34%) e o governo (29%). Em termos legais, no entanto, a atribuição de responsabilidade é apresentada, entre outros dispositivos, pela Lei Federal 6.938/81, a qual, em seu artigo 4º, estabelece que “A Política Nacional do Meio Ambiente visará, inciso VII – à implantação, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados (...)”. Daí ser interessante o embate de idéias sobre os envolvidos nesta questão ambiental, assim como detectou a pesquisa, pois o custo de recuperação de uma área contaminada realmente atingirá todas as esferas apresentadas, seja a bandeira, o proprietário do posto ou os órgãos ambientais envolvidos.

Com relação aos processos de recuperação, houve a seguinte captação de respostas pela pesquisa:

- a) Valor médio de remediação (VMR): VMR = R\$ 213.672,00 (janeiro de 2006).
- b) Tempo médio de remediação: 21 meses.

- c) DAA a externalidade de um vazamento de combustíveis em um posto pelos moradores de residências afetadas: valor não estabelecido, porém foi assinalado que os moradores desejariam ser indenizados pelos imóveis e removidos dos mesmos imediatamente.

Por fim, em função das limitações de escopo do trabalho atual, fica a sugestão de continuidade de estudos sobre esta temática por meio da utilização do método de preços hedônicos, pois, como destacou Sousa (2004), a poluição tem reflexo direto na desvalorização de imóveis suscetíveis a externalidades negativas. Portanto, com o passar do tempo e o aumento da consciência ambiental por parte da sociedade, a contaminação de postos de serviços deverá apresentar reflexos no mercado imobiliário, levando à perda de valor nas propriedades vizinhas.

6 Referência Bibliográfica

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO – ANP. **Distribuição percentual dos postos revendedores de combustíveis automotivos no Brasil, segundo a bandeira, em 31/12/2003**. Brasília – ANP (2003). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2005.

AINSWORTH, S.; JEHN, P. Source water protection: what's in it for you? **Groundwater Monitoring and Remediation**, v.25, n.2, p.44-51, 2005.

ANDERSON, R. J.; CROCKER, J.D. Air Pollution and Residential Property Values. **Urban Studies**. V.8. 1971. In: BORBA, R. A. V. Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

BARKER, J. F. et. al. **The influence of methanol in gasoline fuels on the formation of dissolved plumes, and on the fate and natural remediation of methanol and BTEX dissolved in groundwater**. Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater. V. 2 Lewis Publishers. 1997. p.103-113.

BLOMQUIST, G. The Effect of Electric Utility Power Plant Location on Area Property Value. **Land Economics**. V.50. 1974. In: BORBA, R. A. V. Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

BORBA, R. A. V. **Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina**. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil.

Promulgada em outubro de 1988.

_____. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 16 fev. 2005.

_____. Portaria 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Publicada no Diário Oficial de 26 de março de 2004, Seção 1, p.266-270. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2005.

_____. Decreto Lei nº. 2607 de 15 de junho de 1998, da Agência Nacional de Petróleo. Dispõe sobre a porcentagem de álcool autorizada para aditivação à gasolina. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2005.

BRATBERG, D.; HOPKINS, L. Risk Based Corrective Action and Risk Assessment. Procedures in the United States: a 1995 Survey. **Proceedings of the 1995 Petroleum Hydrocarbon and Organic Chemicals in Ground Water: Prevention, Detection, and Restoration Conference**. Houston, Texas. 1995. p. 25-31.

BROWN, R. Treatment of petroleum hydrocarbons in ground water by air sparging. In: NORRIS R. D. et al. (Ed.) **Handbook of bioremediation**. Boca Raton: Lewis, 1994.

CAMPANILI, M. Ambientalistas pedem mais informações sobre áreas contaminadas. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 05 abr. 2002a. Disponível em: <<http://www.estado.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2005.

_____. Postos de gasolina começam a ser licenciados. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 02 jul. 2002b. Disponível em: <<http://www.estado.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2005.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo: CETESB, 2001.

_____. **Cadastro de áreas contaminadas**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/cadastro.asp>. Acesso em: 21 fev. 2006.

_____. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp>. Acesso em: 21 fev. 2006.

_____. **Proposta de critério para valoração monetária de danos causados por derrames de petróleo ou de seus derivados no ambiente marinho**. São Paulo: CETESB, 1992. In: NETO, D. P. Baixada santista, manguezal e vazamento de óleo: uma valoração econômica-ecológica. 2000. 114f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em ciência ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

CLARK, J. B. J.; HARRISON, C. M. 2000. "I Struggled with this Money Business": respondents' perspective on contingent valuation. **Ecological Economics**, 33:45 – 62. In: Valoração Econômica do Parque Estadual Morro do Diabo (SP). Conservation Strategy Fund. (2002) 28 p.

COMUNE, A. E.; MARQUES, J. F. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.) **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP, 1997. p. 21-42.

CONSTANZA et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 17 May, 1997.

CORDAZZO, J. **Modelagem e simulação numérica do derramamento de gasolina acrescida de álcool em águas subterrâneas**. 2000. 108f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

CORSEUIL, H. X.; ALVAREZ, P. J. J. Implications of the presence of ethanol on intrinsic bioremediation of BTX plumes in Brazil. **Hazardous Waste & Hazardous Materials**, New York, v. 13, n. 2, p. 213-221, 1996.

CUNHA, R. C. A. **Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas: estudo de caso**. 1997. 152f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

DOURADO, F. F. M. **Tratabilidade de água subterrânea contaminada com hidrocarbonetos do petróleo: gasolina**. 1998. 122f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Departamento Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **A technology assessment of soil vapor extraction and air sparging**. Washington, DC: EPA - Office of Research and Development, 1992. (EPA/600/R-92/173).

_____. **Federal remediation technology roundtable**. Washington, DC: EPA, 2004. Disponível em: <<http://costperformance.org>>. Acesso em: mai/05 a ago./05.

_____. **Show to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: a guide for corrective action plan reviewers**. Washington, DC: EPA, 1995. (EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007 e EPA 510-R-04-002).

_____. **Elements for effective management of operating pump and treat systems**. Washington, DC: EPA, 2002. (EPA 542-R-02-009. OSWER 9355.4-27FS).

- _____. **Exposure factors handbook. Office of Health and Environmental Assessment.** Washington, DC: EPA, 1989a (EPA/600/8/8-89/043).
- _____. **Risk Assessment Guidance for superfund: Volume I – Human Health Evaluation Manual (Part A, Baseline Risk Assessment). Interim final. Office of Health and Environmental Assessment.** Washington, DC: EPA, 1989b (EPA/540/1-89/022).
- _____. **Risk assessment guidance for superfund: Vol.1 Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of risk-based preliminary remediation goals), Interim. Office of Emergency and Remedial Response.** Washington, DC: EPA, 1991 (EPA/540/R-92/003).
- FARIA, R. C. **O método de avaliação contingente: um teste da técnica de Bidding Game.** 1998. 110f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- FONSECA, S. M. **O valor de existência de um ecossistema costeiro tropical, através da disposição ao trabalho voluntário.** Campinas: Unicamp/Nepam, 2002. Disponível em: <http://www.nepam.unicamp.br/ecoeco/artigos/encontros/iv_en/mesa1/5.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2005.
- FURTADO, M.; SILLOS, M. Remediação de solos. **Química & Derivados**, São Paulo, 2005. v. 40, n. 437, p. 26-45, 2005.
- GAMBLE, H.; DOWNING, R. The Effect of Nuclear Power Plants on Residential Property Values. **Journal of Regional Science.** v.22, n.4, 1982. In: BORBA, R. A. V. Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

- GRANZIEIRA, M. L. M. "Concordata ambiental" pode reduzir riscos? **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 30 abr. 2003. Disponível em: <<http://www.estado.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2005.
- HAHN, C. M. et al. **Proposta metodológica para valoração de danos ambientais**. 1991. DEPRN / Secretária do Meio Ambiente. Estado de São Paulo, 1991. In: NETO, D. P. Baixada santista, manguezal e vazamento de óleo: uma valoração econômica-ecológica. 2000. 114f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em ciência ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- HAHN, C. M. **Valoração econômica de meio ambiente e políticas públicas: o estudo dos termos de ajustamento de conduta**. 2002. 215f. Dissertação (Mestrado) - Procam, Interunidades em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, 2002.
- HUFSCHMIDT, M. M. et al. **Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983. 338 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento**. Brasília: IBGE, 2004. 151 p.
- KHADAM, I.; KALUARACHCHI, J. J. Applicability of risk-based management and the need for risk-based economic decision analysis at hazardous waste contaminated sites, **Environment International**, v.29, n.4, p.503-519, 2003.
- KUROZAWA, S. S. **Avaliação de bioestimulação para biorremediação de área contaminada por BTEX**. 2006. 131f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.
- JONES, Carol A. **Avaliação da perda pública causada por danos aos recursos naturais**. (Trabalho apresentado no Congresso Internacional de Responsabilidade Civil, Blumenau, 29/10 à 01/11/1995). In: HAHN, C. M. Valoração econômica de meio ambiente e políticas públicas: o estudo dos termos de ajustamento de conduta. 2002.

LEITE, F. Cetesb apura vazamento em posto clandestino. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 28 jan. 2005a. p. C-5.

_____. Cetesb quer que proprietário de posto pague por descontaminação de solo. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 29 jan. 2005b. p. C-6.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. São Paulo: Editora Guanabara, 1990.

MILLER, R. R. **Bioslurping**: technology overview report. Pittsburgh: GWRTAC, 1996. 10 p. Disponível em: <http://www.gwrtac.org/html/tech_over.html>. Acesso em: 15 fev. 2005.

MOTA, J. A. **Valoração de ativos ambientais como subsídio à decisão pública**. 2000. 262f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

NETO, D. P. **Baixada santista, manguezal e vazamento de óleo: uma valoração econômica-ecológica**. 2000. 114f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em ciência ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

NYER, E. K. **Practical techniques for groundwater and soil remediation**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

NOSSA, L. Vazamento de postos deixa 5 milhões em risco. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 25 out. 2002. Disponível em: <<http://www.estado.com.br>>. Acesso em: 10 mai. 2005.

OLIVEIRA, E. **Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques**. 1992. 112f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resource use and the environment.** Baltimore: Johns Hopkins, 1990.

PEARCE, D. W. **Economic values and the natural world.** London: Earthscan Publications, 1993. 129 p.

PEREIRA, M. A. C. **Alteração da espessura da fase livre da gasolina sob ação co-solvente do etanol.** 2000. 85f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2000.

POSTO quer dividir culpa com rede. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 04 nov. 2003. p. C6.

POWERS, J.P. **Construction Dewatering, A Guide to Theory and Practice.** Wiley Interscience, 1981. U.S. Air Force. Technology Profile: Vacuum-Mediated LNAPL Free Product Recovery/Bioremediation (Bioslurper). Air Force Center for Environmental Excellence, 1994.

REBOUÇAS, A. C. **Caderno técnico**, ABAS nº 3, 1994.

REVISTA CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA. Rio de Janeiro, nº 3, 1999, p.18/19.

RIBAS, L. C. **Proposta metodológica para avaliação de danos ambientais: o caso florestal.** 1996. 242f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

RIDKER, R.; HENNING, J. **The Determination of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution. Review of Economics and Statistics**. Maio, 1967. In: BORBA, R. A. V. Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

ROMERO, C. **Economia de los recursos ambientales y naturales**. 2. ed. Madrid: Alianza Editorial, 1997. p. 51-76.

SÃO PAULO (Estado). **Constituição do Estado de São Paulo**. Promulgada em 1989.

SÃO PAULO (Capital). Lei nº. 13.721, de 9 de Janeiro de 2004. Dispõe sobre comercialização, armazenagem e transporte de água mineral e água natural no município de São Paulo. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

SCHWEITEZER, J. **Economics, conservation and development: a perspective from USAID**. In: VICENTE, J. R. et al. (Ed.) Valuing environmental benefits in developing countries: proceedings. East Lansing: Michigan State Univ. 1990. p.1-10.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.fosp.saude.sp.gov.br/html/mor_0102.html>. Acesso em: 27 mar. 2006.

SEROA DA MOTTA, R. **Desafios ambientais da economia brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 1997. (Texto para discussão 509)

_____. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 216p.

SERVIÇOS TÉCNICOS AMBIENTAIS LTDA – SERVMAR. Workshop de Remediação Ambiental – Material divulgação. Elaboração SILLOS M. e KUROSZAWA, S.S. São Paulo, 2005.

SILLOS, M et al. **Futurágua: da educação ambiental a cidadania.** São Paulo: FSP/USP, 2002. /Monografia de Gestão Ambiental/

SIMONS, R. A.; BOWEN, W.; SEMENTELLI, A. The Effect of Underground Storage Tanks on Residential Property Values in Cuyahoga County, Ohio. **Journal of Real Estate Research.** v.14, n.1, p.29-42, 1997.

SIMONS, R. A.. Estimating Proximate Property Damage from PCB Contamination in a Rural Market: A Multiple Techniques Approach, **The Appraisal Journal**, v.70, n.4, p. 388-400, 2002,.

SIMONS, R. A.; SAGINOR, J. D. A Meta-Analysis of the Effect of Environmental Contamination and Positive Amenities on Residential Real Estate Values. **The Journal of Real Estate Research.** v.28, n.1, p.13-24, 2006.

SOUSA, D. S. **Instrumentos de Gestão da Poluição Sonora para a Sustentabilidade das Cidades Brasileiras.** 2004. 643f. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

TOTAL de áreas contaminadas em SP dobra, diz a Cetesb. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 10 nov. 2004. p. A1.

VIVEIROS, M. Contaminação extrapola limites da Shell. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 13 mai. 2002a. p. C-1.

_____. Shell tem uma semana para regularizar área. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 08 mai. 2002b. p. C-6.

ZEISS, C.;ATWATER, J. **Waste Facility Impacts on Residential Property Values**. *Jornal of Urban Planning Development*, v.115, n.2, 1989. In: BORBA, R. A. V. Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da usina de compostagem de lixo da vila Leopoldina. 1992. 67f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

7 Sites

Disponível em: <<http://www.epa.gov/swerust1/pubs/tums.htm>>. Acesso em: set/03 a fev./06.

Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: set/03 a fev./06.

Disponível em: <<http://www.conservation-strategy.org>>. Acesso em: mai/05 a ago./05.

Disponível em: <<http://costperformance.org>>. Acesso em: mai/05 a ago./05.

Disponível em: <<http://www.frtr.gov/>>. Acesso em: jan./04 a ago./05.

<http://www.google.com.br>. Acesso em: set/03 a ago./05.

Disponível em: <<http://www.clean.com.br>>. Acesso em: set/03.

Disponível em: <<http://www.remediacao.com.br>>. Acesso em: jan/05.
(*site* SERVMAR Serviços Técnicos Ambientais Ltda.)

Disponível em: <<http://www.fosp.saude.sp.gov.br>>. Acesso em: 27 mar. 2006.

ANEXO I. Legislação relacionada a áreas contaminadas e
remediação

A seguir é apresentado breve apanhado da legislação aplicável ao tema de recuperação de áreas contaminadas, bem como as obrigações cabíveis.

I.1 Legislação Federal

I.1 a Constituição Federal

No capítulo VI (“Do Meio Ambiente”), artigo 225, é colocado o princípio:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

I.1 b Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6938/81 e seu decreto regulamentador)

A Lei Federal 6.938/81, regulamentada pelo Decreto 99.274/90, define a política nacional do meio ambiente e regula a *estrutura administrativa* de proteção e de planejamento ambiental – o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Essa lei introduz alguns *instrumentos* de planejamento ambiental e determina a *responsabilidade/penalidade* para casos de poluição, como nos artigos seguintes:

Art. 2º – A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à

vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: (...)

VIII – recuperação de áreas degradadas;

Art. 4º – A Política Nacional do Meio Ambiente visará: (...)

VII – à implantação, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados (...).

De acordo com o Art. 14, IV, § 1, o *responsável* pela poluição tem a obrigação *de reparar* os danos causados por suas atividades, ao meio ambiente ou a terceiros, ou deve pagar indenização correspondente,

Independentemente de dolo, salientando-se o risco da atividade econômica desenvolvida, como se vê a seguir:

Art. 14, IV, § 1º – Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. (...).

No que tange a lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605/98):

A Seção IV – A Lei prevê penas de reclusão de até 5 anos na Seção IV ("Da Poluição e outros Crimes Ambientais"), conforme mencionado no Art. 54:

Art. 54 – Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que

provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora.

A omissão da autoridade ambiental na apuração de infrações ambientais está sendo considerada como infração administrativa no Art. 70.

Art. 70 – Considera-se infração administrativa ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente.

É colocada sob a pena de co-responsabilidade no § 3º:

§ 3º – A autoridade ambiental que tiver conhecimento de infração ambiental é obrigada a promover a sua apuração imediata, mediante processo administrativo próprio, sob a pena de co-responsabilidade.

I.II Legislação Paulista

I.II a Constituição do Estado de São Paulo de 1989

Referente à legislação do Estado de São Paulo (Constituição do Estado de São Paulo de 1989).

O Art. 193 da Seção I – Do Meio Ambiente – estabelece o objetivo de proteger o meio ambiente mediante um sistema administrativo e define vários aspectos da política ambiental, entre os quais a *proteção contra a poluição e degradação*:

XIV – promover medidas jurídicas e administrativas de responsabilização dos causadores de poluição ou de degradação ambiental; (...)

XX – controlar e fiscalizar obras, atividades, processos produtivos e empreendimentos que, direta ou indiretamente, possam causar degradação do meio ambiente, adotando medidas preventivas ou corretivas e aplicando as sanções administrativas pertinentes.

Lei nº 997/76 – sobre o controle de poluição

A lei estadual 997/76 dispõe sobre o controle da poluição ambiental.

Art. 2º – Considera-se poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo:

I – impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II – inconvenientes ao bem-estar público;

III – danosos aos materiais, à fauna e à flora;

IV – prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 3º – Fica proibido o lançamento ou liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo.

Decreto nº 8.468/76

Aprova o regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e sobre o controle da poluição do meio ambiente.

Art. 51 – Não é permitido depositar, dispor, descarregar, enterrar, infiltrar ou acumular no solo resíduos, em qualquer estado da matéria (...)

Lei nº 9.509/97 – da Política Estadual do Meio Ambiente

A lei dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. O Artigo 2º, Capítulo I, estabelece os princípios da Política Estadual, entre outros, a prevenção e *recuperação* do meio ambiente degradado, a informação da população sobre o nível da poluição e a obrigação do poluidor de recuperar danos causados.

O Artigo 2º, Inciso I, dispõe sobre a necessidade de prevenir a degradação e promover a recuperação do meio ambiente degradado:

I – adoção de medidas, nas diferentes áreas de ação pública e junto ao setor privado, para manter e promover o equilíbrio ambiental e a melhoria da qualidade ambiental, prevenindo a degradação em todas as suas formas e impedindo ou mitigando impactos ambientais negativos e recuperando o meio ambiente degradado.

O Inciso XVII dispõe sobre as responsabilidades do poluidor:

XVII – imposição ao poluidor de penalidades e da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos, através de atos administrativos e de ações na justiça, sem prejuízo das demais penalidades previstas em lei, incumbindo, para tanto, os órgãos competentes, da administração direta, indireta e fundacional da obrigação de promover as medidas judiciais para a responsabilização dos causadores da poluição e degradação ambiental, esgotadas as vias administrativas.

Decreto nº 32.955/91

Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2/6/88, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo.

No Capítulo II, Seção II, trata dos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos.

Art. 16º – Os resíduos sólidos, líquidos ou gasosos provenientes de quaisquer atividades somente poderão ser transportados ou lançados se não poluírem águas subterrâneas.

Na Seção III, há regulamentos para projetos de disposições de resíduos no solo, bem como a obrigação de monitoramento pelo empreendedor e a obrigação de remediação em casos de alterações na qualidade da água.

§ 3º – Se houver alteração estatisticamente comprovada, em relação aos parâmetros naturais de qualidade da água nos poços a jusante, por ele causada, o responsável pelo empreendimento deverá executar as obras necessárias para a recuperação das águas subterrâneas.

I.II b TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

Extenso estudo sobre a aplicação do TAC – Termo de Ajustamento de Conduta – no estado de São Paulo é feito na dissertação de Hahn, C. M. (2002). Conclui a autora que este instrumento explicita o compromisso entre o empreendedor e os órgãos ambientais responsáveis pelo controle da atividade.

Ainda segundo ela, a figura do TAC foi introduzida no ordenamento jurídico pela alteração que o código de defesa do consumidor (Lei Federal 8078/90) impôs à lei de interesses difusos (Lei Federal 7347/85), possibilitando, previamente à propositura da ação, celebrar com os causadores do impacto ambiental um TAC.

No âmbito da administração Estadual, a SMA (Secretaria do Meio Ambiente) de São Paulo introduziu o TAC pela resolução SMA 05/97, na busca de instrumentos mais modernos e eficazes para exercer o controle ambiental. Vale dizer que os TACs são títulos executivos extra-

judiciais, ou seja, se não cumpridos são diretamente encaminhados para execução sem necessidade de novos trâmites (e prazos) processuais.

Cabe ao promotor a decisão de pleitear a condenação em dinheiro (que reverte ao fundo para reconstituição de bens lesados) ou o cumprimento de obrigações de fazer ou não fazer. Segundo Hahn (2002), alguns promotores têm preferido uma compensação pecuniária que se reverte em prol das questões ambientais, conferindo recursos à instituição responsável pela gestão daquele bem ambiental.

Essa resolução possibilitou à SMA desenvolver ações preventivas, repressivas e corretivas de forma mais efetiva, uma vez que o TAC é um compromisso firmado entre a autoridade e o degradador, que se responsabiliza pela degradação ambiental e propõe-se a sanar as desconformidades. Isto é feito com a fixação de obrigações e prazos de modo a cessar, adaptar, decompor, corrigir ou minimizar seus efeitos negativos. O TAC, portanto, agilizou a recuperação ambiental, ampliando o espaço de ação da SMA, a qual se limitava a multar o infrator.

Como complemento à questão, resume Hahn (2002), os métodos tradicionalmente aplicados de valoração ambiental associados aos TAC são:

- Custos de restauração, reabilitação, reposição ou aquisição de equivalente;
- Redução do valor dos recursos naturais, considerando o processo de recuperação.

ANEXO II. Principais Tecnologias de Remediação

A constatação de que existem diversos danos ambientais frutos de problemas de armazenamento e operação em sítios que manipulam hidrocarbonetos de petróleo foi observada em diversos estudos hidrogeoquímicos realizados há algumas décadas.

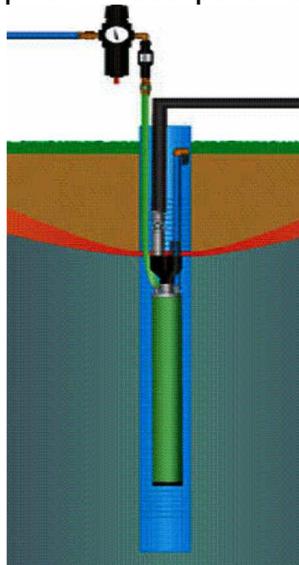
O vazamento ou derrame de produtos combustíveis como a gasolina, o óleo diesel, o querosene, o óleo BPF etc., foi encontrado em quase todos os sítios estudados, como confirmado em diversos trabalhos, nos quais índices na faixa de 80 a 90 % de contaminação ambiental por hidrocarbonetos do petróleo nos solos e águas subterrâneas foram detectados nos locais de distribuição ou armazenamento destes, conforme Oliveira (1992).

Da contaminação à remediação, deparamo-nos com questões técnicas de viabilidade e eficiência dos métodos a serem utilizados.

Em um primeiro momento, a remoção manual ou com o auxílio de bombas do produto em fase orgânica (técnica de *pump and treat*) foi dada como solução geral do problema, pois a percepção era a de que o impacto restringia-se a um produto insolúvel em água e de fácil bombeamento.

A seguir, é mostrada na Figura 15 um esquema de bomba de última geração desenvolvida para recuperação da fase livre. Esse equipamento é à prova de explosão, funciona por meio de ar comprimido e não gera emulsão significativa do produto orgânico com a água:

Figura 15 - Bomba pneumática para remoção de fase livre

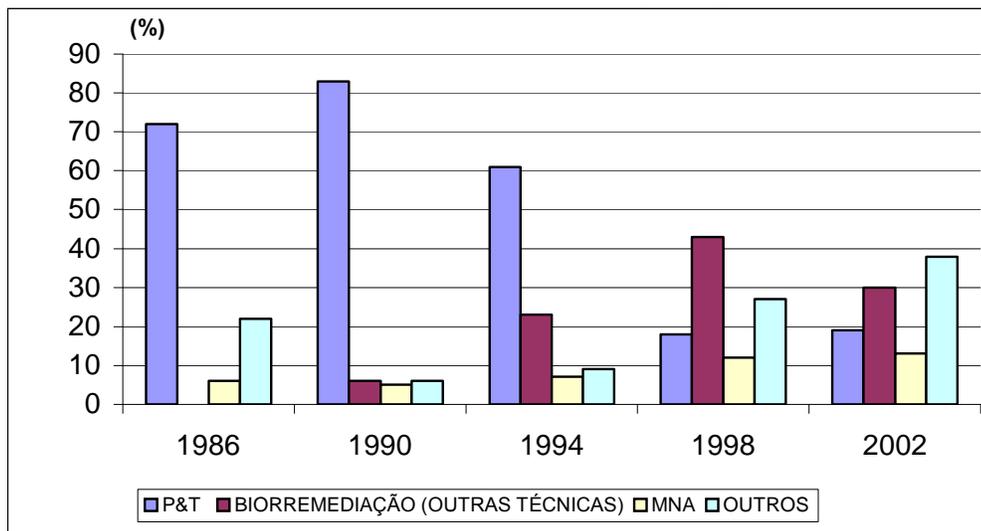


Fonte: Clean Environmental do Brasil, *site*: www.clean.com.br.

Constatou-se, no entanto, que a simples remoção desta fase livre não seria suficiente para sanear todo o problema ambiental, pois o solo e as águas subterrâneas haviam sido contaminados por produtos orgânicos como benzeno, tolueno, naftaleno etc., existentes nas misturas combustíveis e que este bombeamento não resolveria todo o grave cenário observado.

Ainda assim o uso do sistema de bombeamento tem sido aplicado em situações emergenciais ou na contenção hidráulica da contaminação. A Figura 16 apresenta a evolução na adoção de tecnologias nos sítios da Lista de Prioridades Nacionais (NPL), de áreas contaminadas dos EUA, onde se observa a troca do P&T (bombeamento) por métodos mais eficazes, como biorremediação, MNA (atenuação natural monitorada), ao longo dos anos.

Figura 16 - Evolução da aplicação de tecnologias de remediação na Lista de Prioridades Nacional (NPL) - EUA



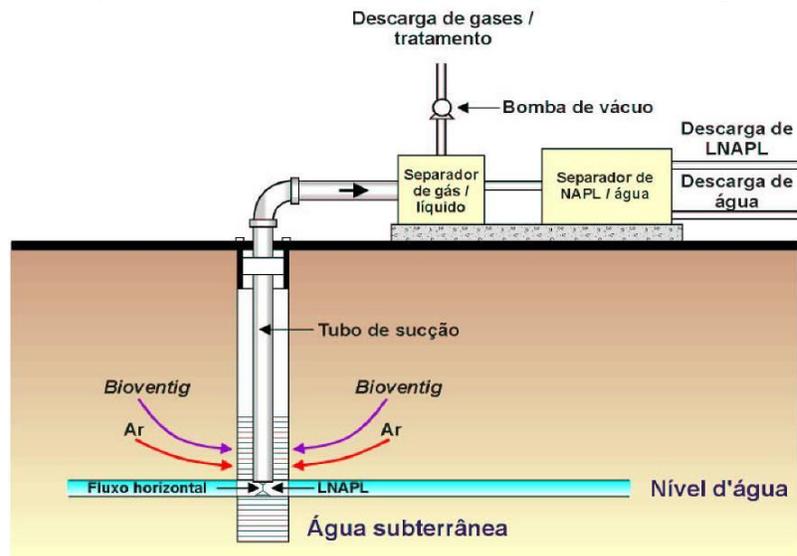
Fonte: Environmental Protection Agency (2002) apud Furtado e Sillos (2005)

O avanço mais concreto em termos de tecnologia que atenda a áreas com contaminação por hidrocarbonetos em fase livre foi a adoção de sistemas com aplicação de pressão negativa para remoção forçada do produto do solo. Em especial a técnica de MPE (Extração multifásica) tem sido a mais empregada e com melhor desempenho.

A base de funcionamento é o da extração a vácuo tanto da fase livre e dissolvida, simultaneamente com a remoção dos vapores de hidrocarbonetos que estejam presentes em subsuperfície.

Apresenta-se, na seqüência, a Figura 17, esquemática do funcionamento do MPE.

Figura 17 - Esquema de funcionamento do MPE (Extração Multifásica)



Fonte: SERVIMAR (2005)

As principais vantagens deste tipo de equipamento, segundo Environmental Protection Agency (1995) e Miller (1996), são:

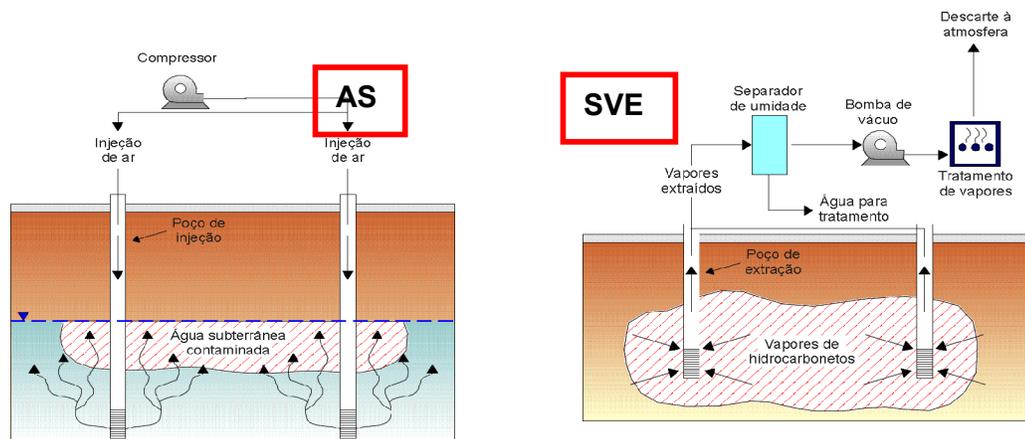
- Geração de menor proporção de fase dissolvida em comparação com outras técnicas;
- Preocupação com um tratamento integrado das zonas saturada e não-saturada;
- Controle de migração de pluma por meio de alterações hidráulicas;
- Solução efetiva em remediação de sítios, em função de seu poder mecânico de remoção da contaminação, assim como sua ação indireta na estimulação da ação da microbiota autóctone;
- Possibilidade de integração com outras técnicas;
- Redução do cronograma de remediação, possibilitando redução nos custos e;

- Pode ser utilizado na maioria dos sítios existentes no Brasil, levando-se as condições hidrogeoquímicas geralmente observadas.

Além de emprego do sistema de MPE objetivando a remoção de vapores orgânicos e a remoção de produto adsorvido ao solo, outras técnicas mais específicas a estes fins podem ser utilizadas. Esta opção dá-se em função do cronograma de mitigação a ser atendido, bem como, a disponibilidade financeira do projeto, pois as técnicas apresentadas a seguir podem ter cronograma maior, porém menores custos, principalmente pela necessidade de menor volume de equipamentos a serem empregados.

A Figura 18 apresenta, esquematicamente, as técnicas de Extração de vapores (SVE) e injeção de ar (AS – air sparging).

Figura 18 - Sistema de AS/SVE conjugado



Fonte: SERVIMAR (2005)

A técnica de extração de vapores, também conhecida como ventilação do solo ou extração a vácuo, segundo a Environmental Protection Agency (1995), possibilita o tratamento *in situ* de contaminantes voláteis e semivoláteis presentes no solo na zona vadosa.

Seu funcionamento é baseado na aplicação de vácuo em poços de extração próximos à zona de contaminação. Com isso estimulam-se os processos de:

1. Desorção da fase livre residual, que pode ser, então, removida por bombeamento simples;
2. Volatilização de compostos orgânicos, em função do abaixamento da pressão no meio e;
3. Biodegradação dos contaminantes, sendo que quanto mais pesado o contaminante, mais importante torna-se esta via de redução da sua presença no meio, conforme Brown (1994).

Derivações destas técnicas permitem seu emprego na estimulação da biorremediação nos sítios contaminados, em especial pela adição de nutrientes, tais como, nitrogênio, fósforo e potássio, que possibilitam que os microrganismos autóctones acelerem o processo de biodegradação dos contaminantes existentes. As técnicas representativas desta adaptação são o *Bioventing* e o *Biosparging*. Além destas, o emprego de aceleradores de biorremediação (ORCs), compostos que liberam oxigênio, também possibilitam avanços em qualidade e economia de tempo em processos de remediação.

O princípio central do processo de biorremediação, conforme Nyer (1993) é o de que os microrganismos requerem carbono como fonte de energia para sustentar suas funções metabólicas ou para incorporação a seu crescimento celular. Além disso, há a necessidade de adição de nutrientes (N, P etc.) para viabilizar esse processo, conforme Marzzoco (1990). Esse metabolismo, usado pela bactéria para produzir energia, requer um receptor final de elétrons para oxidar enzimaticamente a fonte de carbono (contaminantes orgânicos) a dióxido de carbono, o qual é inerte.

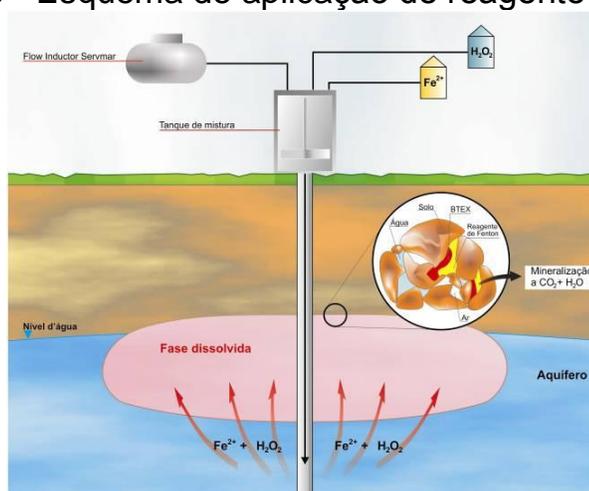
A atenuação natural monitorada (MNA) utiliza, dentre outros fatores a biorremediação como processo de remediação da área contaminada, aliando a esta e, a dispersão, a volatilização, a precipitação, a advecção etc.

Outra vertente em aplicação em casos de remediação são os processos oxidativos avançados (POAs), os quais fazem uso de uma solução oxidante forte, sendo o reagente de Fenton (peróxido de

hidrogênio em meio ferroso) o mais comum. Seu emprego é indicado na fase dissolvida de contaminantes, e por ser reação química instantânea e violenta, deve atender a alguns fatores como inexistência de fase livre, e instalações subterrâneas como tanques que possam ser corroídos.

O esquema de sua aplicação é apresentado na Figura 19 mostrada a seguir.

Figura 19 - Esquema de aplicação de reagente de Fenton



Fonte: Kurozawa (2006)

ANEXO III. Questionário aplicado nas entrevistas

QUESTIONÁRIO (data ____/____/2005) / (Local _____)

0 - Indicadores sócio-econômicos

HOMEM IDADE _____ ANOS ESCOLARIDADE _____
 MULHER
 CIDADE _____ BAIRRO _____

RENDA MENSAL:					
() 1 S. M. R\$ 260,00	() 17 S.M. R\$ 4.420,00	() 31 S.M. R\$ 8.060,00	() 46 S.M. R\$ 11.960,00		
() 2 S. M. R\$ 520,00	() 18 S.M. R\$ 4.680,00	() 32 S.M. R\$ 8.320,00	() 47 S.M. R\$ 12.220,00		
() 3 S. M. R\$ 780,00	() 19 S.M. R\$ 4.940,00	() 33 S.M. R\$ 8.580,00	() 48 S.M. R\$ 12.480,00		
() 4 S. M. R\$ 1.040,00	() 20 S.M. R\$ 5.200,00	() 34 S.M. R\$ 8.840,00	() 49 S.M. R\$ 12.740,00		
() 5 S. M. R\$ 1.300,00	() 21 S.M. R\$ 5.460,00	() 35 S.M. R\$ 9.100,00	() 50 S.M. R\$ 13.000,00		
() 6 S. M. R\$ 1.560,00	() 22 S.M. R\$ 5.720,00	() 36 S.M. R\$ 9.360,00	() 51 S.M. R\$ 13.260,00		
() 7 S. M. R\$ 1.820,00	() 23 S.M. R\$ 5.980,00	() 37 S.M. R\$ 9.620,00	() 52 S.M. R\$ 13.520,00		
() 8 S. M. R\$ 2.080,00	() 24 S.M. R\$ 6.240,00	() 38 S.M. R\$ 9.880,00	() 53 S.M. R\$ 13.780,00		
() 9 S.M. R\$ 2.340,00	() 24 S.M. R\$ 6.240,00	() 39 S.M. R\$ 10.140,00	() 54 S.M. R\$ 14.040,00		
() 10 S.M. R\$ 2.600,00	() 25 S.M. R\$ 6.500,00	() 40 S.M. R\$ 10.400,00	() 55 S.M. R\$ 14.300,00		
() 11 S.M. R\$ 2.860,00	() 26 S.M. R\$ 6.760,00	() 41 S.M. R\$ 10.660,00	() 56 S.M. R\$ 14.560,00		
() 12 S.M. R\$ 3.120,00	() 27 S.M. R\$ 7.020,00	() 42 S.M. R\$ 10.920,00	() 57 S.M. R\$ 14.820,00		
() 13 S.M. R\$ 3.380,00	() 28 S.M. R\$ 7.280,00	() 43 S.M. R\$ 11.180,00	() 58 S.M. R\$ 15.080,00		
() 14 S.M. R\$ 3.640,00	() 29 S.M. R\$ 7.540,00	() 44 S.M. R\$ 11.440,00	() 59 S.M. R\$ 15.340,00		
() 15 S.M. R\$ 3.900,00	() 30 S.M. R\$ 7.800,00	() 45 S.M. R\$ 11.700,00	() 60 S.M. R\$ 15.600,00		
() 16 S.M. R\$ 4.160,00	() 31 S.M. R\$ 8.060,00	() 46 S.M. R\$ 11.960,00	() OUTROS _____		

1-Quais DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS AMBIENTAIS DE São Paulo abaixo citados mais incomodam.?

TRANSITO /CARROS/ QUALIDADE DO AR LIXO / EDUCAÇÃO AMBIENTAL OUTROS
 RIOS POLUIDOS/ENCHENTES/ESGOTOS/SANEAMENTO ÁREAS CONTAMINADAS/POLUIDAS

2- OS PROBLEMAS AMBIENTAIS PODEM AFETAR A QUALIDADE DE VIDA EM SUA CASA? OUTROS _____

Indiferente Pouco Mais ou Menos Muito

3- Você tem poço na sua casa ou usa água subterrânea?

4- Você se preocuparia caso sua casa tivesse sido construída sobre uma área poluída?

Indiferente Pouco Mais ou Menos Muito

4.A- Você sabe o que havia no terreno onde sua moradia foi construída?

NÃO

SIM _____

5- Você se preocuparia caso a contaminação de uma área próxima pudesse atingir a sua casa?

Indiferente Pouco Mais ou Menos Muito

6- Você considera positivo ou negativo morar próximo a um posto de gasolina?Pq?

7- Quais os riscos de morar perto de um posto de gasolina?

8- Você acha pior morar perto de: uma indústria, um posto de gasolina, um rio POLUÍDO, um lixão (ATERRO) ou outros?

9- Você mora próximo a um posto de gasolina?

Após esta pergunta o entrevistador explica os riscos.

10 - Você preferiria ?

sair de sua casa e alugar outro imóvel, assumindo os custos Ser indenizado pela casa

ANEXO IV. Dados dos custos de remediação coletados nas
distribuidoras de combustíveis entrevistadas

AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL DE POSTOS DE SERVIÇOS

A PARTIR DO CENÁRIO BASE INDICADO A SEGUIR, PEÇO A GENTILEZA DE APRESENTAR OS CUSTOS DE REMEDIAÇÃO ENVOLVIDOS.

Item	Descrição	Unidade	Estimativa
Área	Área dos postos	m ²	< 1000
Contaminação	Composto	Hidrocarbonetos de Petróleo	Gasolina e Diesel
Matriz (limitado ao lençol freático, o qual se localiza entre 3 a 5 metros de profundidade)	Porções afetadas do meio	Solo	0,5 metro acima e 2 metros abaixo do nível freático
		Água Subterrânea	2 metros de perfilagem
Localização	Cidade/Estado	-	São Paulo/SP

Informações complementares:

- Sítios com fase livre presente (de milimétrica a 50 cm)
- Área contaminada aproximada de 300 m², e;
- Sítios com fases dissolvidas, de vapores e de solo impactado.

CUSTO DE REMEDIAÇÃO (INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO) *

ÍTEM	BANDEIRA A			BANDEIRA B			BANDEIRA C		
	TECNOLOGIA ADOTADA	VALOR TOTAL *	PRAZO DE REMEDIAÇÃO (MESES)	TECNOLOGIA ADOTADA	VALOR TOTAL *	PRAZO DE REMEDIAÇÃO (MESES)	TECNOLOGIA ADOTADA	VALOR TOTAL *	PRAZO DE REMEDIAÇÃO (MESES)
POSTO A	biosparging	R\$ 148.000,00	16	P&T+ ATN	R\$ 290.528,80	8	P&T	R\$ 300.640,00	14
POSTO B	SVE + AS	R\$ 148.000,00	24	AS/SVE	R\$ 242.047,33	36	SVE + AS	R\$ 116.140,00	18
POSTO C	MPE	R\$ 181.000,00	18	MPE	R\$ 260.114,40	30	MPE	R\$ 166.050,00	24
POSTO D	MPE	R\$ 265.300,00	28	MPE	R\$ 96.278,00	6	MPE	R\$ 224.300,00	24
POSTO E	biosparging	R\$ 135.000,00	12	MPE	R\$ 213.003,79	14	P&T	R\$ 264.175,00	12
POSTO F	SVE + AS	R\$ 311.000,00	36	MPE	R\$ 307.140,33	32	SVE + AS	R\$ 150.740,00	24
POSTO G	MPE	R\$ 264.000,00	32	MPE	R\$ 188.239,70	22	MPE	R\$ 229.900,00	18
POSTO H	MPE	R\$ 164.000,00	28	BICSPARGING	R\$ 151.623,25	10			
POSTO I	MPE	R\$ 195.000,00	20	MPE	R\$ 199.244,63	17			
POSTO J	MPE	R\$ 166.800,00	18	MPE	R\$ 227.179,45	11			
				MPE	R\$ 214.416,20	30			
				MPE	R\$ 278.272,12	22			
				MPE	R\$ 306.690,16	26			
				AS/SVE	R\$ 218.988,70	16			
MEDIA		R\$ 197.810,00	23		R\$ 228.126,25	20		R\$ 207.422,14	19