

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

DORI EDSON OLIVEIRA MARTINS

ANÁLISE DAS ÁREAS CONTAMINADAS POR
POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NO MUNICÍPIO DE MOGI
DAS CRUZES/SP

São Paulo

2024

ANÁLISE DAS ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NO MUNICÍPIO DE MOGI DAS CRUZES/SP

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields.

Orientadora: Professora Carolina
Afonso Pinto

São Paulo

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio Convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

AGRADECIMENTOS

Agradeço em tudo a Deus por me capacitar e condicionar nos momentos mais difíceis dos meus estudos durante o período deste curso, em momentos de grandes dificuldades foi clamando a ele, e sempre tive uma resposta das minhas humildes súplicas nos momentos mais conturbados.

Agradeço à minha esposa Raquel Martins, por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e pela paciência ao longo de todo o curso.

Agradeço as minhas filhas Karina Martins e Nathalia Pereira Martins, por todo o incentivo que me deram

Agradeço aos professores e mestres da USP por orientações e inspirações de suma importância.

Deus seja sempre louvado

RESUMO

Oliveira Martins, Dori Edson. Análise das Áreas Contaminadas por Postos de Combustíveis no Município de Mogi das Cruzes/SP. 2024. 43 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

As atividades desenvolvidas por Postos de Combustíveis podem gerar uma série de contaminações durante a realização de suas atividades. Por isso, é de extrema importância e atenção em acompanhar o funcionamento destes estabelecimentos, ou seja, a comercialização de combustíveis, além de lubrificantes e outros produtos. Foi realizado um levantamento da quantidade de postos na cidade de Mogi das Cruzes/SP por meio de consulta na plataforma digital da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Diante dessas informações existentes sobre as contaminações na Cidade de Mogi das Cruzes, foram encontradas 53 áreas contaminadas por postos de combustíveis. De acordo com os dados e informações coletadas, verificou-se que muitos desses Postos de Combustíveis estão com classificação de risco confirmado, em processo de remediação e áreas reabilitadas para o uso declarado na Cidade de Mogi das Cruzes, até dezembro de 2023. Os registros de Postos de Combustíveis representam um total de 62,3% do total das áreas contaminadas na cidade. Verificou-se que todas as contaminações por postos de combustíveis do município de Mogi das Cruzes estão associadas com armazenagem de combustíveis. Desta forma, destaca-se a importância de avaliação do gerenciamento de áreas originadas pela atividade potencialmente geradora de área contaminada.

Palavras-chave: Postos de Combustíveis. Contaminação. Hidrocarbonetos.

ABSTRACT

Oliveira Martins, Dori Edson. Análise das Áreas Contaminadas por Postos de Combustíveis no Município de Mogi das Cruzes/SP. 2024. 43 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

The activities carried out by Gas Stations can generate a series of contaminations during the performance of their activities. Therefore, it is extremely important and careful to monitor the operation of these establishments, that is, the sale of fuels, as well as lubricants and other products. This work carried out a survey of the number of stations in the city of Mogi das Cruzes/SP through consultation on the CETESB digital platform. Given this existing information about contamination in the City of Mogi das Cruzes, 85 contaminated areas were found and among them 53 areas are gas stations. According to the data and information collected, it was found that many of these Fuel Stations have a confirmed risk classification, are in the process of remediation and areas are rehabilitated for declared use in the City of Mogi das Cruzes, until December 2023. Gas station records represent a total of 62.3% of the total contaminated areas in the city. It was found that all contamination by gas stations in the municipality of Mogi das Cruzes is associated with fuel storage. In this way, the importance of evaluating the management of contaminated areas in these areas originated by the activity potentially generating a contaminated area is verified.

Keywords: Gas Stations, Contamination, Hydrocarbons.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa e Localização do Município de Mogi das Cruzes.....	11
Figura 2- Tanque subterrâneo em aço carbono.....	17
Figura 3- Tanque subterrâneo em aço carbono.....	18
Figura 4a-Tanque subterrâneo em aço carbono,.....	18
Figura 4b- Aplicação da camada de fibra de vidro.....	18
Figura 5- Imagem ilustrativa tanques subterrâneos de Postos de Combustível a,b	19
Figura 6- Contaminação por derrame superficial em pista de abastecimento não impermeabilizada.....	19
Figura 7- Imagem Ilustrativa de como ocorrem os acidentes em Postos de Combustíveis.....	20
Figura 8- Fluxograma de Gerenciamento de Áreas contaminadas	22
Figura 9 Técnicas de Remediação mais utilizadas no Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de SP	24
Figura 10- Vantagens e desvantagens da Extração Multifásica.....	26
Figura 11- Classificação e Distribuição Geográfica.....	33
Figura 12- Gráfico de todas as Áreas Contaminadas Cadastradas no Município de Mogi das Cruzes (incluindo instalações fora os postos de combustíveis)	34
Figura 13- Classificação dos Postos de Combustíveis em Mogi das Cruzes.....	34

LISTA DE SIGLAS

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

PAHs - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs)

BTEX - Benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos

TPH - Total Petroleum Hydrocarbons (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo)

LNAPL - Light non-aqueous phase liquid (líquido de fase não aquosa leve)

DNAPL - Dense non-aqueous phase liquid (líquido de fase não aquosa denso)

AS - Área Suspeita de Contaminação

ACI - Área Contaminada sob Investigação

ACRI - Área Contaminada com Risco Confirmado

ACRe - Área Contaminada em Processo de Remediação

ACRu - Área Contaminada em Processo de Reutilização

AME - Área em Processo de Monitoramento para Encerramento

ANM – Atenuação Natural Monitorada

AR - Área Reabilitada para o Uso Declarado

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Objetivo	3
3. Justificativa	3
4. Revisão Bibliográfica	4
4.1 Legislações pertinentes	4
4.2 Causas de vazamentos em postos de combustíveis:.....	7
4.3 Classificações das Áreas Contaminadas	10
5. Metodologia	20
6. Resultado e Discussão	20
7. Conclusão.....	26
8. Referências Bibliográficas.....	3

Acima Mapa de Mogi das cruzeiras com os seus distritos: Biritiba-Ussu, Brás Cubas, César de Souza, Jundiapéba, Guatinga, Sabaúna e Taiaçupeba. e Municípios vizinhos: Guararema, Suzano, Poá, Arujá, Itaquaquecetuba, Santa Isabel, Salesópolis, Biritiba Mirim,

O acarretamento da contaminação dos postos de combustíveis ocorre, em sua maioria, devido a vazamentos dos tanques de armazenagem subterrâneos, que estes sofreram danos ao longo do tempo.

O gerenciamento de áreas contaminadas é de extrema relevância, pois sua falta, gera serias consequências a saúde pública, podendo ocorrer danos à saúde das pessoas, abrangendo também o Meio Ambiente, poluição do ar, água e solo; prejudicando a biodiversidade, e também impactos econômicos, valorizando a área e gerando gastos com investimentos na remediação.

2. OBJETIVOS

O Objetivo geral desta análise foi apresentar as informações sobre a situação atual do município de Mogi das Cruzes quanto à contaminação pela atividade realizada por postos de combustíveis.

Nos Objetivos específicos foram abordados os postos de combustíveis, como ocorreu a contaminação, quais foram os contaminantes, medidas de intervenção implantadas de acordo com os dados disponibilizados pela CETESB.

3. JUSTIFICATIVA

Crescente oferta da produção de bens e serviços induzida pela civilização industrial contribuiu para o advento de uma sociedade que aprecia o consumo diariamente, dando iniciativa para a demanda de atendimento dessas necessidades básicas individuais.

O ícone maior desse efeito vultoso, transformador e moderno na vida das pessoas a nível mundial, não só estadual ou municipal, talvez seja o automóvel.

A existência desses comércios varejistas de combustíveis para veículos automotores é essencial para o fornecimento dessa matéria-prima e a explanação desse tema é

justificada pelo número crescente de contaminações causadas por esses estabelecimentos.

A cidade de Mogi das cruces foi escolhida para essa pesquisa devido a necessidade de uma proteção a suas águas subterrâneas, sendo essa cidade responsável pelo abastecimento de frutas e verduras e legumes em toda a grande são Paulo, considerada como cinturão verde do alto tietê.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As atividades desenvolvidas pelos postos de combustíveis podem ser descritas como a comercialização e abastecimento de gasolina comum, gasolina aditivada, etanol, óleo diesel, Gás Natural Veicular (GNV), líquido de arrefecimento, além de serviços de troca de óleo e lubrificantes, lavagem de veículos, calibração de pneus, entre outras (LOPES, 2017). Tanto nas cidades de Mogi das Cruzes como em todos os Estados Brasileiros, existem dois tipos de postos de combustível: Os que possuem e os que não possuem a chamada “bandeira”. Os postos “com bandeira” são aqueles que possuem contrato de exclusividade e fornecimento com alguma distribuidora, já os “sem bandeira” não possuem esse contrato: A não utilização de uma “bandeira” de uma distribuidora conhecida dá ao revendedor a possibilidade de escolha de fornecedor do combustível, bem como não pagar royalties. Enquanto, ao mesmo tempo, perde confiabilidade de clientes que tem preferência por alguma distribuidora, por outro lado, a representatividade de determinada marca de preferência do cliente, acaba sendo atribuída ao negócio como um todo. Estes comércios são grandes causadores de contaminações do solo e das águas subterrâneas, através de vazamentos dessas substâncias químicas presentes na gasolina principalmente.

Uma área contaminada pode ser definida como um 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 (CETESB, 2024a).

Os postos de combustíveis são fiscalizados e precisam seguir uma Legislação própria.

4.1. Postos de Combustíveis

A legislação relacionada ao gerenciamento de áreas contaminadas é bem ampla e inclui leis, resoluções e decretos, a saber:

-LEI Nº 13.577, DE 8 DE JULHO DE 2009 – Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.

-DECRETO Nº 59.263, DE 5 DE JUNHO DE 2013 – Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas.

-RESOLUÇÃO SMA Nº 10, DE 08 DE FEVEREIRO DE 2017 – Dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas.

-RESOLUÇÃO SMA Nº 11, DE 08 DE FEVEREIRO DE 2017 – Dispõe sobre a definição das regiões prioritárias para a identificação de áreas contaminadas.

-RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009 – Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. A Lei Estadual 13.577, de 08 de julho de 2009 e seu Decreto nº 59.263, de 05 de junho de 2013, que a regulamenta, estabelecem os valores orientadores como um dos instrumentos para implantação do sistema de proteção da qualidade do solo e para o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo (CETESB, 2024c). Um vazamento pode provocar a contaminação de águas subterrâneas ou solo, e é por isso que a legislação é tão rígida e exigente para evitar situações indesejadas. Para que um posto de combustível do tipo possa comercializar normalmente, ele deve obter o certificado da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A agência é a reguladora das atividades no país e o seu certificado serve como uma permissão para atuação. Como ela é o último passo, outras questões da legislação devem ser observadas (BRASIL POSTOS, 2019).

Em relação à contaminação ambiental, a Resolução CONAMA Nº 273 (CETESB, 2024c). Ela é a responsável pelo licenciamento e, portanto, exige um cuidado específico quanto ao local de atuação, fazendo uma lista de exigências:

1. Projeto básico com todos os equipamentos e sistemas, inclusive os de proteção;
2. Autorização municipal para atuar no local de interesse;
3. Medidas de mitigação de riscos quanto a corpos d'água, como leitos de rios e lençóis freáticos;
4. Estudo completo sobre as águas, o solo e sobre o tratamento de resíduos;
5. Planejamento referente a acidentes e ocorrências — inclusive, de vazamento;
6. Laudo de autorização do Corpo de Bombeiros;
7. Laudos técnicos e certificados específicos sobre certos componentes;
8. Indicação do volume médio de movimentação de combustíveis;
9. Atividades desenvolvidas pelo posto e assim por diante.

É preciso também que haja 4 cuidados fundamentais para evitar a contaminação ambiental em um posto de gasolina: testes adequados no sistema, de monitoramento dos volumes dos tanques, manutenções regulares e recursos de contenção de vazamentos (BRASIL POSTOS, 2019).

O armazenamento subterrâneo de produtos químicos pode, também, provocar acidentes em postos de combustíveis, através da contaminação das águas, em decorrência de vazamentos que, percolando através do solo, ao longo dos anos, frequentemente atingem atinjam o lençol freático.

Por se tratar de um poderoso solvente, a água possui grande afinidade para dissolver substâncias químicas, quer sejam os constituintes naturais do solo quer aquelas substâncias lançadas de forma imprópria em consequências de descartes industriais ou de vazamentos no armazenamento subterrâneo.

Uma alteração da concentração das substâncias presentes em um corpo d'água, ou mesmo o surgimento de substâncias orgânicas persistentes, podem comprometer sua potabilidade, impossibilitando sua utilização pelo homem.

Tratando-se de águas subterrâneas, esse comprometimento tende a ser mais prolongado, pois tais ambientes não contêm microrganismos aeróbios em quantidade suficiente para promover a efetiva biodegradação dos poluentes. Também ficam reduzidos os efeitos físicos e químicos característicos da interação do meio ambiente com o poluente envolvido (CETESB, 2024b).

4.2. Causas de vazamentos em postos de combustíveis

As principais causas de vazamentos em pontos de combustíveis, segundo Brasil Postos (2019), são:

- perfuração ou corrosão dos tanques durante a construção;
- erros cometidos durante a manutenção;
- encerramento da vida útil que causam furos, corrosão, rachaduras etc.
- vazamentos causados propositadamente por indivíduos com intenções criminais.
- instalação incorreta;
- falta de inspeção nos poços de monitoramento;
- transbordo durante o abastecimento nas bombas;
- mangueiras dos dispensadores, bicos e aberturas, tubulações defeituosos;
- imperícia no descarregamento;
- equipamentos antigos sem tecnologias de contenção de transbordamentos.

Os primeiros tanques eram fabricados em parede simples de aço carbono. O problema da corrosão em tanques de combustíveis é grave e pode levar a sérios problemas com relação ao meio ambiente, risco a população e a questão econômica de perda de produto e degradação desses estabelecimentos (ARADO, et al., 2015). No caso dos tanques de aço-carbono enterrados, o meio corrosivo é o solo, e por mais seco que pareça ser, sempre contém água. A velocidade de corrosão no solo não é muito influenciada por pequenas variações na composição ou estrutura do

material metálico, pois depende da influência do tipo de solo, como características físico-químicas, condições microbiológicas e condições operacionais. A velocidade do processo corrosivo depende do tipo de solo, umidade e da ocorrência de correntes de fugas provenientes de sistemas elétricos. Hoje em dia os tanques subterrâneos utilizados nos postos de combustíveis são fabricados com parede dupla, sendo a primeira camada em aço carbono e a segunda em fibra de vidro. Em caso de vazamento de combustível na primeira parede de aço carbono, a fibra de vidro funcionará como uma vedação emergencial, sendo o vazamento detectado mediante a presença de sensor intersticial interligado ao sistema de monitoramento (ARADO et al., 2015).

Figura 2- Tanque subterrâneo em aço Removido.



Fonte: ARADO et al. (2015)

A figura 2 mostra a retirada de um tanque subterrâneo que é utilizado para armazenar grandes quantidades de combustíveis de forma segura, sendo esse com desgastes visíveis devido os anos de uso.

Figura 3- Tanque subterrâneo em aço em fabricação



Fonte: ARADO et al. (2015).

A figura 3 mostra a fabricação de um tanque moderno contendo uma camada de aço carbono, que receberá revestimento de resina plástica, reforçada com fibra de vidro, onde entre elas, haverá espaço para instalação de sensor de detecção de vazamento.

Figura 4-Tanque subterrâneo em aço carbono (a) e aplicação da camada de fibra de vidro (b).



Fonte: ARADO et al. (2015).

A figura 4 mostra um tanque já pronto e revestido com todas as camadas conforme mencionado anteriormente na figura 3, tendo grande capacidade de armazenamento variável e mais de um compartimento.

Figura 5- Imagem ilustrativa de tanques subterrâneos de postos de combustível (a, b).



Fonte: ENSA AMBIENTAL (2024).

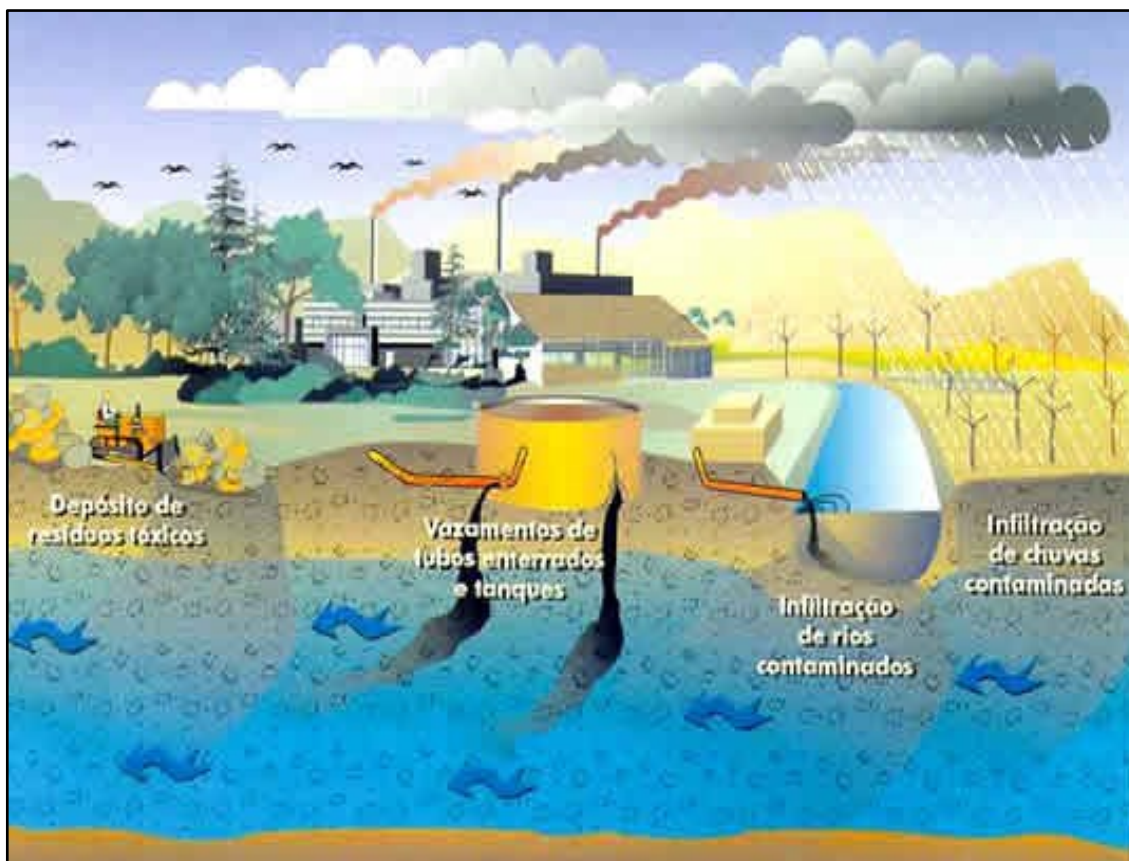
A figura 5 mostra a instalação dos tanques de combustíveis, sendo utilizado equipamentos apropriados e o acompanhamento de um profissional habilitado, é possível observar pelas fotos que o fundo da vala está nivelado e a cava na lateral está muito bem alinhada.

Figura 6- Contaminação por derrame superficial em pista de abastecimento não permeabiliza

Fonte: CETESB(2024c).

A figura 6 mostra uma grande quantidade de vazamento em superfície, onde é possível notar que a área não foi isolada corretamente após ocorrer o incidente, podendo ocasionar sérios riscos à saúde humana e ao Meio Ambiente e consequentemente a remediação da área contaminada.

Figura 7- Imagem Ilustrativa de como ocorrem os acidentes em postos de combustíveis.



Fonte: CETESB (2024b).

A figura 7 mostra que indústrias com o destino incorreto de seus resíduos tóxicos, e com a falta de manutenção e prevenção nos tanques, podem gerar vazamentos de combustíveis que estes atingindo o lençol freático contaminam rios e córregos.

Dentre os procedimentos mais utilizados na remediação de solos contaminados por combustíveis, as técnicas de bombeamento e tratamento, a recuperação de fase livre e extração multifásica para o tratamento das águas subterrâneas, a extração de vapores e a remoção de solo/resíduo destacam-se como as técnicas mais utilizadas para os solos (SANTOS; UNGARI; SANTOS, 2008).

O Processo de Identificação de Áreas Contaminadas é constituído por cinco etapas:

- ✓ Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
- ✓ Avaliação Preliminar;
- ✓ Investigação Confirmatória;
- ✓ Investigação Detalhada;
- ✓ Avaliação de Risco.

O Processo de Reabilitação de Áreas Contaminadas é constituído por cinco etapas:

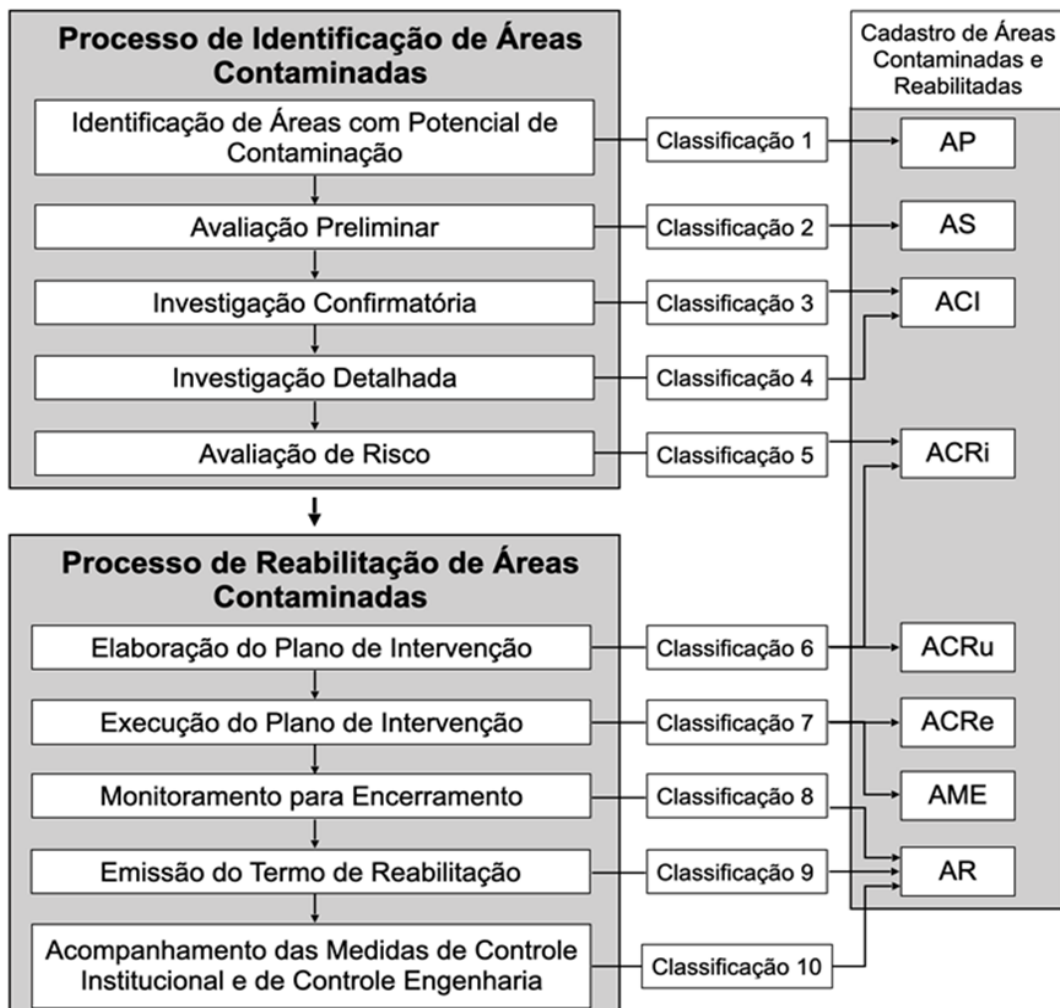
- ✓ Elaboração do Plano de Intervenção;
- ✓ Execução do Plano de Intervenção;
- ✓ Monitoramento para Encerramento;
- ✓ Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado;
- ✓ Acompanhamento da Medida de Controle de Engenharia ou da Medida de Controle Institucional.

As áreas podem ser classificadas como:

- ✓ Área com Potencial de Contaminação (AP);
- ✓ Área Suspeita de Contaminação (AS);
- ✓ Área Contaminada sob Investigação (ACI);
- ✓ Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi);
- ✓ Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe);
- ✓ Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu);
- ✓ Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME);
- ✓ Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR);
- ✓ Área Atingida por Fonte Externa (AFe);
- ✓ Área Alterada por Fonte Difusa (AFd);
- ✓ Área com Alteração de Qualidade Natural (AQN);
- ✓ Área não Contaminada (AN).

Fonte: CETESB (2024g).

Figura 8- Fluxograma de Gerenciamento de Áreas contaminadas da CETESB.



Fonte: CETESB (2024f).

A figura 8 mostra a ordem correta a ser seguida de cada etapa do processo de Identificação e Reabilitação de Áreas Contaminadas, e também a Classificação de cada uma delas, não podendo ser pulado nenhuma fase, para que haja uma precisão e sucesso na realização do gerenciamento.

4.3. Classificações das Áreas Contaminadas

Conforme estabelecido pelo Regulamento da Lei 13.577/2009 e aprovado pelo Decreto 59.263/2013 no artigo 8º, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, as áreas são descritas da seguinte forma:

Área Contaminada sob Investigação (ACI)

Área na qual foram constatadas por meio de investigação confirmatória concentrações de contaminantes que colocam, ou podem colocar em risco os bens a proteger.

Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRI)

Área na qual foi constatada, por meio de investigação detalhada e avaliação de risco, contaminação no solo ou em águas subterrâneas, a existência de risco à saúde humana, ecológico, ou onde foram ultrapassados os padrões legais cabíveis.

Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)

Área na qual estão sendo aplicadas medidas de remediação visando a eliminação da massa de contaminantes ou, na impossibilidade técnica ou econômica, sua redução ou a execução de medidas de contenção/ou isolamento.

Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)

Área na qual estão sendo aplicadas medidas de remediação visando a eliminação da massa de contaminantes ou, na impossibilidade técnica ou econômica, sua redução ou a execução de medidas de contenção/ou isolamento

Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu):

Área contaminada na qual se pretende estabelecer um novo uso do solo, com a eliminação, ou a redução a níveis aceitáveis, dos riscos aos bens a proteger, decorrentes da contaminação.

Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME):

Área na qual não foi constatado risco ou as metas de remediação foram atingidas após implantadas as medidas de remediação, encontrando-se em processo de monitoramento para verificação da manutenção das concentrações em níveis aceitáveis

Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR):

Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria anteriormente contaminada e que, depois de submetida às medidas de intervenção, ainda que não tenha sido

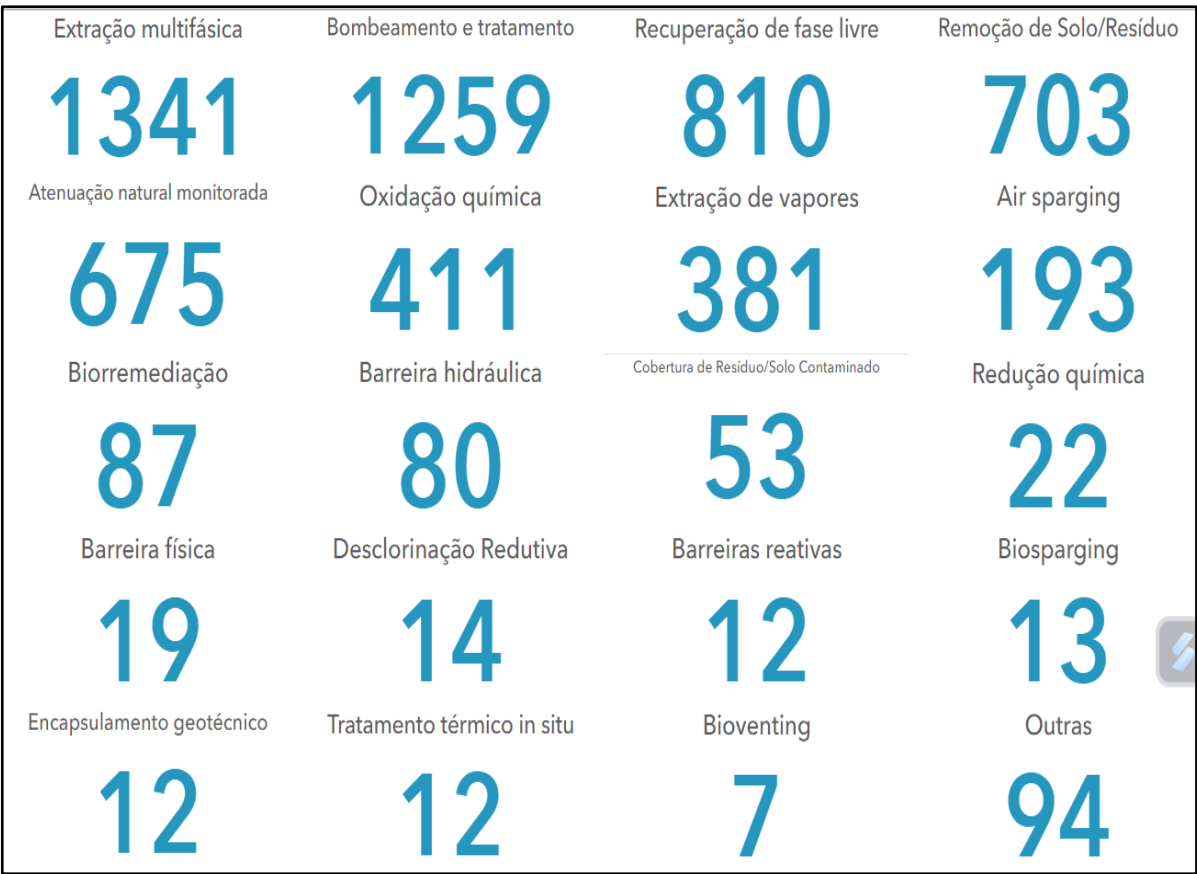
totalmente eliminada a massa de contaminação, tem restabelecido o nível de risco aceitável à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger.

Área Contaminada Crítica:

São áreas contaminadas que, em função dos danos ou riscos, geram risco iminente à vida ou saúde humana, inquietação na população ou conflitos entre os atores envolvidos, exigindo imediata intervenção pelo responsável ou pelo poder público, com necessária execução diferenciada quanto à intervenção, comunicação de risco e gestão da informação

Os dados apresentados a seguir mostram a quantidade de vezes que cada técnica de remediação foi, ou está sendo adotada durante o gerenciamento das Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo.

Figura 9- Técnicas de Remediação mais utilizadas no Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de SP.



Fonte: CETESB (2024e).

A figura 9 mostra uma variedade de técnicas de Remediação utilizadas no Estado de São Paulo, destacando a extração multifásica e Bombeamento e Tratamento como sendo as mais empregadas, e contrapartida as Técnicas de Tratamento Térmico In Situ e Bioventing sendo a menos aplicadas.

Conforme figura 9, verifica-se que a extração multifásica, e o bombeamento e tratamento são as técnicas de remediação mais empregadas no tratamento.

As áreas em processo de remediação podem utilizar diversas técnicas paralelamente ou ao longo do seu gerenciamento e/ou ainda em conjunto com outros tipos de intervenções, como as medidas de controle institucional e medidas de controle de engenharia (CETESB, 2024e).

4.4 Algumas técnicas de remediação:

4.4.1 Extração multifásica

É uma das principais técnicas utilizadas para remediação do solo e da água subterrânea em locais com pequena permeabilidade, evitando escavações; é necessário um número menor de poços, tendo em vista que essa técnica aumenta o raio de influência de poços individuais de recuperação.

Esse processo, descrito de modo simplificado, ocorre por meio da instalação de um sistema de ventilação a vácuo distribuído na área de interesse, visando criar uma zona de influência do sistema em toda a extensão da pluma de contaminação (ARAÚJO, 2009).

O sistema é composto por uma bomba de vácuo, alocada em um abrigo anexo à casa do sistema. Essa técnica apresenta boa adaptação em solos com permeabilidade intermediária como areia siltosa, silte arenoso e areia fina; Recupera ao mesmo tempo fase livre, vapores, água subterrânea e ainda promove a bioventilação. (GREGORCZYK; PICCIONI, 2011).

Figura 10- Vantagens e desvantagens da Extração Multifásica.

Vantagens	Desvantagens
Potencial biodegradação aeróbica de BTEX dissolvidos.	Requer bomba de vácuo ou soprador.
Eficaz em solos de moderada a baixa permeabilidade.	Potencialmente maiores requisitos de tratamento, como resultado de emulsões NAPL e VOC.
Remoção eficaz em locais de baixa permeabilidade, onde a única outra opção viável de reparação seria escavação.	Arranque inicial e os períodos de ajuste podem ser mais longos em comparação com abordagens convencionais de bombeamento.
Eficaz para remediação simultânea de fase dissolvida, vapor, residual e não aquosos.	Custos mais elevados custos de capital em comparação com abordagens convencionais de bombeamento.
Cria potencialmente grande raio de influência e aumentou zona de captura.	Limitações de profundidade se aplicam a algumas configurações MPE.
Aumenta a recuperação de fluido total, minimiza o levantamento e manchas de produto gratuito e maximiza a transmissividade do aquífero na cabeça do poço.	
Redução do número de poços necessários para recuperação.	
Eficaz para a remediação da zona capilar.	
Reduz a duração da reparação dos danos em comparação com abordagens convencionais de bombeamento.	

Fonte: Gregorczyk e Piccioni (2011).

A figura 10 mostra as vantagens e desvantagens do método de extração multifásica, justificando essa técnica ser uma das mais utilizadas atualmente.

4.4.2 Bombeamento e tratamento – A técnica consiste no bombeamento de águas subterrâneas contaminadas para tratamento e reinjeção no solo (CARDOSO, 2018). O *pump and treat* é um dos sistemas de tratamento de aquíferos, onde é realizado o bombeamento da água subsuperficial contaminada, por exemplo, com LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid) que se refere a contaminantes não aquosos em fase líquida, até à superfície através de bombas, ou seja, é feita a instalação de poços de

bombeamento de maneira estratégica, buscando interceptar a pluma de LNAPL para ser realizada a remoção dos contaminantes, de modo a conter a migração e reduzir as concentrações do contaminante. Após o bombeamento, a água é levada a uma caixa separadora de água e óleo que conta com três compartimentos diferentes nos quais grande parte dos contaminantes fica confinada, e depois filtrada por carvão ativado para tratamento em superfície, uma vez tratada é conduzida para poços de reinjeção, ou seja, volta para o aquífero (FREIRE; TRANNIN; SIMÕES, 2014).

4.4.3 Remediação térmica *in situ* – A remediação térmica *in situ* consiste na transferência de calor para a subsuperfície. Essa transferência pode ser feita através de diversos mecanismos, como a condução direta de calor o aquecimento por resistência elétrica ou a injeção de vapores (INSTITUTO GEOLÓGICO, 2020). Essa técnica é realizada através da injeção de produtos químicos reativos diretamente no local contaminado, provocando uma degradação rápida, os contaminantes por meio de reações químicas promovem a oxidação ou a redução das espécies de interesse presentes em uma determinada área, esse processo é mais utilizado em locais contendo grandes concentrações do contaminante, geralmente, presentes na fonte e na "pluma" de contaminação. A pluma é definida como o local onde estão distribuídos os contaminantes, normalmente lançados a partir de uma fonte pontual. Em áreas muito contaminadas a oxidação química pode ser uma etapa de pré-tratamento que facilita melhores condições para o emprego de outras técnicas, como os tratamentos biológicos sendo a biorremediação um exemplo (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

4.4.4 Biorremediação

A Biorremediação utiliza micróbios de ocorrência natural (nativos) ou cultivados, como bactérias, fungos ou filamentosos e leveduras, para degradar ou imobilizar contaminantes em águas subterrâneas e em solos. Neste caso, geralmente, os microorganismos utilizados são bactérias, fungos filamentosos; que são mofos ou bolores e leveduras, organismos unicelulares que vivem agregados em colônias que não fazem fotossíntese. De todos estes, as bactérias são as mais utilizadas e, por conseguinte, são consideradas como o elemento principal em trabalhos que

envolvem a biodegradação de contaminantes, em função de seus efeitos por destruírem ou transformarem os contaminantes potencialmente perigosos em compostos menos prejudiciais ao ser humano e ao meio ambiente, seu objetivo principal é a mineralização completa dos contaminantes, ou seja, transformá-los em produtos com pouca ou nenhuma toxicidade, como CO₂ e água, metabolizando as substâncias orgânicas, das quais se obtêm nutrientes e energia. Sendo que, para que isso ocorra, os microorganismos devem estar ativos para desempenharem a sua tarefa de biodegradação (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

4.5. Grupos de Contaminantes

Diversos contaminantes combustíveis são responsáveis pela contaminação de solos e águas, dentre eles podemos destacar:

4.5.1 Benzeno (líquido incolor de odor doce e volátil a temperatura ambiente) apresenta parcela adsorvida nos grãos do solo e sua remoção é difícil, podendo ocasionar migração da fase gasosa para superfície, mesmo para ambientes internos, através de fissuras e rachaduras dos pisos e ralos. A principal rota de exposição humana ao benzeno é a inalação. A inalação de altas concentrações da substância por curto tempo pode causar sonolência, enjoo, aceleração do ritmo cardíaco, dificuldade respiratória, cefaleia, tremor, confusão mental e inconsciência. O benzeno causa irritação nos olhos, na pele e no trato respiratório. A ingestão de alimentos e bebidas contaminados com altos teores de benzeno pode produzir vômito, irritação no estômago, enjoo, sonolência, convulsão, aceleração do batimento cardíaco e morte. A exposição por longo prazo pode resultar na diminuição da produção tanto de eritrócitos como de leucócitos na medula óssea e, em exposições a concentrações mais elevadas, pode levar à anemia aplástica (doença da medula óssea e do sangue) e pancitopenia (leucopenia, plaquetopenia e anemia) (CETESB, 2024d).

4.5.2 Tolueno (solvente que apresenta um odor distinto) ocorre naturalmente do petróleo bruto e apresenta uma fácil absorção pelo trato respiratório, depois que ocorre sua absorção ele é rapidamente distribuído, chegando principalmente no tecido adiposo, medula óssea, cérebro, fígado e sangue. A exposição por tolueno à uma dose crescente pode ocasionar náusea, anorexia, confusão, perda do

autocontrole, perdas momentâneas de memória, fadiga muscular e insônia. O tolueno pode ser distribuído para vários tecidos em diferentes quantidades, a depender do coeficiente de partição entre o tecido e o sangue, da duração da exposição, do nível da exposição e da taxa de eliminação. Após a absorção, o tolueno pode ser encontrado no cérebro, fígado, pulmões e sangue. Pode apresentar efeitos neurotóxicos levando a alucinações e ao coma (FIGUEIREDO, 2018).

4.5.3 Etilbenzeno - é um derivado do petróleo gerado através do benzeno e do etileno. A exposição ocorre principalmente pela via inalatória, ficando preso nos pulmões. É tóxico ao sistema nervoso central, além de ser irritante para os olhos, pode causar efeitos ao trato respiratório, como irritação da garganta, constrição do peito, irritação dos olhos e efeitos neurológicos podendo afetar o sangue, rins e fígado. O etilbenzeno também afeta o sistema nervoso central, causando alterações nos níveis cerebrais de dopamina e outras alterações bioquímicas e na atividade elétrica presente no cérebro podendo estar envolvido na toxicidade do sistema nervoso central. Esse contaminante tem uma rápida metabolização, seguido de sua eliminação, principalmente na forma de metabólitos. É observado que indivíduos expostos ao etilbenzeno por inalação, eliminam 70 e 25% da dose de etilbenzeno na forma de ácido mandélico e ácido fenilglicoxílico respectivamente (FIGUEIREDO, 2018).

4.5.4 Xileno (também nominado como xilol ou dimetilbenzeno) é um líquido incolor e intensamente congelante. A exposição aos xilenos pode levar a distúrbios hematológicos como anemias, além de fadiga, dor de cabeça, irritabilidade, fraqueza, dentre outros. Os xilenos também podem afetar a via respiratória e causar anomalias no sistema reprodutor podendo levar a infertilidade, a anomalias fetais e ocasionar patologias renais em crianças. Por ser altamente solúvel no sangue, é absorvido facilmente pela circulação sistêmica quando se tem a exposição por inalação, e é eliminado como metabólitos urinários (FIGUEIREDO, 2018).

4.5.5 Os BTEXs são extremamente tóxicos à saúde humana, podendo levar a lesões do sistema nervoso central. O benzeno é uma substância comprovadamente

carcinogênica (podendo causar leucemia). Uma exposição aguda por inalação ou ingestão pode causar até mesmo a morte de uma pessoa.

Dentre os combustíveis automotivos, destaca-se a gasolina como um dos mais comercializados pelos postos de abastecimento, ela é um produto obtido a partir do refino de petróleo, constituída da mistura de hidrocarbonetos voláteis (ANJOS, 2012).

4.5.6 O álcool etílico anidro combustível (AEAC); conhecido como etanol também é um composto orgânico ligado ao carbono saturado, usado na mistura com gasolina ou puro O óleo diesel é um contaminante de mistura complexa e é inflamável, tóxico, volátil e denso, que também contém hidrocarbonetos (ANJOS, 2012). Os HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) contêm compostos orgânicos, e os principais HPAs presentes no petróleo bruto são o naftaleno e o fenantreno, e seus derivados são resistentes à biodegradação devido a sua forte interação com o material particulado consolidado que funciona como uma proteção ao ataque microbiano. E contém baixa solubilidade em água (BARROSO, 2010). Eles são tóxicos e cancerígenos não só ao homem, mas também aos seres marinhos, podendo causar câncer e tumor no pulmão e estômago de peixes, moluscos, briozoários, algas e outros animais. Essas substâncias entram no sangue pela ingestão ou pela pele e pode ser eliminado pela urina (CETESB, 2024g).

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) são compostos mutagênicos e carcinogênicos aos humanos e aos animais que são introduzidos no ambiente em grandes quantidades, devido às atividades relacionadas à extração, ao transporte, ao refino, à transformação e à utilização do petróleo e de seus derivados. Apesar disso, a grande maioria dos microrganismos do solo não possui a capacidade de degradá-los, o que resulta na sua acumulação no ambiente e na contaminação dos ecossistemas. Uma estratégia para a eliminação dos HAPs do solo é através da biorremediação, na qual os microrganismos que apresentam capacidade de metabolizar estes compostos irão transformá-los em substâncias inertes, CO₂ e água (JACQUES et al., 2007).

TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) São os hidrocarbonetos totais de petróleo, ou seja, uma mistura de derivados de petróleo, que diversificam suas propriedades

físico-químicas baseadas nos compostos existentes nessa combinação, onde utilizar TPH como padrão de qualidade do solo não é confiável, por ser um parâmetro genérico, uma mistura de hidrocarbonetos, que não deve ser levado em consideração como características individuais de cada substância presente em sua composição, portanto o parâmetro TPH está associado a substâncias orgânicas, e esses compostos podem sofrer alterações em sua composição química, decorrente ao seu intemperismo químico ou biológico originando os chamados metabólitos, cujas substâncias derivam-se de um contaminante original e que podem possuir características distintas (GUEDES, 2020).

5. METODOLOGIA

O desenvolvimento temático baseou-se na questão da contaminação de áreas por postos de combustíveis em um território municipal da cidade de São Paulo, sendo o foco o número de postos atualmente investigados.

As áreas objeto desse estudo estão localizadas no município de Mogi das Cruzes, e para a seleção de informações, foram pesquisados registros no Sistema Integrado de Gestão Ambiental de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, que é o órgão delegado do Governo do Estado de São Paulo no campo do controle ambiental, executor do Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais, atuando na execução das políticas de meio ambiente e de desenvolvimento sustentável, assegurando a participação e informação da população do Estado de São Paulo. Em seguida, dentre as áreas selecionadas, o critério de levantamento de dados foi aplicado aos imóveis cuja atividade de registro de contaminação corresponde a Postos de comércio varejista de combustíveis. O Levantamento realizado compreende as etapas de investigação realizadas, os grupos de contaminantes, fonte de contaminação, meio impactado, e medidas de intervenção. Através da avaliação realizada, foi possível descobrir uma quantidade de 53 postos de combustíveis que contaminaram a cidade de Mogi das cruces.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contaminação proveniente dos postos de combustíveis é uma questão relevante, pois afeta diretamente a qualidade do solo e das águas subterrâneas, além de representar riscos à saúde humana e à biodiversidade local.

Portanto, a investigação desses impactos é preciso para embasar ações preventivas e corretivas que minimizem os danos ambientais.

Este estudo mostrou, diante da quantidade de áreas contaminadas no Município devido às atividades de postos de combustíveis, a importância do licenciamento ambiental e do gerenciamento ambiental para essas atividades.

Ao mesmo tempo, as substâncias utilizadas nos postos de combustíveis, são altamente tóxicas. Ao serem lançados no meio, podem comprometer a saúde de comunidades que usam águas subterrâneas, por exemplo.

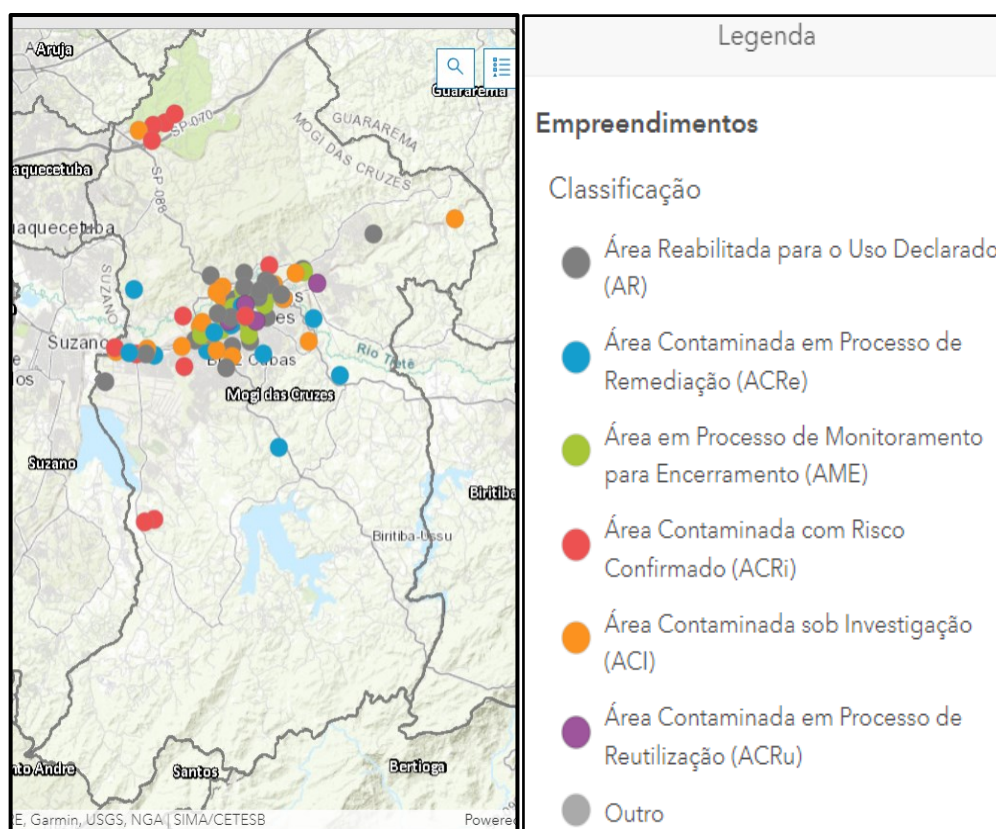
Atualmente, com o aperfeiçoamento da legislação ambiental, em todos os níveis de atuação do poder público, o assunto está sendo gerenciado de forma mais responsável.

Para evitar a contaminação dos postos de combustíveis, é importante adotar medidas preventivas adequadas.

Dentre as principais medidas estão o treinamento dos funcionários para manuseio correto dos combustíveis, a instalação de sistemas de contenção e monitoramento de vazamentos, a realização periódica de inspeções e manutenções preventivas nos tanques e equipamentos, além do cumprimento das normas ambientais vigentes.

Na Figura 11, está representado em Mapa as Áreas Contaminadas da Cidade de Mogi das Cruzes. Ao lado, encontra-se a etapa de remediação a qual se encontra o empreendimento.

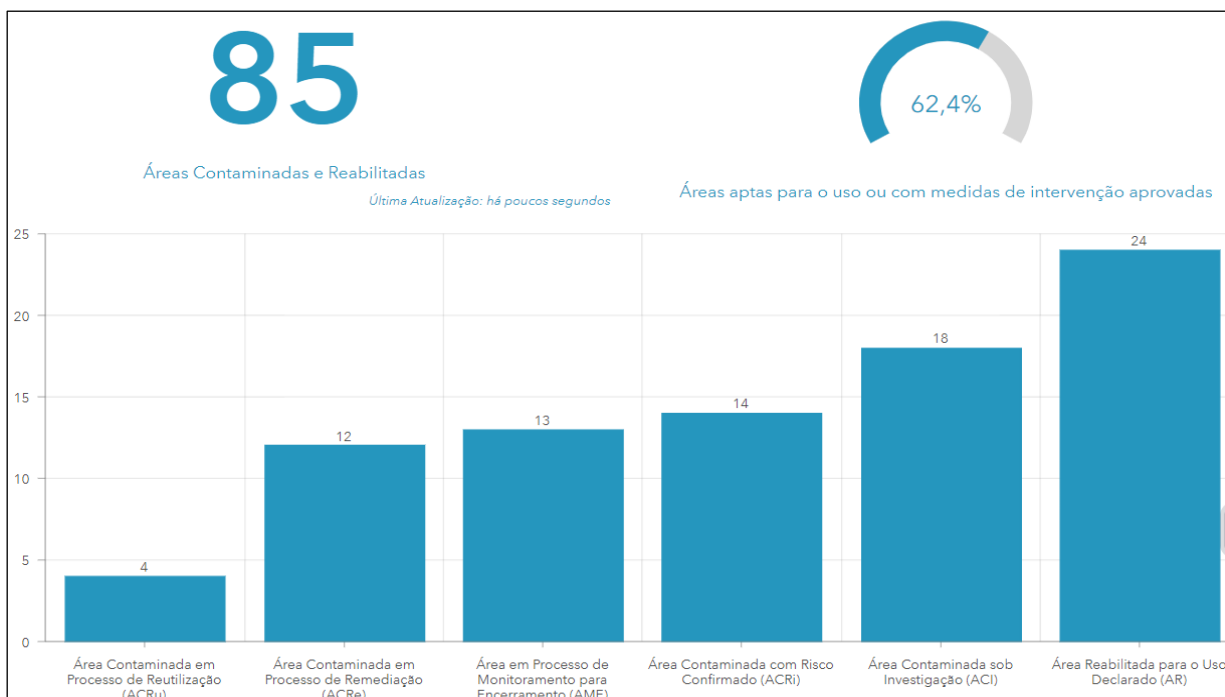
Figura 11 - Mapa das 53 Áreas Contaminadas por postos de Combustíveis na Cidade de Mogi das Cruzes.



Fonte: CETESB (2024) .

A figura 11 mostra o mapa do Município em estudo com 53 pontos coloridos, onde cada cor de cada ponto, representa a classificação da área Contaminada, podendo ser observado muitos pontos cinza que são de áreas reabilitadas para Uso Declarado, Algumas em processo de remediação, muitas sendo monitoradas, há também as que estão sendo monitoradas, diversas com risco confirmado, inúmeras sob investigação, e poucas em processo de reutilização.

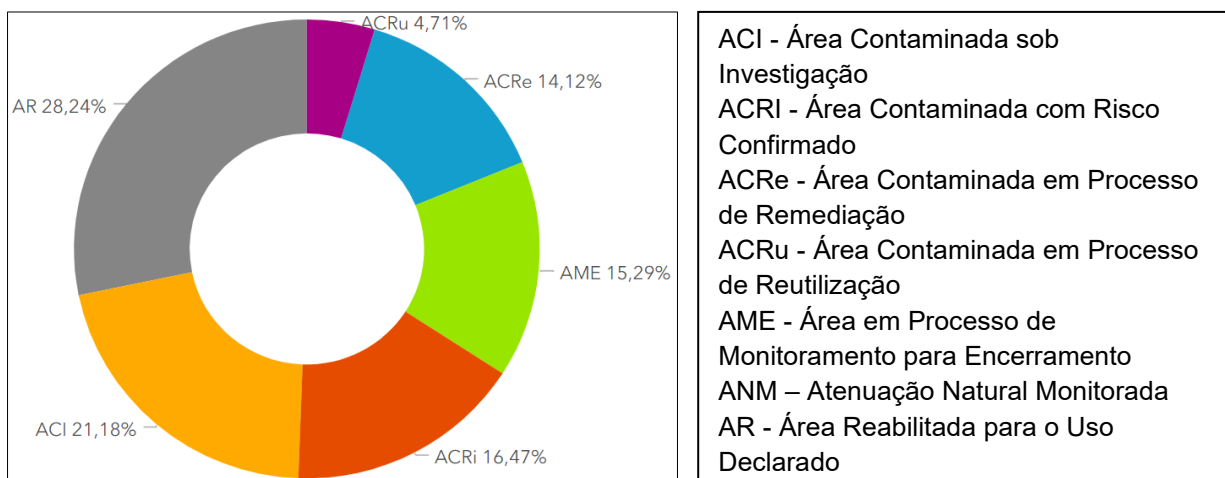
Figura 12- Gráfico de todas as Áreas Contaminadas Cadastradas no Município de Mogi das Cruzes (incluindo outras instalações fora os postos de combustíveis).



Fonte: CETESB (2024).

A figura 12 nos mostra que o Município de Mogi das Cruzes tem 24 áreas reabilitadas, 18 áreas sendo investigadas, 14 áreas com risco confirmado, 13 áreas sendo monitoradas, 12 áreas sendo remediadas e apenas 4 áreas em processo de reutilização; gerando uma porcentagem de 62,4% de áreas aptas para uso ou com medidas de intervenção aprovadas.

Figura 13- Classificação dos Postos de Combustíveis da cidade de Mogi das Cruzes.



Fonte: CETESB (2024).

A figura 13 representa em porcentagem, a Classificação das áreas contaminadas dos Postos de Combustíveis da cidade de Mogi das Cruzes, onde a maior fração, ou seja, a de cor cinza, são as de áreas reabilitadas, seguido da cor laranja, que são as áreas que estão sendo investigadas, e assim consequentemente até chegar na menor fração que é a fração de cor roxa, ou seja, é mínima a quantidade de áreas em processo de reutilização.

Através dos gráficos, pode ser observado que das 85 áreas contaminadas no município de Mogi das Cruzes, 53 são Postos de Combustíveis, ou seja, um total de 62%. Destes 53 Postos de Combustíveis, tem-se:

- 28% estão classificados em Áreas Reabilitadas para o Uso Declarado (AR), tendo como a fonte de contaminação a armazenagem dos combustíveis e os meios impactados nas Águas Subterrâneas de todas elas;

- 14,12% estão classificados como área em processo de remediação (ACRe), em todas elas, os grupos de contaminantes e os mesmos meios impactados: Combustíveis Automotivos/Solventes Aromáticos, tendo como fonte de contaminação a armazenagem, causando impactos nas águas subterrâneas;

- 16,47% foram classificados em áreas contaminadas com risco confirmado (ACRI), com etapa de gerenciamento em investigação detalhada e plano de intervenção/investigação confirmatória, tendo sua fonte de contaminação a Armazenagem e tendo os meios impactados águas subterrâneas de todas as áreas;

- 15,29% estão classificadas como áreas em processo de Monitoramento para Encerramento (AME), entre os grupos de contaminantes Automotivos/Solventes Aromáticos/PAHs, tendo como fonte de contaminação destes Postos a armazenagem e os meios impactados as águas subterrâneas/subsolo;

- 4,7% de áreas classificadas como área contaminada em processo de reutilização (ACRu), e sendo seus grupos contaminantes como combustíveis Automotivos/Solventes Aromáticos, e tendo à Armazenagem como fonte de contaminação e os meios impactando as águas subterrâneas;

- 21,18% estão classificadas como área contaminada sob investigação (ACI), estando dentro do grupo de contaminantes como Combustíveis Automotivos/Solventes Aromáticos/ PAHs, tendo como fonte de contaminação à Armazenagem e tendo os meios impactados as Águas Subterrâneas.

Considerando o número de áreas contaminadas na cidade em questão, é imprescindível que sejam aplicadas técnicas de remediação dessas áreas, que podem conter a utilização de uma ou mais técnicas durante as etapas de reabilitação, podendo assim contribuir para a estatística de mais de uma técnica de remediação.

Além disso, do levantamento das 53 áreas, constatou-se que:

Etapas de investigação realizadas:

Avaliação Preliminar; Investigação Confirmatória; Investigação Detalhada e Avaliação de Risco.

Medidas de Intervenção:

Remediação por Tratamento, Medidas de Controle de Engenharia, Remediação por Contenção e Medidas de Controle Institucional.

Medidas Emergenciais:

Ventilação/Exaustão de Espaços Confinados/Monitoramento do Índice de Explosividade/Monitoramento Ambiental/Remoção de Materiais (Produtos, Resíduos).

Medidas de Remediação:

Recuperação de Fase Livre, Bombeamento e Tratamento, Atenuação Natural Monitorada/Sem Medidas de Remediação.

A conscientização da população e dos proprietários de postos de combustíveis sobre os impactos ambientais causados pela contaminação é de extrema importância. Através da conscientização, é possível promover a adoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis, como o uso de combustíveis menos poluentes, a redução do consumo de combustíveis fósseis e o descarte adequado de resíduos.

Além disso, a conscientização contribui para a valorização do meio ambiente e para a busca por soluções que minimizem os impactos ambientais causados pelos postos de combustíveis. A fiscalização e o monitoramento constante dos postos de combustíveis são fundamentais para garantir a prevenção e remediação adequada dos impactos ambientais.

É necessário que os órgãos competentes realizem inspeções regulares nos postos de combustíveis, verificando o cumprimento das normas ambientais e identificando possíveis irregularidades ou riscos de contaminação, é importante que haja um sistema eficiente de monitoramento das áreas contaminadas, permitindo o acompanhamento da evolução dos impactos e a tomada de medidas corretivas quando necessário.

Somente com uma fiscalização rigorosa e um monitoramento constante será possível garantir a proteção do meio ambiente frente aos impactos causados pela contaminação dos postos de combustíveis em Mogi das Cruzes.

7. CONCLUSÃO

O Objetivo geral desta análise foi apresentar as informações sobre a situação atual do município de Mogi das Cruzes quanto à contaminação pela atividade realizada por Postos de Combustíveis, quantos são os postos de combustíveis, dados dessa contaminação e medidas de intervenção implantadas de acordo com os dados disponibilizados pela CETESB.

O intuito deste trabalho foi apresentar as informações sobre a situação atual quanto à contaminação pela atividade realizada por Postos de Combustíveis no município de Mogi das Cruzes e realizar o levantamento sobre essas contaminações registradas pela CETESB.

Diante dos estudos realizados, ficou evidente que os postos de combustíveis são potencialmente poluidores do meio ambiente, principalmente por vazamentos nos tanques de armazenamento subterrâneos antigos, que sofrem processo de corrosão e geram vazamentos de produtos contaminantes que percolam no solo e acabam por atingir o lençol freático.

A realização de uma boa investigação ambiental, que considere todas as fontes poluidoras e delimite as plumas de contaminação é de total importância na escolha do sistema de remediação e, também o monitoramento do processo, após a implantação do sistema de remediação, é indispensável na verificação da eficiência do tratamento da contaminação presente na água subterrânea.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. D. A., AUGUSTO, F., JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, v. 35, p. 17-43, 2010.

ANJOS, R. B. **Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis:** estudo de caso na cidade de NATAL-RN. 2012. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). 2012.

ARADO, F. B. G., SAAD, A. R., DE ANDRADE, M. R. M., DALMAS, F. B., CASADO, F. C., IWAI, C. K. Impactos ambientais na água subterrânea do município de Mogi das Cruzes-SP, provenientes da atividade de postos de combustíveis. **Revista UNG - Geociências**, v.14, p. 38-48, 2015.

ARAUJO, G. S. **Tecnologias de remediação em áreas impactadas com hidrocarbonetos de petróleo:** estudo de caso em posto de combustível por extração multifásica. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico. 2009.

BARROSO, H. S. **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em organismos marinhos da Baía do Almirantado, Península Antártica.** 2010. Tese (Doutorado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (USP). 2010.

BRASIL POSTOS. **Contaminação ambiental nos postos de gasolina:** 3 cuidados e consequências. 2019. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/equipamentos/monitoramento-ambiental/por-que-voce-deve-monitorar-tanques-de-combustivel-do-seu-posto-2-2/>. Acessado em fevereiro de 2024.

CARDOSO, J. E. T. **Avaliação de técnicas de remediação em processos de contaminação da água e do solo por hidrocarbonetos.** 2018. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP). 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - **O que são Áreas Contaminadas.** 2024a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/o-que-sao-areas-contaminadas/#:~:text=Uma%C3%A1rea%20contaminada%20pode%20ser,acidental%20ou%20at%C3%A9%20mesmo%20natural>. Acessado em fevereiro de 2024.

INTRODUÇÃO- Postos de Combustíveis- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. 2024b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/postos-de-combustiveis/introducao-postos-de-combustiveis/>. Acessado em fevereiro de 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo**. 2024e. Disponível em:

<https://mapas.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=28e7bb2238a443819447a8ec3ae4abe5>. Acessado em fevereiro de 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 2024f. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/introducao-ao-gerenciamento-de-areas-contaminadas/metodologia-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/>. Acessado em fevereiro de 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Valores orientadores para solo e água subterrânea**. 2024c. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/valores-orientadores-para-solo-e-agua-subterranea/>. Acessado em fevereiro de 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Emergências Químicas - Aspectos Toxicológicos**. 2024g. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/vazamentos-de-oleo/caracteristicas-do-oleo/aspectos-toxicologicos/>. Acessado em fevereiro de 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica**. Benzeno. 2024d. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/dlaboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2018/07/Benzeno.pdf>. Acessado em fevereiro de 2024.

ENSA AMBIENTAL. **Tanques de Combustíveis Subterrâneos**. 2024. Disponível em: <https://www.ensaambientalbrasil.com.br/instalacao-de-tanques-combustivel-subterraneo.php>. Acesso em fevereiro de 2024.

FIGUEIREDO, V. O. **Avaliação da exposição ao benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em trabalhadores expostos ocupacionalmente, no município do Rio de Janeiro**. 2018. Dissertação (Mestrado). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. 2018.

FREIRE, P. A. C.; TRANNIN, I. C. B.; SIMÕES, S. J. C. Bombeamento e tratamento da fase livre em Aquífero Litorâneo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 461-470, 2014.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Contaminação do solo no Estado de São Paulo é em grande parte provocada por postos de combustíveis**. 2024. Disponível em: <https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/sp-contaminacao-do-solo-no-estado-de-sao-paulo-e-em-grande-parte-provocada-por-postos-de-combustiveis/>. Acessado em fevereiro de 2024.

GREGORCZYK, G.; PICCIONI, W. J. **Análise de eficiência da remediação por sistema extração multifásica em postos de combustíveis**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.

GUEDES, P.A.P. **Avaliação dos valores orientadores de investigação para os hidrocarbonetos totais de petróleo em solos e água subterrânea de Minas Gerais**. 2020, Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Disponível em: https://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2021/01/201422080161_Pedro-Augusto.pdf

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **População de Mogi das Cruzes**. 2024a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mogi-das-cruzes/panorama>. Acessado em fevereiro de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **História de Mogi das Cruzes**. 2024b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mogi-das-cruzes/historico>. Acessado em fevereiro de 2024.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. D. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1192-1201, 2007.

LOPES, C. R. S. **Riscos no trabalho em postos de combustíveis**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOGI DAS CRUZES - PMMC. **Localização de Mogi das Cruzes**. 2024. Disponível em: <https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/mogi-das-cruzes/descobrimo-mogi-das-cruzes#:~:text=Situada%20%C3%A0s%20margens%20do%20Rio,'Ana%20de%20Mogi%20Mirim'>. Acessado em fevereiro de 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOGI DAS CRUZES PMMC. **Plano Diretor de Mogi das Cruzes**. 2006. Lei Complementar nº46, de 17 de novembro de 2006. Anexo I. Disponível em: <https://www.mogidascruzes.sp.gov.br/public/site/doc/2017030611510058bd4d241892e.pdf>. Acessado em fevereiro de 2024.

RODRIGUES, G. M. A. **Atividade de Armazenamento e distribuição de combustível nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública**. 2015. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP). 2015.

SANTOS, E.; UNGARI, H. C. N.; DANTOS, M. B. **Principais Técnicas de Remediação e Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Hidrocarbonetos no Estado de São Paulo**. 2008. Monografia, Curso de Especialização de Gestão Ambiental. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 2008.