

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

WALQUER VINICIOS PRESTE SANT'ANNA

Proposta de Fase Complementar de Estudo de Intrusão de Vapores na Resolução
CONAMA 420/2009 Como Ferramenta de Melhoria no Gerenciamento das Áreas
Contaminadas

São Paulo 2022

**Proposta de Fase Complementar de Estudo de Intrusão de Vapores na Resolução
CONAMA 420/2009 Como Ferramenta de Melhoria no Gerenciamento das Áreas
Contaminadas**

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.

Orientador: José Eduardo Ismael Lutti

São Paulo

2022

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.

Catalogação-na-publicação

Sant'Anna, Walquer

Proposta de Fase Complementar de Estudo de Intrusão de Vapores na Resolução CONAMA 420/2009 Como Ferramenta de Melhoria no Gerenciamento das Áreas Contaminadas / W. Sant'Anna -- São Paulo, 2022.
63 p.

Monografia (MBA em MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.

1.Constituição (Brasil) 2.Direito Ambiental 3.Lei da Volatilização 4.Risco
5.Vapores do solo I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia Química II.t.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Criador e a mãe *Kuan Yn* pela vida, pela misericórdia e vontade de fazer.

Gostaria de agradecer à minha família, que sempre me apoia e me acolhe em seu leito. A minha mãe Vanda da Penha Preste Sant'Anna, meu pai Pedro Almeida Sant'Anna, minha irmã Kaity Preste Sant'Anna e meu irmão Wans Alexandre Preste Sant'Anna, todos eles, respectivamente, fizeram esse trabalho comigo. Muito obrigado!

Gostaria de agradecer também a minha querida amiga Dalila Rodrigues, que sempre esteve me apoiando e me acolhendo com sua amizade e seu amor. Muito obrigado!

Agradeço imensamente ao Professor Doutor José Eduardo Ismael Lutti, por toda assistência e ajuda prestada para a elaboração do presente trabalho. Se não fosse por sua pronta ajuda, eu não teria feito esse trabalho.

O Professor Lutti, me fez aprender muito com a elaboração desse trabalho. Tive iluminações ímpares nos quesitos legais, quanto a mudança de uma lei, aprendi sobre a fisiologia respiratória, via pela qual é oferecida a maior exposição ao risco de intrusão de vapores. Aprendi que não somente deve-se remediar uma área contaminada, mas sim consubstanciar a reparação integral do dano, para preservação da vida e da dignidade humana. Tudo isso, o subsistema Ciência, trabalhando com subsistema Direito, oferecendo resultantes na expectativa comportamental da sociedade de forma técnica e responsável. Muito obrigado Doutor!

RESUMO

SANT'ANNA, WALQUER VINICIOS PRESTE. Proposta de Fase Complementar de Estudo de Intrusão de Vapores na Resolução CONAMA 420/2009 Como Ferramenta de Melhoria no Gerenciamento das Áreas Contaminadas. 2022. 63 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de *Brownfields*) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O tema intrusão de vapores no Brasil ainda é recém-chegado, porém, à medida que a fiscalização foi sendo mais efetiva no país, novas áreas contaminadas com potencial risco de intrusão de vapores foram identificadas e consequentemente houve aumento de estudos relacionados ao tema, o que gerou conhecimento acerca da quantificação dos riscos oferecidos por áreas com potencial risco de intrusão de vapores do solo. Atualmente no Brasil, a Lei 6.938/1981, a Constituição Federal, a Lei 9.605/98 e a Lei nº 10.406/2002, oferecem suporte técnico-legal para a modificação da resolução CONAMA 420 a fim de acrescentar uma fase de investigação complementar de vapores do solo em locais onde há o potencial risco de intrusão de vapores, com a mudança no inciso I do art 23 da Resolução CONAMA 420 e o acréscimo de duas alíneas, referido artigo. Essa fase de estudo complementar atende aos princípios fundamentais que norteiam o Direito Ambiental com vistas a reparação integral do dano, visando a existência de um meio ambiente equilibrado e essencial à vida. Dessa forma, diante da pesquisa realizada, é apresentada neste trabalho, uma minuta da norma do Conama acrescentando uma fase complementar de estudo de intrusão de vapores, com base na denominada Lei da Volatilização.

Palavras Chave: Constituição (Brasil); Direito Ambiental; Lei da Volatilização; Risco; Vapores do solo.

ABSTRACT

The topic of vapor intrusion in Brazil is still a newcomer, however, as inspection has become more effective in the country, new contaminated areas with risk of vapor intrusion have been identified and consequently there has been an increase in studies related to the topic, which has generated knowledge about the quantification of the risks offered by areas with risk of vapor intrusion from the soil. Currently in Brazil, Law 6.938/1981, the Federal Constitution, Law 9.605/98, and Law 10.406/2002, provide technical and legal support for the modification of CONAMA Resolution 420 to add a phase of complementary investigation of soil vapors in places where there is proven risk of vapor intrusion, with the change in item I of article 23 of CONAMA Resolution 420 and the addition of two paragraphs. This complementary study phase meets the fundamental principles that guide Environmental Law with a view to fully repairing the damage, aiming for a balanced environment that is essential to life. Thus, in light of the research conducted, a draft of the CONAMA standard will be presented in this paper, adding a complementary study phase for vapor intrusion, based on the so-called Volatilization Law.

Keywords: Constitution (Brazil); Environmental Law; Risk; Soil vapors; Volatilization Law.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das Áreas Contaminadas SP, RJ e MG	17
Figura 2 - Vias Aéreas do Ser Humano	20
Figura 3 - Exemplo de difusão em água	21
Figura 4 - Base Conceitual de Intrusão de Vapores	22
Figura 5 - Estimativa de áreas contaminadas no país	25
Figura 6 - Contaminação do solo, por atividade no Brasil	25
Figura 7 - Classificação quanto a existência de um setor responsável por Áreas Contaminadas	26
Figura 8 - Fluxograma Processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.....	38
Figura 9 - Proposição de Mudança no Fluxograma da Resolução CONAMA 420/2009 ...	38
Figura 10 - Diagrama de Informações Possíveis de Obter na Investigação de Vapores do Solo Atualmente no Brasil.....	39
Figura 11 - Ilustração de um Amostrador Passivo de Vapores	40
Figura 12 - Local do Piso Para Amostragem de Vapores.....	41
Figura 13 - Poço instalado no piso	42
Figura 14 - Poço de Vapor.....	42
Figura 15 - Coleta de Amostra de Vapor com Recipiente Evacuado	43
Figura 16 - Espectrômetro de Massas	44
Figura 17 - Cromatógrafo da Gases.....	44
Figura 18 - Modelo Conceitual da Análise de Risco de Intrusão de Vapores.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Disponíveis por Unidade de Federação.....	24
Tabela 2 - Compilação dos Aspectos da PNMA	31

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ACI – Área Contaminada sob Intervenção
- ATM – Atmosfera
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CF – Constituição Federal
- CMA – Concentração Máxima Aceitável
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COV – Carbono Orgânico Volátil
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
- INEA – Instituto Estadual do Meio Ambiente
- IPT – Instituto de Pesquisas Técnicas
- ITRC - *Interstate Technology and Regulatory Council*
- MADEP APH - *Massachusetts Department of Environmental Protection - AIR-PHASE PETROLEUM HYDROCARBONS*
- PAH – Hidrocarboneto Policíclico Aromático
- PCE - Percloroetileno
- PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PEEC – Poli-eter-eter-cetona
- PTFE – Politetraflúretileno
- SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
- Sissolo – Sistema de Vigilância do Solo
- SQI – Substância Química de Interesse
- TCE – Tricloroetileno
- TO - *Toxic Organic*
- TPH – Hidrocarboneto Total de Petróleo
- USEPA – *United States Environmental Protection Agency*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
3	JUSTIFICATIVA.....	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.1	A Inalação do Ar e Difusão de Gases em Meio Pulmonar.....	19
4.2	Intrusão de Vapores do Solo	21
4.3	Panorama Geral das Regiões do Brasil ao Atendimento dos Mecanismos Legais Básicos Relacionados ao Gerenciamento das Áreas Contaminadas e Publicidade de Informações.....	23
4.4	Aspectos Legais em Referência as Áreas Contaminadas.....	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1	Mecanismos Para Obtenção de Linhas de Evidência para Análise do Risco Utilizadas no Brasil.....	39
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXO I	52
	ANEXO II.....	56

1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial, no século XVII, foi um marco na relação entre o homem e o meio ambiente, onde o crescimento populacional e o crescimento do consumo levaram a criação de muitas indústrias que se espalharam pelo mundo, utilizando diferentes processos para fabricação de diversos produtos, com isso, os processos geraram diversos tipos de resíduos que, em muitos casos, foram dispostos diretamente no solo gerando áreas contaminadas. Somente na década de 60 houve a conscientização acerca da preservação ambiental e da saúde humana. O lançamento do livro “Primavera Silenciosa”, do autor Rachel Carson, apresentou os efeitos nocivos causados pelo uso de pesticidas, em especial o DDT (diclorodifeniltricloroetano), no meio ambiente e na saúde humana, além das críticas às indústrias químicas pelo uso demasiado das substâncias, e consequentemente, uma das primeiras obras a fazer duras críticas à industrialização.

Os casos emblemáticos de áreas contaminadas com problemas de exposição ao risco à saúde humana foram: o “*Love Canal*”, localizado nos Estados Unidos (NYSDOH, 1981), o caso “*Lekkerkerk*”, localizado na Holanda e, o caso “*Ville la Salle*”, localizado no Canadá (Andrade, 1996). De acordo com a CETESB (2013), o solo e as águas superficiais por muito tempo foram considerados como receptores de resíduos industriais e domésticos em razão do poder de autodepuração que possuem. Essa prática originou muitos problemas, tais como, as áreas contaminadas, existentes atualmente.

O Brasil começou o seu processo de industrialização na década de 30, onde a intervenção do Estado se dava pelo desenvolvimento interno do país e subsequentemente a redução nas importações. As medidas para estruturação das indústrias nessa época foram direcionadas para a criação das indústrias de base, tais como, as fábricas de motores, fábricas de automóveis, o setor químico, petrolífero, o setor siderúrgico, as usinas hidrelétricas, criação da área nuclear e construção naval. Com esse processo de industrialização, e com o aumento das taxas de crescimento populacional, foram geradas muitas áreas contaminadas e *Brownfields* no país, que são principalmente concentradas nos grandes centros urbanos do Brasil.

Somente no começo do ano de 1990, o Brasil, de fato, passou a adotar uma postura que levava à conscientização em relação aos problemas gerados por áreas contaminadas, diante dos emblemáticos casos da Rhodia, fabricante da marca *Bidin*, localizado na Baixada Santista, e do aterro Mantovani, também localizado no estado de São Paulo, dentre outros casos no Brasil.

Outrossim, o tema Gerenciamento de Áreas Contaminadas está sendo mais discutido e trabalhado. Anteriormente ao ano de 2009, não havia normativa de abrangência nacional e, portanto, antes da edição da resolução CONAMA 420, a destinação final para resíduos diversos, inclusive os voláteis, eram dispostos diretamente ao solo, através de aberturas de valas e posterior recobrimento com solo, ocasionando assim a exposição e o potencial risco de intrusão de vapores que migram no solo até a superfície, podendo gerar riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Atualmente, a resolução CONAMA 420/2009 é a legislação no âmbito Federal que vem sendo utilizada como ferramenta para o gerenciamento das áreas contaminadas, dispondo sobre os valores orientadores da qualidade do solo e da água subterrânea em relação a presença dos contaminantes acima dos valores de referência, em função das atividades antropogênicas.

O artigo 225 CF/88, leciona que “*todos tem 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 presentes e futuras gerações*”.

Segundo Sampaio (2013), “o objeto desse direito é indivisível, significando que a satisfação do direito para uma pessoa, beneficia a coletividade, bem como a lesão ao direito também prejudica toda a coletividade”.

No âmbito do Estado de São Paulo, o Decreto 59.263/2013, que regulamenta a Lei 13.577/2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e o gerenciamento das áreas contaminadas e outras providências correlatas, fornecendo ferramentas legais específicas ligadas ao tema intrusão de vapores do solo, exigências que vêm consubstanciadas na Decisão de Diretoria nº 38 de 2017, que objetiva a delimitação das plumas de vapores em caso de verificação do potencial risco de intrusão de gases.

O princípio da intervenção ambiental obrigatória do Poder Público, por meio da lei 6.938/1981, em seu artigo 2º, incisos I e II, recepcionada pela Constituição Federal de 1988, que impõe ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, pois considera o meio ambiente um patrimônio público a ser assegurado e protegido para o uso coletivo de forma racional.

No artigo 14, da lei supracitada, em seu *caput*, estabelece que “[s]em prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal, estadual e municipal, o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela

degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores” à multa e à obrigação de reparar integralmente o dano ambiental “independentemente da existência de culpa” (§ 1º).

Nesse diapasão, o presente trabalho tem por objetivo apontar a necessidade de inserir na resolução CONAMA 420 uma fase complementar do estudo de intrusão de vapores do solo caso seja identificado o uso de substância volátil durante a Avaliação Preliminar e elaboração do Modelo Conceitual de Exposição Local. A investigação complementar de intrusão de vapores do solo, caso seja inserida na legislação federal vigente como ferramenta de gerenciamento das áreas contaminadas, contribuirá em muito para uma melhor tomada de decisão, para a redução do grau de incertezas frente à exposição do risco, ao grau de toxicidade e às necessidades de uso futuro das áreas e *brownfields* existentes no País, visto que a revitalização dessas áreas são de grande interesse econômico e social, além de ser obrigatória uma reparação adequada do dano ambiental. Pelo princípio da recuperação das áreas degradadas e reparação integral do dano ambiental, as ações de preservação e a restauração dos recursos ambientais deverão ser impostas ao poluidor e ao predador a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e ao restabelecimento de padrões da qualidade ambiental (BRASIL,1981). Atualmente São Paulo é o único estado da federação a possuir mecanismos legais para a realização de estudo de intrusão de vapores do solo.

Vale destacar que na resolução CONAMA 420, no *caput* do artigo 4º, prevê que “*As diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas abrangem o solo e o subsolo, com todos seus componentes sólidos, líquidos e gasosos*”, mesmo com essa previsão na própria lei, não há valores orientadores para cenários com risco potencial de intrusão de vapores do solo.

Identificada essa lacuna na resolução CONAMA 420/2009, frente aos vários casos de áreas contaminadas com potencial de intrusão de vapores do solo espalhados pelo Brasil será discutido no presente trabalho uma proposição de inserção na resolução CONAMA 420/2009 de uma fase complementar de estudo de intrusão de vapores.

2 OBJETIVOS

Atualmente, existe um número significativo de *Brownfields* e áreas contaminadas já identificadas em várias regiões do país, e outras a serem identificados, com substâncias voláteis com o risco potencial de intrusão de vapores do solo. Na legislação federal, a Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe de valores orientadores para as matrizes ambientais solo e água subterrânea, além de diretrizes para a obtenção das informações acerca da análise de risco à saúde humana, não prevê uma fase de investigação complementar

para estudo de intrusão de vapores do solo. Essa fase é crucial para a redução do grau de incertezas associadas nos modelos conceituais para os fatores de riscos e toxicidade, bem como para tomadas de decisões, estabelecimentos de metas de remediação e usos futuros.

O presente trabalho tem por objetivo geral a análise de eficiência da resolução CONAMA 420/2009 frente à falta de uma fase complementar de estudo de intrusão de vapores em ambientes abertos e fechados, em áreas com potencial de intrusão de vapores, em locais identificados pelo uso de substância volátil, durante a fase de Avaliação Preliminar.

Demonstrada essa necessidade, conclui-se com a apresentação de uma minuta de norma para modificação da resolução CONAMA 420/2009 prevendo a obrigatoriedade de uma fase complementar de investigação de vapores do solo quando verificado o uso de substâncias voláteis risco potencial de intrusão de vapores do solo, fazendo vistas à Constituição Federal, à Lei 6.938/81, ao Código Civil, aos princípios da reparação integral do dano ambiental e da recuperação das áreas degradadas.

3 JUSTIFICATIVA

A contaminação do solo e da água subterrânea é um problema recorrente e crescente no Brasil. Ao tema intrusão de vapores do solo não tem sido dada a devida importância, principalmente do ponto de vista do subsistema Direito. Nesses termos, segundo Antunes (2015), o subsistema Ciência nem sempre pode oferecer ao Direito uma certeza quanto a determinadas medidas que devam ser tomadas para evitar consequências danosas ao meio ambiente. Se for comparada a severidade da exposição ao risco de intrusão de vapores com os riscos de ingestão da água subterrânea contaminada com Benzeno, por exemplo, verifica-se que a probabilidade do receptor em contrair algum efeito maléfico é de 25 anos, consumindo 1 L de água contaminada por dia, vide modelos disponíveis no site da CETESB. Por sua vez, uma pessoa respirando normalmente – a capacidade média de respiração é de 6 L de ar por minuto, e, portanto, resultando em aproximadamente 8.640 L de ar em um dia (BERTOLO, 2005), teria muito mais facilidade de sofrer os efeitos maléficos da contaminação, devido as trocas gasosas ocorridas em meio pulmonar. Essa situação abre precedente para discussão e realização de novos estudos acerca da quantificação do volume de ar contaminado que um receptor é capaz de respirar em um determinado ambiente, bem como para quantificar os riscos em contrair algum efeito adverso.

Dessa forma, associa-se que o potencial de exposição aos vapores do solo é muito maior visto que o ser humano respira uma quantidade elevada de ar, comparada à ingestão da água subterrânea, ou seja, é muito provável que a exposição ao contaminante em fase de

vapor, seja muito mais arriscada a que um receptor exposto ao consumo da água subterrânea contaminada, por isso, tais fatores, merecem a devida atenção.

Outro fator a considerar é de os órgãos ambientais aceitarem, sem maiores questionamentos, as propostas de medidas de controle institucionais (medidas de restrição de uso) e de engenharia, que não são suficientes e adequadas para eliminar o risco à saúde humana. Isso se deve, provavelmente, pelo custo mais elevado em executar estudos complementares de instrução de vapor de gases e medidas visando a sua eliminação ou a redução a níveis seguros para a saúde e vida humanas nos casos de risco potencial de intrusão de gases se comparados aos casos em que não há esse potencial.

Nesse sentido, SÁNCHEZ (2001), define solo contaminado como aquele que contém substâncias químicas em concentrações que possam ser danosas ao homem e os demais seres vivos. A intrusão de vapores do solo, em concentrações elevadas do contaminante, expõe os possíveis receptores humanos a malefícios à saúde e à vida, bem como sociais e econômicos.

Inicialmente, a prática de gerenciamento das áreas contaminadas se deu na região Sudeste, devido ao fato de reunir a maior densidade de residentes e indústrias no país (Araújo, 2014).

De um modo geral, nos estados da região sudeste é possível verificar que desde a edição da resolução CONAMA 420 há um aumento gradativo de declarações de áreas contaminadas, o que é normal devido ao aumento da fiscalização e desenvolvimento de sistemas de informações sobre áreas contaminadas. Segundo Araújo (2014), a região Sudeste se encontra no maior nível de gerenciamento das áreas contaminadas, seja em aumento do cadastro de áreas, seja em ações de remediação e gerenciamento para uso declarado do solo.

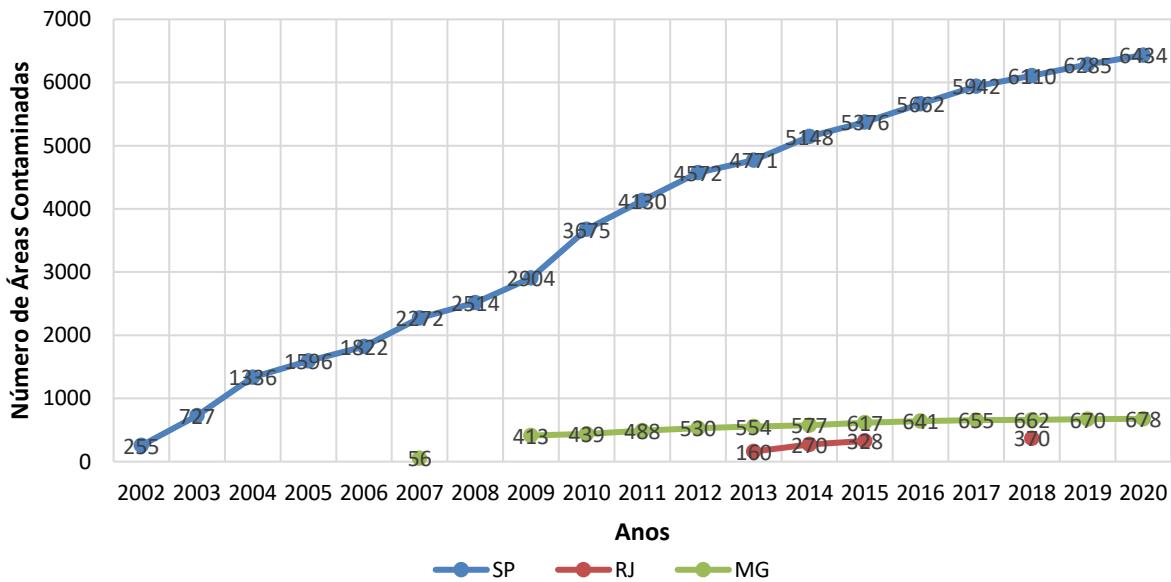
Não obstante, SÁNCHEZ (2001), já previa que os sítios contaminados podem gerar riscos à segurança pública, riscos à saúde pública, restrições ao desenvolvimento urbano e redução dos valores imobiliários dos terrenos.

A **figura 01** a seguir, demonstra a evolução das áreas contaminadas, entre os anos de 2002 a 2020, para São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Nota-se que houve aumento das áreas contaminadas identificadas em todos esses estados, visto o aumento da fiscalização e evolução dos normativos legais. Para o estado de São Paulo houve um aumento de aproximadamente 2.331 % na identificação de áreas contaminadas (CETESB, 2020). Para o estado de Minas Gerais, em 2007 foi lançada a primeira edição do inventário de áreas contaminadas (FEAM, 2020) com a identificação de 56 áreas contaminadas. No ano de 2020, em sua última atualização, foram registradas 678 áreas, o que representa um crescimento de

aproximadamente 1.110 %. Para o estado do Rio de Janeiro foi possível verificar um aumento de 131 % (INEA, 2018).

Figura 1 - Evolução das Áreas Contaminadas SP, RJ e MG

Evolução das Áreas Contaminadas Entre os Principais Estados



Fonte: Modificado de CETESB, 2020; INEA, 2018 e FEAM, 2020

Em pesquisa realizada sobre leis estaduais que exigem a investigação de intrusão de vapores, indica que somente o estado de São Paulo possui uma ferramenta legal para que seja realizado o mapeamento da pluma de gases do solo. Importante ressaltar que nos outros estados as instruções normativas, ou diretrizes, relacionadas as áreas contaminadas são voltadas direta e exclusivamente para os postos de abastecimento de combustíveis, que são a maioria das áreas contaminadas cadastradas, não prevendo em nenhuma outra uma fase complementar de estudo de intrusão de gases para quaisquer outros tipos de contaminantes, inclusive, valendo destacar a inexistência na lei federal vigente.

Diferentemente dos outros estados, São Paulo conta com a Decisão de Diretoria (DD) Cetesb nº 38/2017, que:

Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013, e dá outras providências.

O *caput* item, 5, dos §§ 1º e 2º, do Art. 14, da Lei nº 13.577/2009 e, o, item 5, do § 3º, do Art. 19, do Decreto nº 59.263/2013, estabelecem diretrizes para elidir o perigo em caso de verificação de risco ou à perigo população pela migração de gases voláteis para os ambientes confinados, cujas concentrações possam exceder aos valores orientadores. Com isso, foi possível incluir uma fase complementar de estudo de intrusão de vapores por meio da DD nº 38/2017, quando se verificam riscos de inalação de vapores durante as modelagens realizadas nas investigações ambientais.

A lei 6.938/1981, em seu artigo 8º, em seu inciso VII, leciona que “compete ao Conselho Nacional de Meio Ambiente, estabelecer normas e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade ambiental”:

“Compete ao CONAMA:

I - estabelecer, mediante proposta do IBAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pelos Estados e supervisionado pelo IBAMA;

II - determinar, quando julgar necessário, a realização de estudos das alternativas e das possíveis consequências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais e municipais, bem assim a entidades privadas, as informações indispensáveis para apreciação dos estudos de impacto ambiental, e respectivos relatórios, no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental, especialmente nas áreas consideradas patrimônio nacional.

III - (Revogado pela Lei nº 11.941, de 2009)

IV - homologar acordos visando à transformação de penalidades pecuniárias na obrigação de executar medidas de interesse para a proteção ambiental; (VETADO);

V - determinar, mediante representação do IBAMA, a perda ou restrição de benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público, em caráter geral ou condicional, e a perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito;

VI - estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição por veículos automotores, aeronaves e embarcações, mediante audiência dos Ministérios competentes;

VII - estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos;

Parágrafo único. O Secretário do Meio Ambiente é, sem prejuízo de suas funções, o Presidente do Conama”.

Devido ao crescimento na identificação de áreas contaminadas, e consequentemente, do percentual de áreas com potencial risco de intrusão de vapores do solo, verifica-se que a necessidade de readequação na resolução CONAMA 420/2009 no que diz respeito à previsão de uma fase de estudo complementar de intrusão de vapores do solo, caso verificado

durante a elaboração do modelo conceitual e/ou durante fase de análise de risco à saúde humana em face dessa situação, haja vista os perigos e riscos decorrentes da inexistência ou omissão na realização desse estudo complementar.

Segundo BRASIL (2014), o Sistema de Informação de Vigilância em Saúde das Populações Expostas ao Solo Contaminado (SISSOLO), revelou que cerca de 34 milhões de pessoas se encontram expostas ou potencialmente expostas aos riscos gerados por área contaminada (apud FERREIRA, 2020).

Nesse passo, diante da obrigatoriedade da reparação integral do dano previstas na Constituição Federal e na Lei nº 6.938/81 (PNMA), e do disposto no art. 1.228 da Lei 10.406/2002 e seu § 1º, há necessidade urgente de alteração da Resolução CONAMA 420/10.

A falta do estudo complementar de intrusão de gases nessa norma federal, além de dificultar a quantificação dos riscos associados no cenário investigado, pois atualmente as informações acerca do risco de intrusão de vapores do solo é obtida somente por meio de modelos matemáticos superdimensionados, também impede a obtenção de informações precisas sobre a realidade do cenário em questão e a aplicação dos mecanismos legais, como a reparação do dano ambiental em sua integralidade.

Com base na lacuna apresentada, o trabalho visará a elaboração de uma minuta de norma para a determinação de uma fase complementar de estudo intrusão de vapores do solo na resolução CONAMA 420/2009, caso verificado o potencial risco de intrusão de vapores na fase de Avaliação Preliminar.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

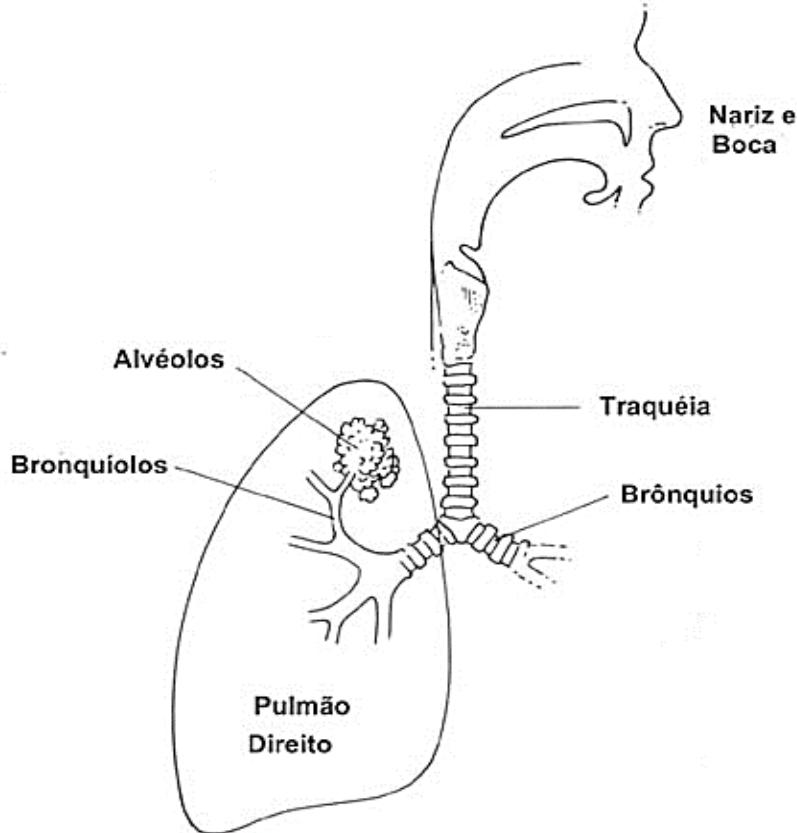
A revisão bibliográfica do presente trabalho vislumbrou buscar os conceitos de áreas contaminadas e gestão, normativos técnicos, doutrinários e legais pertinentes ao tema para discussão acerca da realização da propositura de norma em legislação vigente. Os conceitos gerais previstos nas normas técnicas referentes ao tema gerenciamento das áreas contaminadas, se encontram no **ANEXO II** do presente trabalho.

4.1 A Inalação do Ar e Difusão de Gases em Meio Pulmonar

O pulmão é o órgão responsável por fornecer o oxigênio e expelir o gás carbônico da corrente sanguínea. A entrada do ar é feita pelo nariz, por onde passa pela filtragem preliminar, aonde os pelos do nariz fazem a retenção das partículas maiores. Após a passagem pelo nariz, o ar inalado passa pela traqueia, onde ela se bifurca para que seja distribuído uniformemente para os dois pulmões através dos brônquios pulmonares. Os brônquios distribuem o ar inalado aos milhares de alvéolos (pequenos balões), que se

expandem e se contraem, realizando a troca gasosa entre o Oxigênio e o gás Carbônico (BERTOLO, 2005). Essa troca gasosa se dá pela Lei de *Fick* (difusão), pois afirma que uma quantidade de gás que se move através de uma lâmina de tecido é proporcional a área dessa lâmina e inversamente proporcional à sua espessura (WEST, 2013). A **figura 02** a seguir demonstra as vias áreas do ser humano.

Figura 2 - Vias Aéreas do Ser Humano



Fonte: Adaptado de Bertolo, 2005

Segundo BERTOLO (2005), o sangue envolve cada alvéolo do pulmão para que seja feita a difusão do oxigênio para os Glóbulos Vermelhos e o Gás Carbônico do Glóbulo vermelho para o ar no alvéolo. Dessa forma é feita a troca gasosa no organismo humano, haja vista que o número de alvéolos cresce à medida que o ser humano se torna adulto. Não obstante, a difusão de um grupo de moléculas, pode ser percebida, por exemplo, através de aspersão de perfume em uma sala fechada, ou aplicar um pouco de corante em um recipiente com água. Essa difusão (movimentação) das moléculas será percebida através do “odor” do perfume em toda a sala. No caso do recipiente com água, a substância irá se espalhar até tingir toda a água (NICOLE, 2015 apud SANT’ANNA *et al*, 2016). Dessa forma, as moléculas irão se difundir de uma área com alta concentração, para uma área de concentração mais baixa, até que a concentração fique uniforme. A **figura 03** a seguir,

mostra um exemplo de difusão com substância de coloração roxa em um recipiente com água.

Figura 3 - Exemplo de difusão em água



Fonte: Nicole apud Sant'Anna, 2016

Outrossim, em relação ao comportamento dos gases no pulmão de uma pessoa, as moléculas de oxigênio colidirão com o sangue e serão dissolvidas. Dessa forma, após um tempo a quantidade de moléculas que está saindo do sangue a cada segundo será a mesma que está entrando no sangue. Sendo assim, o sangue terá uma pressão de oxigênio igual ao oxigênio primário que está em contato com o sangue (BERTOLO, 2005). Então, se a pressão do oxigênio for dobrada, o quantitativo de oxigênio dissolvido no sangue também será dobrada. Essa proporção referida anteriormente se dá pela Lei de Henry, da solubilidade dos gases.

Não menos importante, a mistura de gases nos alvéolos pulmonares não é a mesma que a mistura do ar inalado, visto que os pulmões não são totalmente esvaziados durante a expiração (BERTOLO, 2005). Na respiração, os pulmões retêm cerca de 30 % do volume respirado após cada expiração. Dessa forma, é possível associar que uma pessoa exposta a uma área contaminada com potencial de intrusão de vapores, terá retido em seu organismo 30 % do volume respirado, incluindo as concentrações de eventuais contaminantes em fase de vapor. Destarte, e considerando que a área superficial dos pulmões tem cerca de 80 m², pode-se asseverar que a inalação tem uma exposição ao ambiente muito maior que o contato dérmico (BERTOLO, 2005).

4.2 Intrusão de Vapores do Solo

A intrusão de vapores do solo é o processo no qual o contaminante, em fase de vapor, em subsuperfície ou dissolvido na água subterrânea, migra através do solo até a superfície em concentrações que possam expor os receptores aos efeitos maléficos.

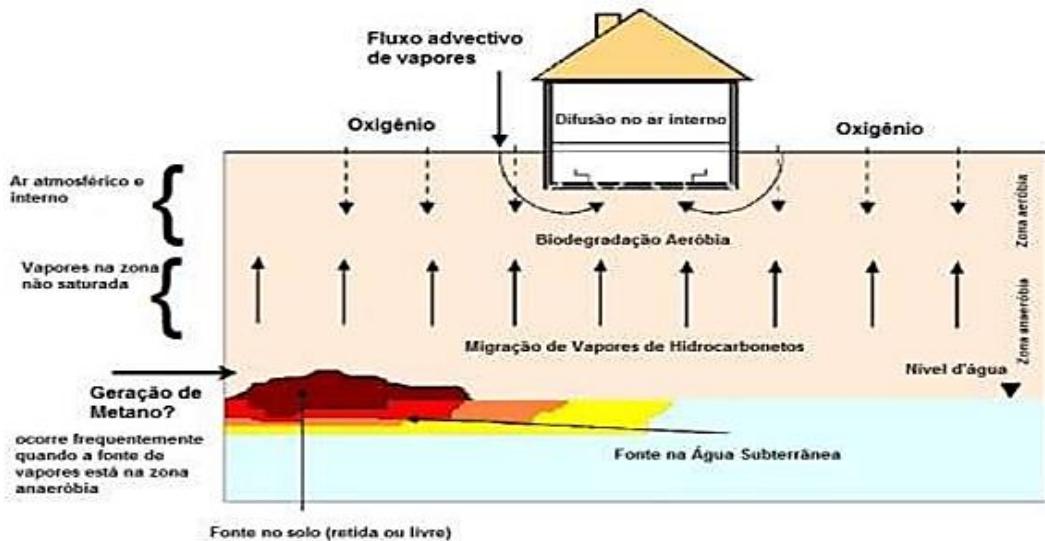
A principal via de exposição, no caso de intrusão de vapores provenientes das fontes de contaminação, se dá pela inalação dos vapores que migram através de caminhos

preferenciais no solo e nas edificações, onde pode acontecer o acúmulo desses vapores ocasionando, assim, o potencial de inalação, além do risco de explosão (ITRC, 2007). Os compostos químicos mais comumente associados ao risco de intrusão de vapores, são: os COV's (Compostos Orgânicos Voláteis), com elevada pressão de vapor e substâncias inorgânicas, como, o Mercúrio.

Os contaminantes que possuem baixa pressão de vapor, acima de 6 ATM, oferecem leve potencial de riscos (Davis et al, 2003 apud Gouvêa, 2018). Além disso, vale ressaltar que alguns tipos de contaminantes podem ter elevados fatores de carcinogenicidade, podendo expor aos receptores ao risco de câncer (ITRC, 2007).

A **figura 02** a seguir demonstra a base conceitual de migração de vapores, oriundos de uma fonte em subsuperfície, migrando para o ambiente interno de uma edificação.

Figura 4 - Base Conceitual de Intrusão de Vapores



Fonte: Gouvêa, 2018.

4.3 Panorama Geral das Regiões do Brasil ao Atendimento dos Mecanismos Legais Básicos Relacionados ao Gerenciamento das Áreas Contaminadas e Publicidade de Informações

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) dispõe de um sistema de dados referente às informações sobre o gerenciamento das áreas contaminadas no país instituído pela resolução CONAMA 420/2009. O principal objetivo do sistema, o Banco de Dados Nacional Sobre Áreas Contaminadas (BDNAC), é que se tornem públicas as informações divulgadas por cada unidade de federação, a partir dos dados disponibilizados pelos órgãos ambientais de cada estado, sobre áreas contaminadas e as suas principais características.

Somente os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, pertencentes à região Sudeste do país, enviaram ao IBAMA as informações acerca do Gerenciamento das Áreas Contaminadas.

Vale destacar que MACHADO (2011) concluiu que o fornecimento recíproco das informações ambientais tornaria o artigo 9º da Lei 9.638/1981 inciso XI uma realidade no que concerne “a garantia de prestação de informações relativas ao meio ambiente, obrigando-se ao poder público a produção, em caso de inexistência”.

A **tabela 01** a seguir, demonstra os dados sobre Áreas Contaminadas disponíveis ao público e destacados por unidade de federação.

Tabela 1 - Dados disponíveis por unidade de federação.

DADOS	AC	AL	AP	AM	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA	PB	PR	PE	PI	RJ	RN	RS	RO	RR	SC	SP	SE	TO
Identificação das Áreas																											
<i>Topomínia</i>																											
<i>Georreferenciamento</i>																											
<i>Características hidrogeológicas, hidrológicas e fisiografia</i>																											
Atividades poluidoras																											
<i>Ativas e inativas</i>																											
<i>Fonte poluidora primária e secundária ou potencial</i>																											
<i>Extensão de área afetada</i>																											
<i>Causa da contaminação</i>																											
<i>Características das fontes poluidoras no que se refere à disposição de resíduos, armazenamento de produtos químicos e perigosos, produção industrial, vias de contaminação e impermeabilização da área:</i>																											
Classificação das áreas																											
<i>Tipologia AI, ACI, AMR e AR</i>																											
<i>Identificação de fase livre</i>																											
<i>Situação de remediação de fase livre</i>																											
<i>Uso atual</i>																											
<i>Da área</i>																											
<i>Do entorno</i>																											
<i>Ação em curso</i>																											
<i>Ação pretérita</i>																											
<i>Meios afetados e contaminantes</i>																											
<i>Meios afetados</i>																											
<i>Contaminantes</i>																											
<i>Por elemento químico</i>																											
<i>Por agrupamentos</i>																											
<i>Concentração de contaminantes</i>																											
<i>Cenários de risco e rotas de exposição</i>																											
<i>Formas de intervenção</i>																											
<i>Áreas contaminadas críticas</i>																											

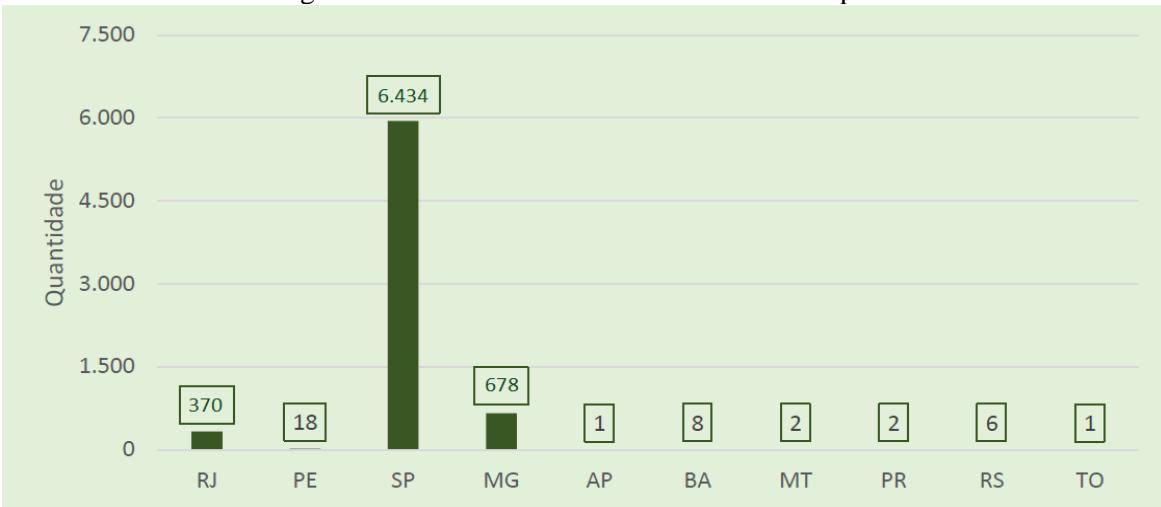
Legenda: (x): Informação enviada; (-): Informação não enviada; AI: Área sob Investigação; ACI: Área Contaminada sob Intervenção; AMR: Área em Monitoramento Para Reabilitação; AR: Área Reabilitada.

Fonte: Modificado de IBAMA – Brasil, 2021

Em relação ao atendimento dos requisitos legais e sistemas de informações sobre o gerenciamento das áreas contaminadas no Brasil, há uma grande defasagem quanto ao cumprimento do princípio constitucional da publicidade das informações. Exceção é o estado de São Paulo que desde 2002 disponibiliza para a sociedade a lista das áreas contaminadas (SILVA, 2007).

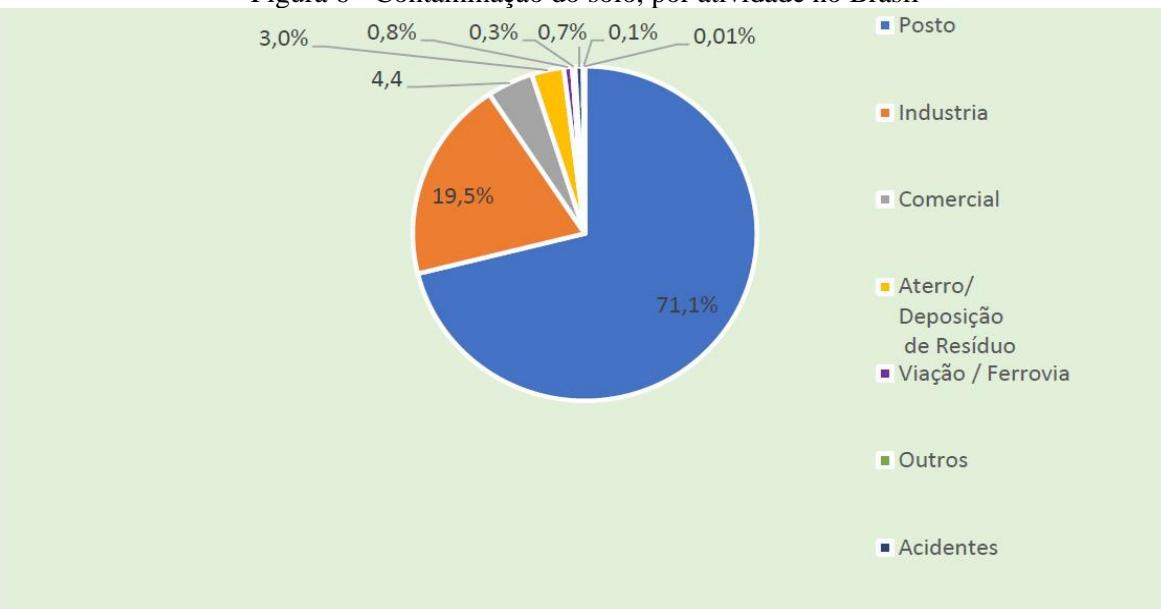
Outrossim, o levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA, Brasil (2021), indicou a existência de 7.520 áreas contaminadas em todo o território nacional. Sendo que a maioria dos registros estão associados a postos de abastecimento de combustíveis (71,1%) e atividades industriais (19,5 %). As substâncias TPH, PAH, COV e COSV, comumente existente nos combustíveis depostos de abastecimento e nas matérias primas das indústrias e são consideradas substâncias que apresentam efeitos adversos, resultando em absorção e acumulação ao longo da cadeia trófica (ARÊAS; PINHEIRO; SANTELL; MACHADO; BIELSCHOWSKY; ROCHA; SOARES, 2020). A **figura 05** demonstra a estimativa de áreas contaminadas no país, ao passo que a **figura 06**, demonstra a estimativa das atividades causadoras das áreas contaminadas no país.

Figura 5 - Estimativa de áreas contaminadas no país.



Fonte: Modificado de MMA, 2020

Figura 6 - Contaminação do solo, por atividade no Brasil

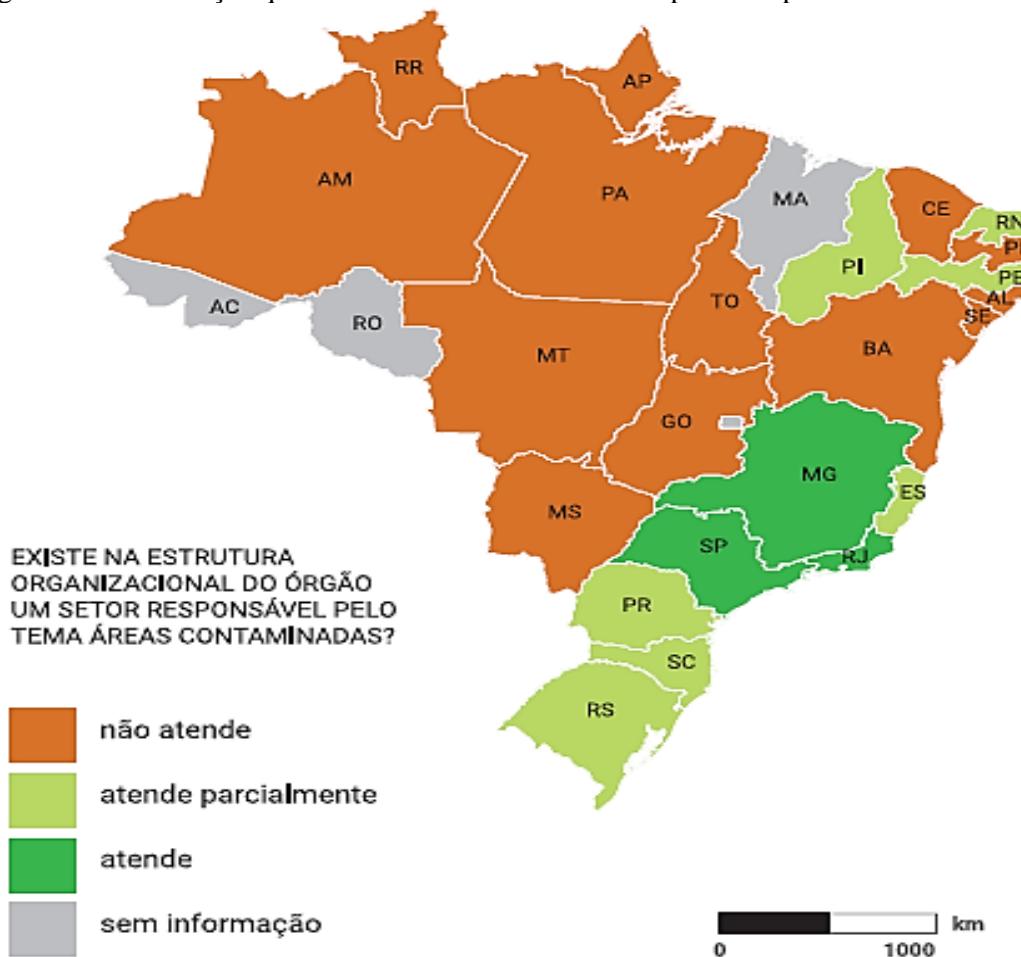


Fonte: MMA, 2020

Não obstante, em um estudo realizado pelo IPT em 2016, com o objetivo de identificação de áreas contaminadas ou registros no país, o estudo demonstrou que dos 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal, somente os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo possuem na estrutura organizacional do órgão ambiental um setor que trata do gerenciamento de áreas contaminadas. Os estados do Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio Grande do Norte e Rio Grande Sul, atendem parcialmente esse quesito em sua estrutura organizacional, os outros estados não existem informações acerca do tema. A **figura 07** traz a classificação das unidades de federação quanto a existência de um setor responsável pelas Áreas Contaminadas em cada órgão ambiental dos estados.

Em relação ao estado do Espírito Santo, por meio de Decreto Estadual nº 4109-R/2017 em seu artigo 3º, XIII, criam e/ou incluem na estrutura organizacional do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo uma Coordenação de Qualidade do Ar, Áreas Contaminadas e Informações Ambientais. No ano de 2019, houve a adequação da Instrução Normativa nº 03-N/2019, promovendo a adequação a Instrução Normativa nº 14/2016, dispondo sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras.

Figura 7 - Classificação quanto a existência de um setor responsável por Áreas Contaminadas



Fonte: Panorama GAC – IPT, 2016.

A despeito do estudo de classificação dos estados Brasileiros publicado pelo IPT, o cenário pouco mudou cinco anos após, conforme se verificou em consulta aos websites dos outros órgãos ambientais. Também não foram verificadas ferramentas legais relativas à investigação de vapores do solo nos demais estados, com exceção do estado de São Paulo, que irá ser abordado mais a diante no presente trabalho.

Portanto, um dos grandes desafios no gerenciamento das áreas contaminadas ao redor do globo reside nos países menos desenvolvidos, onde a legislação não existe ou ainda é insuficiente para o enfrentamento eficaz do problema (FERREIRA, 2020). Conforme apontado pelo autor, o Brasil se enquadra na lista de países em desenvolvimento no cenário de cumprimento das normas, mas ainda em evolução.

4.4 Aspectos Legais em Referência as Áreas Contaminadas

A Política Nacional de Meio Ambiente nasce em meio de uma época de total autoritarismo no Brasil. Milaré (2021) pontuou que a Lei 6.938/1981 foi promulgada “em meio de um período de obscurantismo que o país vivia”, que veio como o “novo iluminismo” da área ambiental.

Dentro da história evolutiva da política brasileira, as ações estatais culminavam mais a impulsos de momento ou a certas tendências de determinado governo, ao invés de planos e programas devidamente articulados e com propósitos críveis do ponto de vista técnico (MILARÉ, 2013). Conforme posto pelo autor, a promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente foi uma inovação do quesito social e solidário com o ambiente em que vivemos.

O advento dessa lei, permite que possam ser criadas regulamentações de novas leis atualmente, como exemplo, a criação da resolução CONAMA 420/2009, norma essa que fora criada 28 anos após a lei da Política Nacional de Meio Ambiente.

A seguir serão vistos os objetivos gerais e específicos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Em seu objetivo geral, a Lei 6.938/1981, expressa no *caput* do art. 2º, que: “A política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, a melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana atendendo aos princípios da Preservação, Melhoria e Recuperação(...”).

Nota-se que esses princípios, fazem uma alusão ao processo de desenvolvimento do meio ambiente como condição, e não fazer a qualidade ambiental o próprio desenvolvimento

de forma inseparável (MILARÉ, 2013). É perceptível que esse tipo de abordagem, de fato, apareceria somente em mais de uma década depois, com o desenvolvimento sustentável.

A “*segurança nacional*”, na época em que essa lei foi promulgada, o Brasil vivia um período de governo militar, então, a preocupação com esse princípio, era uma preocupação exacerbada. Comparado ao Brasil da época, esse princípio, atualmente, seria tratado de forma completamente distinta, visto os caminhos e as preocupações distintas que as leis ambientais percorrem hodiernamente.

Finalmente, a “proteção da dignidade da vida humana” permeia a ética em sua plenitude em respeito à vida, visto que esse é um direito fundamental do ser humano.

Não obstante, a lei em questão estabelece seus objetivos específicos e define o que se chama de “princípios norteadores das ações”. O art. 4º, prevê uma integração com os objetivos gerais da lei. Os objetivos específicos são:

I – “*A política Nacional do Meio Ambiente visará à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e a preservação dos recursos ambientais, com vistas a utilização racional e permanente disponibilidade*”. Nesse aspecto, leva se ao entendimento que o desenvolvimento econômico- social, precisa ser aderente às exigências ambientais. Ao que parece, a sociedade em geral, não faz conta das consequências da extração dos recursos naturais para obtenção de bens e serviços (MILARÉ, 2013). O autor se refere a uma proporcionalidade entre a extração de recursos ambientais, com a capacidade de oferta de recursos que o meio ambiente pode oferecer.

O objetivo em questão é manter o máximo possível a qualidade ambiental e o equilíbrio entre os compartimentos ambientais, salientando que não somente à saúde humana, mas sim, para beneficiar todos os seres vivos (MILARÉ, 2013). Não obstante, qualquer processo de desenvolvimento precisará respeitar a oferta ambiental para atender a eventuais demandas e, concomitantemente as condições de equilíbrio para que os ecossistemas continuem se desenvolvendo.

II – “*A Política Nacional do Meio Ambiente Visará à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e Municípios*”.

Este inciso leva ao entendimento de que cada ente federativo, dentro de sua competência, tem total autonomia para praticar ações governamentais priorizando as ações relativas à qualidade e ao equilíbrio ecológico, se fazendo valer de instrumentos legais, políticas governamentais e públicas (MILARÉ, 2013). O autor ainda pontua que cabe a

União se inclinar quanto aos interesses nacionais. Surgiram outras políticas nacionais com o tema meio ambiente e outros instrumentos legais, dentre eles nas resoluções do CONAMA.

III – “A Política Nacional do Meio Ambiente visará ao estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais”.

Não há absolutamente nenhuma dúvida que os parâmetros da qualidade ambiental são norteadores físicos e químicos dos padrões ambientais, mesmo que de forma parcial, dos compartimentos ambientais abióticos e bióticos, são esses parâmetros que também norteiam as ações de cuidados à saúde humana (MILARÉ, 2013). O autor ainda aponta que os incisos III e X do art. 9º, haverão de pressupor a aplicação e evolução dos padrões de Qualidade Ambiental.

IV – “A Política Nacional do Meio Ambiente visará ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas pelo uso racional dos recursos ambientais”.

Para se estabelecer padrões da qualidade, se faz necessária muita pesquisa e desenvolvimento de tecnologias apropriadas. Tais tecnologias consistirão no domínio de obtenção de informações para aferição do controle ambiental, no monitoramento, coleta e tratamento de dados, na realização de cadastros, planejamento e produção e divulgação de informações. Destaca-se que as tecnologias estão associadas a gestão e a implementação de políticas, podendo ser específicas de gestão ambiental, ou tecnologias que assessoram a obtenção das informações ambientais (MILARÉ, 2013). Leva se ao entendimento que os subsistemas da ciência e Direito, serão multidisciplinares, para que objetivo central de melhoria da qualidade ambiental e a sua manutenção sejam garantidas.

V – “A política Nacional do Meio Ambiente visará a difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico”.

É percebido que esse objetivo, não apresenta novidades significantes, esse enunciado retrata assuntos já abordados e apenas realiza a antecipação de implementações ao artigo 9º da referida lei. São percebidos desvios conceituais, como por exemplo “manejo do meio ambiente” ao invés de “manejo de recursos naturais, já que o meio ambiente não é objeto de manejo, mas sim de gestão. A abordagem da consciência pública, está diretamente associada a educação ambiental e ao exercício da cidadania, conforme preconizado no artigo 225 de nossa Constituição Federal (MILARÉ, 2013).

VI – “A Política Nacional do Meio Ambiente visará à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida”.

É possível notar nesse objetivo que a preservação se vale a todas as modalidades de recursos ambientais. Quanto a recuperação, essa seria mais apropriada ao meio natural enquanto a restauração, seria mais aderente, condizendo melhor com o meio cultural (MILARÉ, 2013).

VII – “A Política Nacional do Meio Ambiente visará à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos”.

Nesse objetivo, a lei nº 6938/1981, teve uma grande visão do futuro em relação ao conceito ambiental brasileiro e, quiçá, do contexto ambiental sul americano. Ressalta se que esse dispositivo também se adapta em procedimentos de licenciamento no que concerne as “penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação do meio ambiente ou correção da degradação ambiental”. Tanto para este objetivo, quanto para as ações que implementam a Política Nacional do Meio Ambiente, recebidos pela Carta Magna do País. Dessa forma nasceram muitas leis de demasiada significância, como a lei de crimes ambientais (Lei 9.605/1998) (MILARÉ, 2013).

No contexto da Lei de Crimes Ambientais, as penas pecuniárias visam o resarcimento ou medidas compensatórias aos danos. Porém deve se fazer valer que jamais a integridade e qualidade plena do meio afetado retornará ao *status quo ante*. Essa situação é devida ao fato de se ter muitas dificuldades na valoração econômica do dano ambiental, por esse motivo, a quantificação e mensuração do dano é prejudicada. Dessa forma as indenizações ou compensações, independente do seu valor pecuniário, são mais abstratas ou simbólicas do que reais, comparando ao valor da biodiversidade, aos valores do equilíbrio e/ou da plena qualidade ambiental (MILARÉ, 2013).

Nesse mesmo aspecto quanto aos objetivos, Antunes (2015) diz que “a Política Nacional de Meio Ambiente, como norma voltada para a gestão ambiental, se estrutura com vistas aos seguintes aspectos.” Dentro os aspectos referidos pelo autor, compilados na **tabela 02** a seguir, destaca-se o aspecto ecológico, contido na Lei 6938/1981. Tal aspecto faz valer como base jurídica relacionada à discussão do presente trabalho.

Tabela 2 - Compilação dos Aspectos da PNMA

Institucional	Económicos	Gerenciais	Ecológicos	Território	Institucionais	Controle	Econômicos
Definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa a qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e Municípios	Compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico.	Difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente a divulgação de dados e informações ambientais e a formação da uma consciência pública sobre a necessidade de preservação das qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico.	O estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais.	Zoneamento ambiental.	Sistema Nacional de informações do Meio Ambiente	Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental.	Incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para melhoria da qualidade ambiental.
A imposição ao Poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.	-	-	O estabelecimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional dos recursos ambientais.	Criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas.	Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental.	Avaliação de Impactos Ambientais	-
-	-	-	A preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico princípio à vida.	-	Cadastro Técnico Federal de Atividades e potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.	Licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.	-
-	-	-	-	-	Instituição do relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.	Penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental.	-
-	-	-	-	-	Garantia de prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes.	-	-

Fonte: Modificado de Antunes, 2015

Ainda, a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu art. 8º, VII, prevê que “compete ao CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos”. Como ferramenta legal de gerenciamento das áreas contaminadas, a Resolução CONAMA 420/2009, dispõe sobre valores orientadores da qualidade das matrizes solo e da água subterrânea, bem

como as fases de investigação ambiental para obtenção de dados quanto ao meio investigado e riscos à saúde humana.

Também criada pela Política Nacional de Meio Ambiente, a Resolução CONAMA 237/1997 dispõe de procedimentos para licenciamento ambiental para instalações ou atividades potencialmente poluidoras, ou que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, estando sujeitos ao licenciamento ambiental, em conformidade com seu potencial de poluição ou degradação.

Igualmente a Resolução CONAMA nº 273/2000, estabelecendo diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de abastecimento de combustíveis.

Não obstante, o Código Civil Brasileiro, instituído pela Lei nº 10.406/2002 em seu artigo 927 prevê que “*Aquele que, por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo*”. Em seu parágrafo único prevê que “*haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem*” (BRASIL, 2002).

Dispõe, ainda, essa lei que:

Art. 1.228. O proprietário tem a faculdade de usar, gozar e dispor da coisa, e o direito de reavê-la do poder de quem quer que injustamente a possua ou detenha.

§ 1º. O direito de propriedade deve ser exercido em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com o estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas.

Somando-se a todos esses dispositivos legais, a Constituição Federal de 1988 traz disposições sobre meio ambiente em vários títulos e artigos. Por exemplo, o Título VIII, que trata da Ordem Social, no capítulo IV, faz alusão e tratamento ao meio ambiente, no *caput* do artigo 225, prevê que “*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*” (BRASIL, 1988).

De outro lado, toda e qualquer atividade econômica, que é livre para todos os cidadãos, tem por fim assegurar à todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, e deve ser exercida com respeito ao princípio, dentre outros, da defesa do meio ambiente.

A propósito:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar à todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

- I - soberania nacional;
- II - propriedade privada;
- III - função social da propriedade;
- IV - livre concorrência;
- V - defesa do consumidor;
- VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação;
- VII - redução das desigualdades regionais e sociais;
- VIII - busca do pleno emprego;
- IX - tratamento favorecido para as empresas de pequeno porte constituídas sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País

Parágrafo único. É assegurado a todos o livre exercício de qualquer atividade econômica, independentemente de autorização de órgãos públicos, salvo nos casos previstos em lei.

Nesse sentido o direito ao equilíbrio ambiental pertence a cada cidadão, na figura da pessoa humana, independente da sua nacionalidade, renda, residência, sexo, raça, idade, profissão e estado de saúde (MACHADO, 2011). Segundo Machado (2011), há amplitude dessa norma, não tornando particular quem tem o direito ao meio ambiente equilibrado, mas de forma a evitar a exclusão de qualquer cidadão.

Quanto ao meio ambiente ser um bem de uso do povo e essencial à vida, segundo Mirra (1994), a “vida e dignidade das pessoas – parte essencial dos direitos fundamentais, pois ninguém contesta que o quadro da destruição ambiental no mundo, compromete a existência digna da humanidade e põe em risco a vida humana” (apud MACHADO, 2011).

Quanto ao poder público e a coletividade, o primeiro não faz alusão somente a um dos Poderes, mas sim de todos os Poderes da União. Sendo assim são engajados os três Poderes da República para a preservação e defesa do meio ambiente, agindo independentes e harmonicamente (MACHADO, 2011).

No sentido da coletividade, segundo Machado (2011), “não é papel isolado do Estado cuidar sozinho do meio ambiente, pois essa tarefa não pode ser executada sem a cooperação do corpo social”. Vale mencionar que o ambiente a ser defendido pelo poder público e para coletividade deve ser a defesa do meio ambiente equilibrado ecologicamente, se fazendo valer do cumprimento da Constituição quando é possibilidade do desequilíbrio ambiental (MACHADO, 2011).

Quanto ao estabelecimento, de presentes e futuras gerações, como preconiza a defesa ao meio ambiente no artigo 225, a relação humana com o meio ambiente, não pode ser considerada como se a humanidade não fosse uma cadeia sucessiva. O artigo 225 solidariza

a ética entre as gerações, pois, a geração atual, não pode fazer uso do meio e, deixar o meio degradado para as futuras gerações, tornando o problema transtemporal (MACHADO,2011).

Em nível estadual, a Lei 13.577/2009, regulamentada por Decreto Estadual nº 59.263/2013, do estado de São Paulo, prevê como funções do solo: a sustentação da vida e do habitat para pessoas, os animais, as plantas e organismos do solo. A lei aponta também como função do solo: a manutenção dos ciclos biogeoquímicos, bem como as águas subterrâneas, o patrimônio histórico, natural e cultural, conservação das reservas minerais, produção de alimentos em função da manutenção socioeconômica (MACHADO, 2011).

A lei, contempla também os locais ou instalações com concentrações de matéria que possam eventualmente causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a qualquer outro bem a proteger, conforme expresso no artigo 3º., II (MACHADO, 2011).

Nesse sentido Baird (2002), “solos contaminados são localizados com maior frequência não apenas nas redondezas de locais de descarte de lixo e plantas químicas, mas também nos arredores de oleodutos e postos de gasolina”. (apud MACHADO, 2011).

A Lei nº 13.577/2009 (SP), estabeleceu diretrizes para a prevenção, identificação e remediação de área contaminada, imputados ao responsável. A responsabilidade já é tratada no Código Civil. Salienta-se que o Direito Civil, é uma parte do Direito condizente da competência privativa da União para legislar, segundo artigo 22 da Carta Magna do país. Porém, sobre a responsabilidade, a União, os Estados e o Distrito Federal, têm competência concorrente para legislar (MACHADO, 2011).

O artigo 24, §§ 1º e 2º da Carta Magna, abre precedentes para os estados legislarem de forma suplementar (MACHADO,2011). Dessa forma, a Lei 13.577/2009 (SP), em consonância com o art. 225 da Carta Magna e diante da ausência de normativas infraconstitucionais de âmbito nacional, houve por bem estabelecer regras de remediação de áreas contaminadas visando a garantia da vida e saúde humanas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do presente trabalho, foi objetivado um levantamento bibliográfico em artigos, relatos, livros, doutrinas, legislação federal e estadual hodierna, *webinars*, acessos em sítios da rede mundial de computadores relacionados ao tema, consulta a monografias, dissertações e teses nas plataformas da USP.

Foram visitados os *sites* de órgãos ambientais das unidades da federação, além do *site* do Ministério do Meio Ambiente, bem como o do Banco Nacional de Informações sobre Áreas Contaminadas, com a finalidade de se buscar relatórios e/ou informações e características acerca das áreas contaminadas de cada estado, bem como informações acerca

de legislação específica relacionado ao tema intrusão de vapores do solo. Essa consulta teve como base a própria resolução CONAMA 420 que, em seu artigo 38, objetiva que “os órgãos ambientais competentes, observando o sigilo previsto em lei, deverão dar publicidade principalmente em seus portais institucionais na rede mundial de computadores, as informações sobre áreas contaminadas identificadas e suas principais características”.

Em síntese, entre os estados brasileiros pesquisados, somente o estado de São Paulo possui em seu arcabouço legal normas específicas que tratam do tema de intrusão de gases do solo em ambientes abertos e fechados. Nesse passo, é imprescindível, até que os estados se mobilizem nesse sentido, a alteração da Resolução CONAMA 420/2009 para o fim de introduzir obrigação de executar estudo complementar de intrusão de vapores nos casos potenciais dessa ocorrência.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A alteração na resolução CONAMA 420, frente aos casos de áreas contaminadas com potencial risco de intrusão de gases do solo está relacionada com o segundo objetivo específico da PNMA, segundo disposto por MILARÉ, que visa a definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses consubstanciados a União, Estados e Municípios relativo aos interesses nacionais. Então, esse objetivo visa total autonomia governamental para priorização das ações de qualidade e do equilíbrio ecológico, tal como validando instrumentos legais de políticas governamentais e públicas, como as resoluções CONAMA.

Está relacionada, também, ao art., 8º da lei 6938/1981, que compete ao CONAMA estabelecer normas critérios e padrões de qualidade relacionadas ao uso e manejo de recursos da qualidade ambiental, visando o uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos.

Evidentemente para se estabelecer padrões de qualidade, é necessário grande trabalho de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para se obter informações de controle ambiental, coleta de dados e monitoramento, sendo que as tecnologias auxiliam na obtenção de informações mais precisas do meio estudado.

Outra relação com a proposição de mudança da Resolução CONAMA 420/09, está relacionada ao artigo 2º da PNMA com seu principal objetivo sendo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, assegurando o desenvolvimento socioeconômico, a segurança nacional e à proteção a dignidade humana, atendendo ao princípio da recuperação das áreas degradadas.

Relaciona-se, ainda, ao princípio da recuperação das áreas degradadas, previsto no art., 2º, VIII da Lei 6938/1981, como forma de não só de reparação do dano ambiental, mas para que áreas importantes do ponto de vista econômico, urbanístico e de interesse público sejam disponibilizadas novamente para o uso humano seguro. Para tanto, deve-se ter em mente que, segundo essa mesma lei, cabe obrigatoriamente ao degradador, independentemente de culpa – princípio da responsabilidade objetiva, a recuperação do dano ambiental provocado (§ 1º, art. 14).

E por recuperação, entende-se, conforme consta do inciso XII, do art. 2º, da Lei nº 9.985/2000, a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.

Não destoa o Código Civil (Lei nº 10.406/2002) que em seu art. 1.228, § 1º, institui que o proprietário pode utilizar e dispor da coisa, mas que o direito de propriedade deve ser exercido concomitantemente com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas.

Não obstante, essa relação também permeia sob as águas da chamada Lei de Crimes Ambientais, instituída pela Lei 9.605/1998, podendo incorrer em violação ao art., 54, §§ 1º e 2º, o fato de haver intrusão de gases do solo, no ar e nas fontes primárias, acima dos valores orientadores, conforme a seguir:

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:

Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.

§ 1º Se o crime é culposo:

Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

§ 2º Se o crime:

I - tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana;
II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população;

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos:

Pena - reclusão, de um a cinco anos.

§ 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

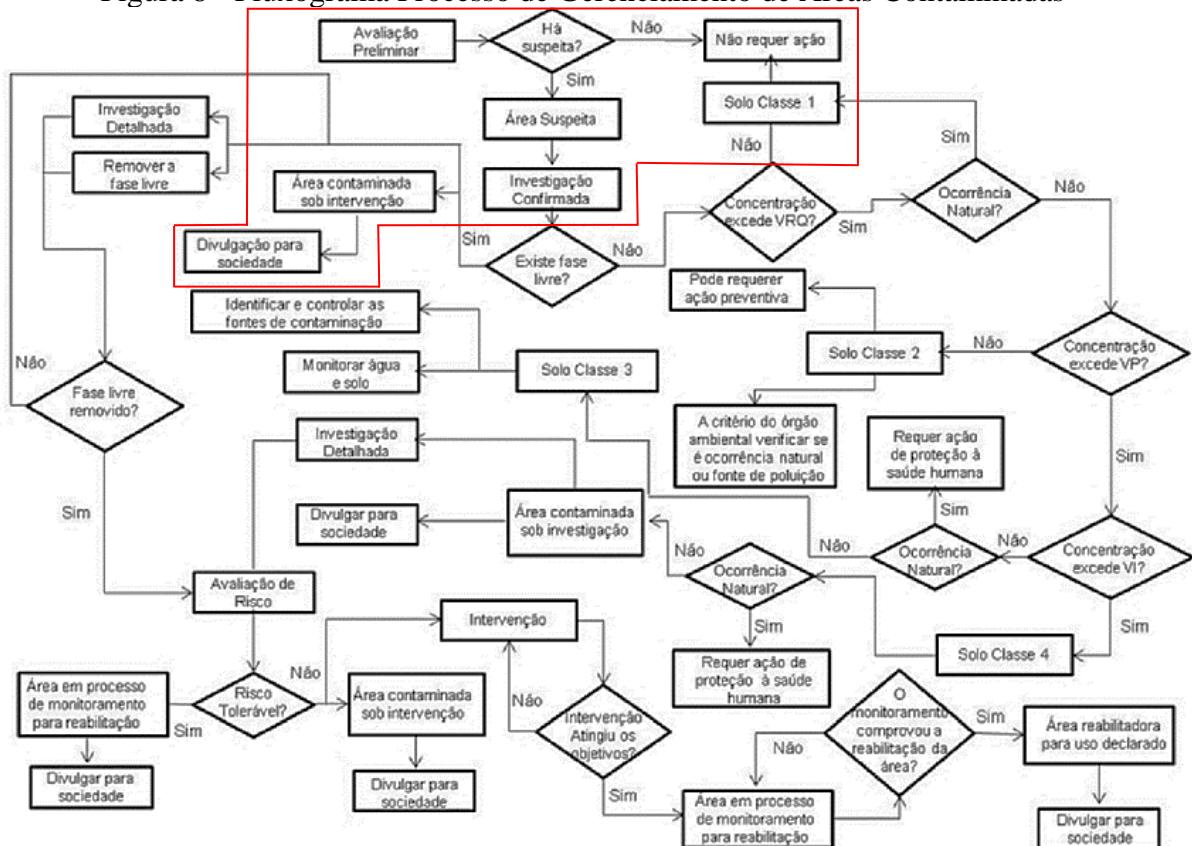
Some-se a isso a obrigatoriedade da reparação do dano prevista nos art. 17 e 27 da lei de crimes ambientais.

Por fim, e uma das relações mais importantes para a alteração da Resolução Conama 420/09 visando à introdução de estudos complementares para a identificação e eliminação da intrusão de gases perigosos oriundos das contaminações do solo e águas subterrâneas, diz respeito a obrigatoriedade da reparação integral do dano ambiental no art. 14 da Lei 6.938/81 e no art. 225 da CF.

Ou seja, se há gases no solo, significa que há poluentes no solo, no ar e nas fontes primárias, em concentrações que possam ocasionar riscos à saúde humana. Em face disso, há necessidade de uma melhor regulação com a finalidade de exigir do poluidor, direto ou indireto, ou seus sucessores que sejam adotadas medidas técnicas suficiente para a reparação do dano ambiental e a redução ou eliminação das fontes de contaminação que originam os gases tóxicos subterrâneos.

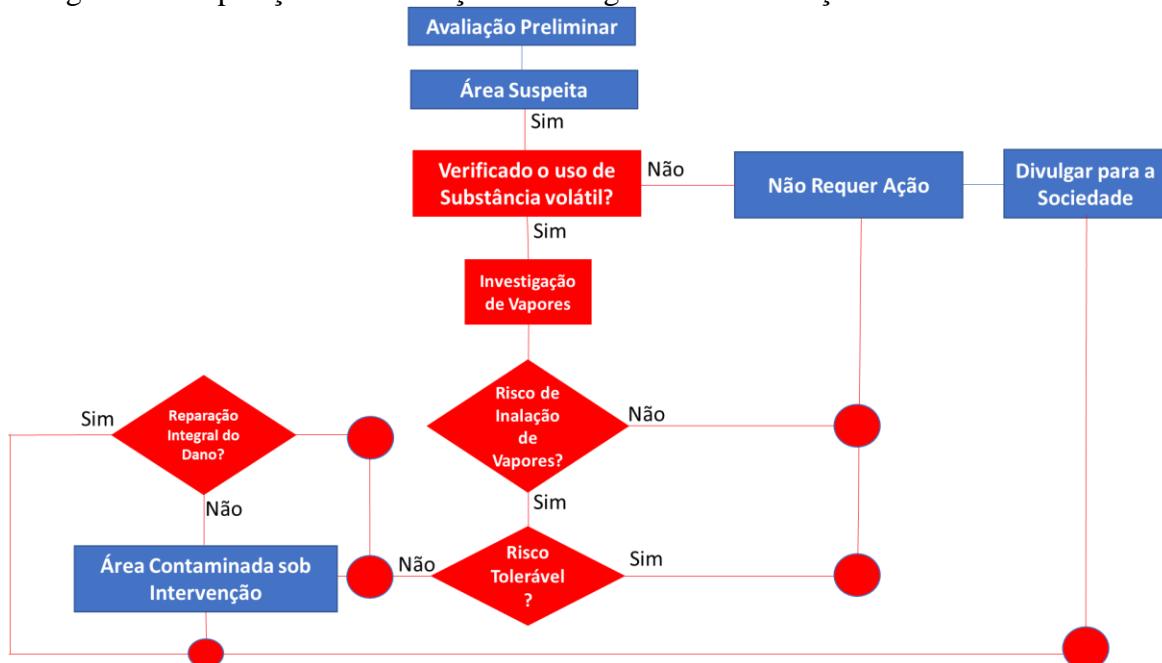
De sorte que, com a mudança na resolução CONAMA 420/2009, isso acontecerá durante a fase de Avaliação Preliminar e elaboração do Modelo Conceitual de Exposição Local, caso seja verificado o uso de substâncias voláteis que possam causar potenciais riscos de intrusão de vapores. A proposta é que seja incluída uma fase complementar de investigação de vapores do solo, durante a elaboração do modelo conceitual de exposição, realizado na fase de investigação supracitada anteriormente, caso seja verificado o uso de substância volátil na área estudada. Essa fase complementar indicará se os riscos serão toleráveis ou não. Caso os riscos não sejam toleráveis, além da classificação de Área Contaminada Sob Intervenção, o processo seguirá para a reparação do dano ambiental com a eliminação da fonte contaminante, paralelamente a fase de Investigação Confirmatória e sem prejuízos as fases existentes na Resolução CONAMA 420/2009. Caso seja comprovada a impossibilidade da reparação integral do dano, o processo seguirá para intervenção, a fim de que os riscos sejam minimizados a níveis toleráveis. A **figura 08** a seguir, demonstra o fluxograma do processo de gerenciamento das áreas contaminadas segundo a resolução CONAMA 420/2009, enquanto que a **figura 09**, demonstra os pontos da proposição de mudança, em vermelho, no fluxograma das fases de gerenciamento.

Figura 8 - Fluxograma Processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas



Fonte: Brasil, 2009

Figura 9 - Proposição de Mudança no Fluxograma da Resolução CONAMA 420/2009



Fonte: O autor

6.1 Mecanismos Para Obtenção de Linhas de Evidência para Análise do Risco Utilizadas no Brasil

Atualmente no Brasil são utilizadas técnicas e métodos de amostragem e investigação para obtenção de linhas de evidências adicionais, entendimento das vias de ingresso de intrusão de gases do solo, mapeamento de plumas de contaminantes em fase de vapor, monitoramento, avaliação de risco e tomadas de decisão. A **figura 10** a seguir demonstra o diagrama das informações nas quais são possíveis de obter atualmente no Brasil em uma investigação de gases do solo.

Figura 10 - Diagrama de Informações Possíveis de Obter na Investigação de Vapores do Solo Atualmente no Brasil



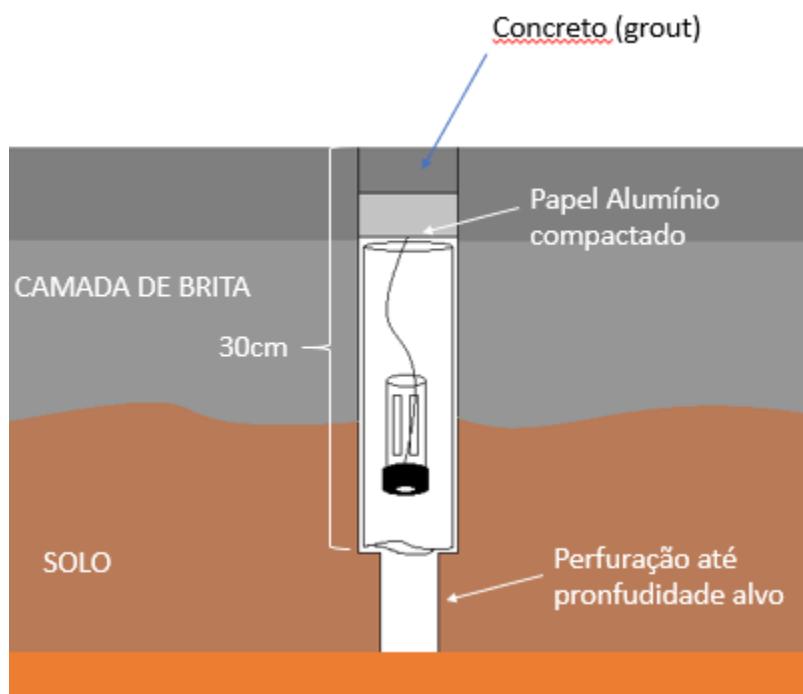
Fonte: SATO, 2021

A despeito dos riscos oferecidos por uma área contaminada com potencial de intrusão de vapores, tem se o exemplo de uma área contaminada com massa de 1Kg de PCE em solo, que é capaz de gerar uma concentração de vapor equivalente a $6.706.862,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Não obstante, uma concentração de $2000 \mu\text{g}/\text{L}$ na água subterrânea é capaz de emitir uma concentração de vapor equivalente a $1.448.000,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (USEPA, 2021 apud NEGRÃO, 2021).

Contudo, a respeito à exposição ao TCE, mesmo que em curta duração (cenário residencial 2,1 µg/m³ por 24 h), pode ocasionar em má formação cardíaca do bebê ainda nas primeiras 3 (três) semanas de gestação (USEPA, 2021 apud Negrão, 2021).

Para se obter dados quanto ao mapeamento das plumas de vapores do solo, monitoramento e obtenção de linhas de evidências adicionais, são utilizados amostradores passivos, que consiste basicamente em uma linha amarrada em um poço de aproximadamente 0,3 m de profundidade com um frasco contendo a unidade receptora das moléculas de vapor, que são geradas naquele meio. O amostrador fica dentro do poço de 7 a 15 dias, o que aumenta a representatividade da amostra e posteriormente a unidade receptora de moléculas de vapores é coletada e enviada para laboratório credenciado. Para este tipo de amostragem, normalmente, os resultados são postulados em unidades de massa e não em unidade de concentração. A **figura 11** a seguir, mostra uma ilustração de um poço de monitoramento de vapor com amostrador passivo dentro do poço.

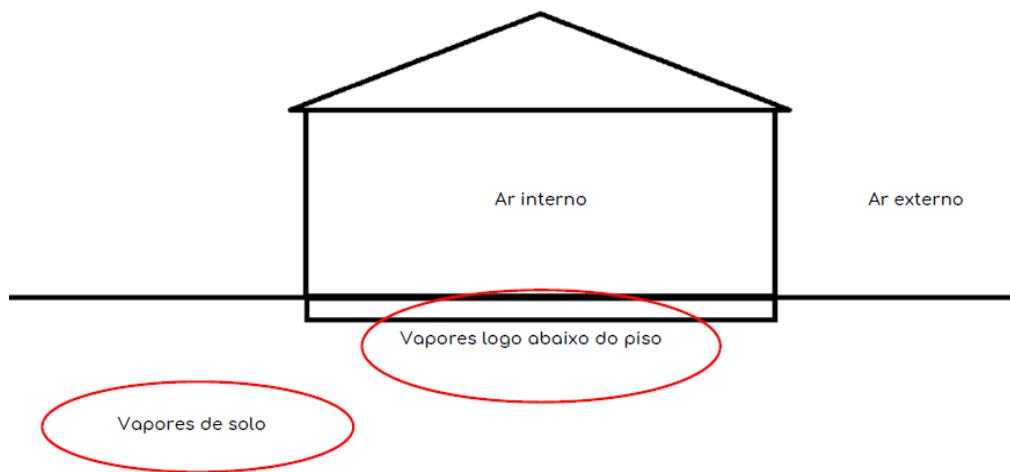
Figura 11 - Ilustração de um Amostrador Passivo de Vapores



Fonte: SATO, 2021

Para obtenção das informações acerca do entendimento das vias de intrusão de vapores, mapeamento, monitoramento e a avaliação de risco à saúde humana, é obtida através de amostragem ativa de vapores do solo. Esse tipo de amostragem, geralmente é utilizada para obtenção de informações sobre os ambientes internos (residenciais e industriais), e diretamente no piso. A **figura 12** a seguir, ilustra um local de ambiente interno do piso, aplicado por essa técnica de amostragem.

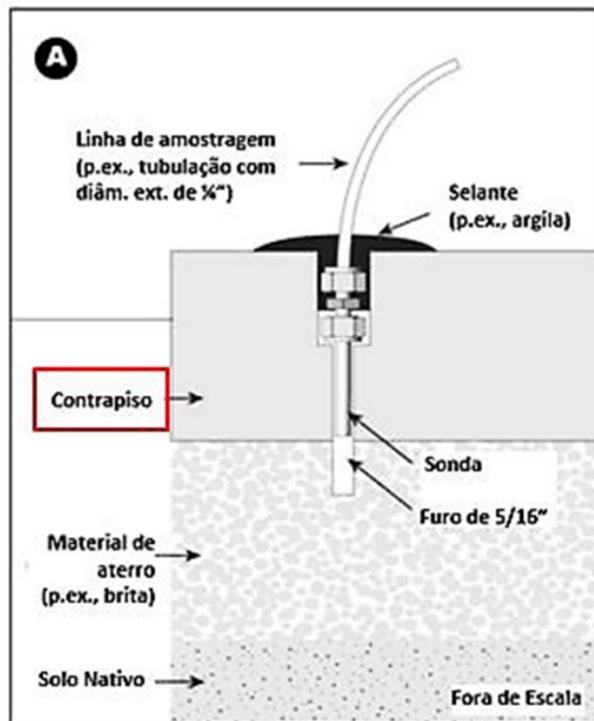
Figura 12 - Local do Piso Para Amostragem de Vapores



Fonte: SATO, 2021

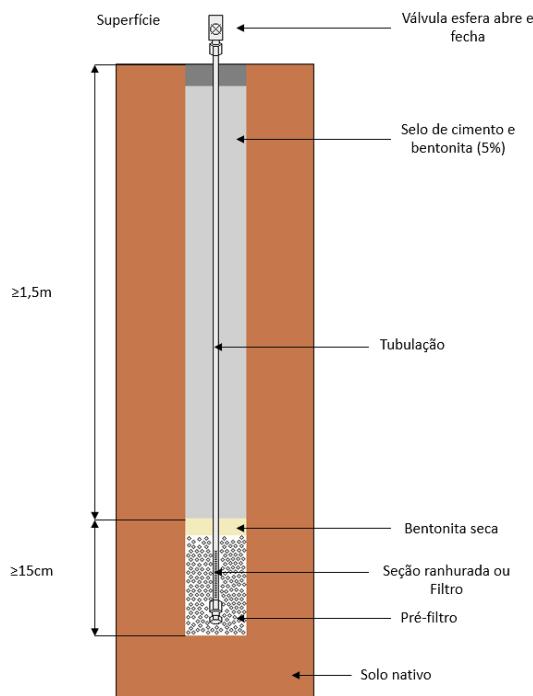
Essa técnica consiste em instalações de poços diretamente no piso, ou instalação de poços de vapor, para o acoplamento do coletor, um recipiente evacuado (canister). Os poços são instalados de forma que, instala-se uma sonda diretamente no piso, logo acima do solo de aterro. Essa sonda é ligada a uma válvula, e essa válvula, é ligada à uma linha de amostragem (Tubulação em PEEC ou PTFE com diâmetro de $\frac{1}{4}$ "'), e finalmente, o amostrador é conectado na tubulação em PEEC ou PTFE, por meio de uma válvula de engate. Os poços de vapores são instalados em uma perfuração diretamente no solo, com uma profundidade de até 1,65 m, a seção filtrante do poço de vapor, deve conter uma camada de pré-filtro e bentonita seca, sendo o poço revestido em cimento e bentonita até a superfície, aonde se encontra a válvula de encaixe do amostrador. As **figuras 13, 14 e 15** mostram os esquemas ilustrativos dos poços instalados diretamente no piso, poços de vapores e um recipiente evacuado para amostragem de vapores do solo, respectivamente.

Figura 13 - Poço instalado no piso



Fonte: SATO, 2021

Figura 14 - Poço de Vapor



Fonte: SATO, 2021

Figura 15 - Coleta de Amostra de Vapor com Recipiente Evacuado



Fonte: SATO, 2021

Após a realização da coleta das amostras de vapor, as mesmas são designadas aos laboratórios de análises químicas. Esses laboratórios analisam mais de sessenta substâncias em fase de vapor. As substâncias são analisadas por cromatografia gasosa e espectrometria de massas. Dependendo do tipo de estudo e metodologia de investigação, nas quais essas informações analíticas obtidas, são associadas aos modelos matemáticos específicos para cenários com potencial de intrusão de vapores para o tratamento dos resultados, quanto aos riscos oferecidos pela área estudada.

Segundo Alberto (2021), os métodos analíticos mais utilizados atualmente são o TO-15, TO-17, USEPA 8260 e MADEP APH. As **figuras 16 e 17**, demonstram os equipamentos de espectrometria de massa e cromatografia gasosa, equipamentos esses, que fazem a análise das concentrações existentes na amostra de vapor, leitura e identificação de compostos químicos de interesse.

Figura 16 - Espectrômetro de Massas



Fonte: SATO, 2021

Figura 17 - Cromatógrafo da Gases



Fonte: SATO, 2021

A espectrometria de massa é capaz de analisar os diferentes átomos que compõem a substância de uma amostra, por meio de medição da massa, ainda que não se tenha nenhuma

informação acerca dos compostos químicos contidos na amostra. Enquanto que a cromatografia gasosa, é utilizada para determinar a composição de uma mistura de compostos químicos da amostra, utilizando uma variedade de gases, de acordo com o analisador e o tipo de detector específico para os estudos alvo.

Todas as informações obtidas com os equipamentos ora apresentados, são posteriormente associados aos modelos matemáticos específicos, que são feitas as simulações dos cenários estudados e consequentemente, são elaborados os modelos conceituais de intrusão de vapores do solo.

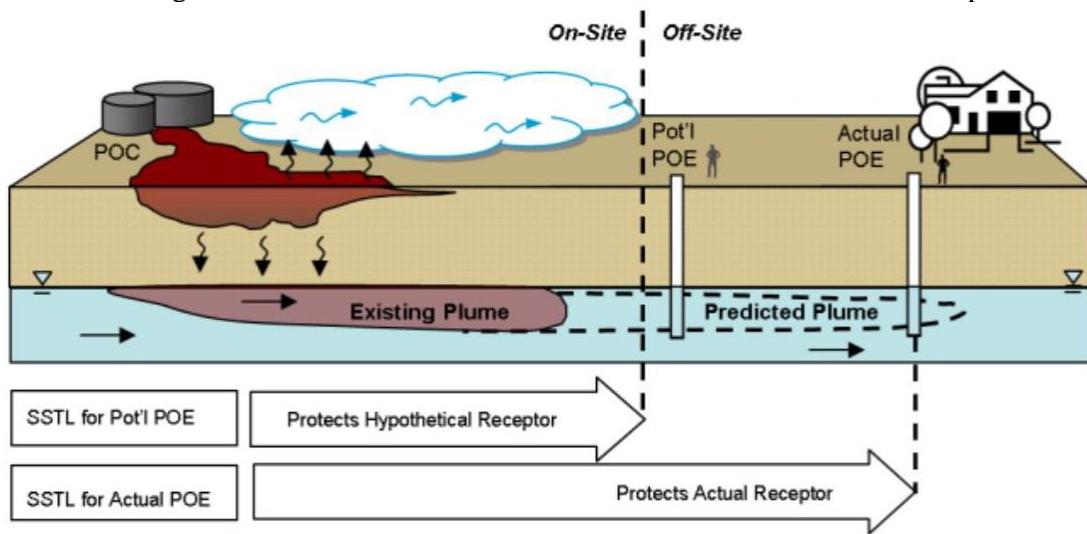
O Estado de São Paulo, conta com o Decreto estadual, nº 59.263/2013, conforme o art., 36, IV, que confere as seguintes situações que podem caracterizar existência de riscos acima dos níveis aceitáveis em uma área com classificação como Área Contaminada com Risco Confirmado, que são as situações em que os contaminantes possam atingir os corpos hídricos superficiais e subterrâneos, determinando por modelagem a comprovação da ultrapassagem dos padrões legais aplicáveis (Alberto, 2021). O autor ainda aponta que com a ajuda da modelagem matemática, é possível realizar a análise de risco à saúde humana, obter as concentrações máximas aceitáveis (CMA) e fatores de atenuação, através da previsão das concentrações no ambiente externo e nos ambientes internos das edificações, a partir das concentrações no solo ou da água subterrânea (Alberto, 2021).

Ainda conforme Alberto (2021), existem vários modelos matemáticos para obtenção das informações quanto aos riscos oferecidos por áreas contaminadas com problemas de intrusão de vapores do solo. Os modelos mais utilizados, são os apresentados a seguir:

- Johnson & Ettinger Model JEM;*
- BioVapor Model BVM;*
- Turczynowicz and Robinson (T&R);*
- Abreu & Johnson 3D Model;*

Aponta ainda Alberto (2021), que a maioria dos modelos matemáticos, utilizam como base o modelo matemático de *Johnson & Ettinger*. E Segundo o autor, esse modelo matemático, define o fator de atenuação da intrusão de gases, levando em conta os dados da edificação do ambiente interno impactado divididos pelos dados da fonte de contaminação, obtendo o valor real da concentração do contaminante em fase de vapor no interior das edificações e por conseguinte, obter os dados quanto ao risco oferecido pela área estudada. A **figura 16** a seguir, ilustra um modelo conceitual, em uma análise de risco à saúde humana, no estudo de uma área contaminada com potencial risco de intrusão de vapores do solo.

Figura 18 - Modelo Conceitual da Análise de Risco de Intrusão de Vapores



Fonte: GSI, 2007 Apud Alberto, 2021

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei 6.938/1981 é um grande marco na proposta de mudança na resolução CONAMA 420/2009. O Brasil conta com um grande alicerce legal para a possibilidade de inclusão de uma fase complementar de estudo de intrusão de vapores do solo. Esse alicerce legal assegura o cumprimento dos princípios norteadores do direito ambiental.

A legislação ambiental brasileira não é simples e dinâmica, muitas vezes não se contemplam suas aplicações, as variáveis de tempo. Para isso, são necessárias mudanças à medida que as pesquisas no tema evoluem. Com o aparato legal apresentado no presente trabalho, é oportuna a mudança na resolução CONAMA 420/2009, não com vistas a uma aproximação no sentido da reparação integral do dano, mas, especialmente, para que a vida e a saúde humanas sejam, de fato, protegidas e não sejam meras citações nas normas legais e na Constituição Federal

Atualmente no país, é possível a realização do mapeamento das plumas de vapor, o entendimento das vias de exposição, a obtenção de linhas de evidências adicionais e a análise de risco à saúde humana, em um cenário com intrusão de vapores, por meio das técnicas de amostragem, análises químicas e modelagem dos resultados analíticos, ou seja, utilizando as ferramentas existentes no subsistema ciência.

Evidentemente que os estudos acerca do tema intrusão de vapores é recém-chegado no Brasil, fazendo com que o tema seja mais pesquisado em todas as suas vertentes, tanto técnica quanto legal. Porém, o tema é de extrema importância, visto o alto risco de exposição aos contaminantes que emanam vapores e é imperativo que a regulação na gestão de áreas contaminadas conte com esse aspecto.

Nessa proposição de mudança no CONAMA 420/2009 estão sendo considerados os maiores bens a serem protegidos, que são: a vida e a dignidade humana. Pois como o *caput* do artigo 225 da Carta Magna do Brasil leciona: “*todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público, a coletividade o dever de defende-lo e preservá-lo as presentes e futuras gerações*”.

O Brasil conta com tecnologias para obtenção das informações acerca do modelo conceitual da área contaminada e com intrusão de vapores, porém o Brasil não conta com o projeto propondo as mudanças na Resolução CONAMA 420/2009 frente aos casos de área contaminadas com potencial risco de intrusão de vapores do solo. Valendo destacar que a atividade poluente, seja em quaisquer aspectos, se torna uma violação dos direitos de outrem em respirar ar puro, direito a consumo de água com qualidade e, acima de tudo, o direito de viver em um ambiente equilibrado.

Sendo assim, como consideração final do presente estudo, o **anexo 01**, traz uma minuta com as propostas de inserção de regulação e justificativas para uma fase complementar de investigação de intrusão de vapores do solo oriundos de áreas contaminadas que possam expor populações aos riscos dos seus efeitos adversos, no Brasil.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, Márcio Costa. **Modelos Matemáticos Para Estimar a Intrusão de Vapores**. São Paulo. SENAC. 05 out. 2021. Power Point. 23 slides. color.

ANDRADE, Antonio Carlos. **Sistemas de Avaliação de Prioridades Para Recuperação de Áreas Contaminadas por Resíduos Perigosos**. 1996. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Manual de Direito Ambiental**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2015. 432 p. (ISBN 978-85-97-00151-8).

ARAÚJO, Antônia Angélica Correia de. **O Brasil no Contexto do Gerenciamento das Áreas Contaminadas**: um olhar crítico para as regiões desiguais do país. 2014. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento, Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014. Cap. 5

ARAÚJO, Joyce Maria de *et al.* **Abordagem integrada saúde-ambiente em áreas contaminadas**. In: XXVIII CONGRESO INTERAMERICANO INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL: GESTIÓN INTELIGENTE DE LOS RECURSOS NATURALES CANCÚN: ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS, 2002, 28., 2002, Cancún. **Abordagem integrada saúde-ambiente em áreas contaminadas**. Cancún: Cancún Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Aidis, 2002. p. 1-1.

ARÊAS, Jennifer da Silva; PINHEIRO, Carlos Eduardo Soares Canejo; SANTELL, Ricardo E.; MACHADO, Wilson; BIELSCHOWSKY, Cauê; ROCHA, Rodrigo Tavares da; SOARES, Ricardo. Would the Contaminated Areas of Rio de Janeiro State a Legacy of the Great Acceleration in the Anthropocene? **Revista Virtual de Química**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 775-794, 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200061>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.004: **Classificação dos Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15515.1: **Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1: Avaliação Preliminar**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16209**: Avaliação de Risco à Saúde Humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 40 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16210**: Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 4 p.

BERTOLO, Luiz Antonio. **A física dos Pulmões e Respiração**. 2005. Disponível em: <http://www.bertolo.pro.br/Biofisica/Fluidos/Pulmoes.htm>. Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos do licenciamento ambiental, bem como estabelece os empreendimentos e atividades sujeito ao licenciamento ambiental de acordo com seu potencial poluidor. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 273, de 29 de novembro de 2000. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 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. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. 3 fev 2012.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Lei Complementar n. 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora. Diário Oficial da União. 12 dez. 2011.

BRASIL. Lei n. 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. Brasília.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União. 17 de fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2003. **Institui O Código Civil.** Brasília, DF, 10 jan. 2002.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de novembro de 2010. **Institui A Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera A Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá Outras Providências.** Brasília, DF, 02 nov. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ibama. **Banco de Dados Nacional Sobre Áreas Contaminadas.** 2021. Publicado: Terça, 06 de dezembro de 2016, 15h26 | Última atualização em Quinta, 19 de agosto de 2021, 13h05. Disponível em: <http://ibama.gov.br/residuos/areas-contaminadas/banco-de-dados-nacional-sobre-areas-contaminadas-bdnac>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Brasil e Estados Unidos avançam em cooperação pela Agenda Ambiental Urbana.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-estados-unidos-avancam-em-cooperacao-pela-agenda-ambiental-urbana>. Acesso em: 22 ago. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DO LIVRO, SP, BRASIL, **Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas** [livro eletrônico]: agenda nacional de qualidade ambiental urbana: eixo: áreas contaminadas, Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2020. PDF

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria Nº 038/2017.** São Paulo, 2017. 65 p.

CETESB. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo.** São Paulo: Sipol, 2020. 12 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de Gerenciamento de áreas Contaminadas.** CETESB/GTZ. São Paulo, novembro de 1999, Atualização em outubro de 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de Gerenciamento de áreas Contaminadas.** CETESB/GTZ. São Paulo, novembro de 1999, Atualização em outubro de 2001.

ESPÍRITO SANTO. Assembleia Legislativa. Decreto nº 4,109-R, de 05 de junho de 2017. **Modifica A Estrutura Organizacional Básica e Transforma Cargos de Provimento em Comissão no Âmbito do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Iema.** Espírito Santo, ES, 08 jun. 2017.

Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de áreas contaminadas Estado de Minas Gerais: 2020 / Fundação Estadual do Meio Ambiente. — Belo Horizonte: Feam, 2020. 35 p.: il.

FERREIRA, Renata Marques; LOFRANO, Fábio Cunha; MORITA, Dione Mari. Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação

brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 115-125, jan. 2020. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020168968>.

GOUVÊA JÚNIOR, José Carlos Rocha *et al.* INTRUSÃO DE VAPORES DO SOLO: breve histórico sobre desenvolvimento da tecnologia, cenário brasileiro e avanços recentes. **Holos: Environment**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241-270, 14 nov. 2018. Mensal.53284

GÜNTHER, Wanda M. Risso. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 105-117, 2006.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **INSTRUÇÃO DE NORMATIVA N° 03-N**: Altera dispositivos da Instrução Normativa nº 014/2016. Cariacica: Diário Oficial dos Poderes do Estado, 2019. 1 p.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **IN N 14: INSTRUÇÃO NORMATIVA IEMA Nº. 014-N, DE 07 DE DEZEMBRO DE 2016**. Vitória: Diário Oficial dos Poderes do Estado, 2016.

IPT. Panorama GAC: Mapeamento da Cadeia de gerenciamento de Áreas Contaminadas. 1. ed. São Paulo, 2016. 141 p. Disponível em: <[https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/livros/60panorama_do_setor_de_gerenciamento_de_areas_contaminadas_no_brasil.htm](http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/livros/60panorama_do_setor_de_gerenciamento_de_areas_contaminadas_no_brasil.htm)> Acesso em: 14 de agosto de 2021.

MILARÉ, Édis. **DIREITO DO AMBIENTE**: de acordo com o novo código florestal. 8. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2013. 1614 p. (ISBN 9788520347515).

MILARÉ LANÇAMENTO DA OBRA: **40 Anos da Lei de Política Nacional de Meio Ambiente**, Local: Youtube, 2021. 1 Vídeo (1:58:49). Publicado pelo Migalhas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9XdZ1S0UrXg>. Acesso em 07/09/2021.

MOURA, Antônia Angélica Correia de Araújo; CAFFARO FILHO, Roberto Augusto. **Panorama do gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil após a resolução CONAMA 420/09. Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 202, 10 ago. 2015. Mensal. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v29i2.27972>.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 19. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2011. 1224 p. (ISBN 978-85-392-0058-0).

NEGRÃO, Paulo. **Cenário Regulatório Para Intrusão de Vapores nos EUA**. São Paulo. SENAC. 5 out. 2021. Power Point. 14 slides. color.

NEW YORK STATE DEPARTMENT OF HEALTH (NYSDOH). Love Canal: A Special Report to the Governor & Legislature. Nova Iorque, maio de 2000. Última Revisão em outubro de 2005. Disponível em https://www.health.ny.gov/environmental/investigations/love_canal/lcreport.htm. Acesso em 12/08/2021.

RIO DE JANEIRO. Inea. Serviço de Licenciamento de Áreas Contaminadas. **Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018. 14 p.

RÔMULO SAMPAIO, 1., 2013, Rio de Janeiro. **Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Fgv, 2013. 181 p. CD-ROM

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. [S.l: s.n.], 2001.

SÁNCHEZ, L.E. Revitalização de áreas contaminadas. In: MOERI, E.; COELHO, R.; MARKER, A. (Ed.). **Remediação e revitalização de áreas contaminadas**. São Paulo: Signus Editora, 2004. p. 79-90.

SÃO PAULO. **Decisão de Diretoria n 38/2017**. 127. ed. São Paulo, SP, 10 fev. 2021. p. 1-65.

SANT'ANNA, Walquer Vinicios Preste. **GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA 420/2009 E ETAPAS COMPLEMENTARES PARA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS RELACIONADOS À INTRUSÃO DE VAPORES DO SOLO**: o exemplo do caso Volta Grande. 2016. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Fundação Oswaldo Aranha, Volta Redonda, 2016. Cap. 8.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa. **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. São Paulo, SP, 05 jun. 2013.

SÃO PAULO. **Lei Nº 13.577, de 08 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. São Paulo, SP, 08 jul. 2009.

SATO, Rafael. **Intrusão de Vapores**: Ferramentas de Investigação. São Paulo. SENAC. 5 out. 2021. Power Point. 54 slides. color.

SILVA, Renan Finamore Gomes da. **Gestão de Áreas Contaminadas e Conflitos**: o caso da cidade dos meninos. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Cap. 5.

UNITED STATES, ITRC. 2007. Vapor Intrusion Pathway: Investigative Approaches for Typical Scenarios. VI-1A. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Vapor Intrusion Team. Disponível em www.itrcweb.org. Acesso em 01/09/2021.

UNITED STATES, EPA (Environmental Protection Agency). 1999. Cost Estimating Tools and Resources for Addressing Sites under the Brownfields Initiative. EPA/625/R-99/001. Cincinnati, 33 p.

WEST, John B. **Fisiologia Respiratória**: princípios básicos. 9. ed. La Rolla: Artmed, 2013. (ISBN 9788565852791). Disponível em: <https://statics-submarino.b2w.io/sherlock/books/firstChapter/113957431.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ANEXO I

PROJETO DE RESOLUÇÃO CONAMA

Dispõe sobre uma nova fase de estudo complementar de intrusão de vapores do solo, alterando e acrescentando dispositivos à Resolução CONAMA 420/2009 e dá outras providências.

Artigo 1º - Esta norma trata da criação de mecanismos complementares para alteração na resolução CONAMA 420/2009 frente a áreas contaminadas com intrusão de vapores do solo.

Artigo 2º - O artigo 23 da resolução CONAMA 420/2009 passa a ter a seguinte redação:

Art. 23. Para o gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão, que contemplem as seguintes etapas, conforme ilustrado no Anexo III:

I - Identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, às expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

- a. Havendo identificação de risco de migração de voláteis em ambientes abertos, confinados e/ou semiconfinados, deverá ser apresentada uma Investigação Complementar de Vapores do Solo e Análise de Risco à Saúde Humana.
- b. Medidas de intervenção ou de engenharia para o confinamento das fontes de contaminação geradoras de vapores tóxicos somente serão admissíveis com a comprovação da impossibilidade técnica de eliminação ou redução.

II - Diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, às expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação.

III - Intervenção: etapa de execução de ações de controle e medidas de engenharia para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de Avaliação Preliminar e elaboração do Modelo Conceitual de Exposição Local, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

Artigo 3º - Esta Resolução entra em vigor na da data de sua publicação.

JUSTIFICATIVA

As áreas contaminadas com risco de intrusão de vapores do solo têm sido amplamente identificadas, devido ao aumento da fiscalização por parte do poder público. Por conseguinte, há um aumento de identificação de população exposta aos riscos de intrusão de vapores do solo.

A Lei 6.938/1981, prevê que compete ao CONAMA estabelecer valores e critérios orientadores, que visem a redução dos danos ambientais. Essa mesma lei também prevê que independente da culpa, é o poluidor obrigado a indenizar e reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados por sua atividade.

A Carta Magna do Brasil fez recepção a essa lei, no *caput* do artigo 225 prevendo que todos têm direito a um meio ambiente equilibrado, de uso comum e essencial à garantia da vida, visando assim a garantia fundamental à preservação da dignidade e vida humana.

Pensando na exposição aos riscos associados à uma área contaminada com risco de intrusão de vapores, está em pleito, propor a mudança na resolução CONAMA 420/2009, para que se tenha inclusa uma fase complementar de investigação de vapores do solo e análise de risco à saúde humana e a realização da reparação integral do dano.

ANEXO II

Resíduo Sólido

Por definição, segundo a Agência Brasileira de Normas Técnicas os resíduos sólidos ou semissólidos são resíduos que resultam de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Também são os lodos de estação de tratamentos

de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, como determinados líquidos, caso tornem inviáveis o seu lançamento em rede pública de esgotos ou corpos hídricos, ou que exijam soluções técnicas viáveis economicamente (ABNT 10004/2004 p. 01). Para a Lei nº 12.308/2010 (art. 3º, inc. XVI), que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), entende-se por resíduo sólidos o “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Nesse cenário, anteriormente à edição da resolução CONAMA 420, vários tipos de resíduos sólidos ou semissólidos e lodos de estação de tratamento de água ou esgoto foram irregularmente enterrados, gerando áreas contaminadas principalmente com a crescente industrialização do Brasil nos anos 50 e com o crescimento urbano (Günther, 2006).

A indústria tem destaque por ser uma das principais fontes de contaminações do solo, devido aos tipos de operações, a variedade de substâncias químicas e pelos subprodutos perigosos gerados em seus processos produtivos (Günther, 2006).

Periculosidade de um Resíduo

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) conceitua periculosidade de um resíduo como a “característica apresentada por um resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto contagiosas, podendo apresentar:

- i) Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- ii) Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada” (ABNT NBR 10.004, 2004).

A Lei nº 12.305/2010 (PNRS) diz que resíduos perigosos são “aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica” (art. 13, II, “a”).

A resolução CONAMA 420/2009, define perigo como sendo a situação em que estejam ameaçadas a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou sem controle (CONAMA 420, 2009).

Toxicidade

Segundo a Agência Brasileira de Normas Técnicas, toxicidade pode ser definido pela propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo (ABNT NBR 10.004, 2004).

Agente Carcinogênico

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, o agente carcinogênico pode ser definido como substância, mistura, agentes físico ou biológico cuja inalação, ingestão e absorção cutânea possa desenvolver câncer ou aumentar sua frequência. O câncer é resultado de processo anormal, não controlado da diferenciação e proliferação celular, podendo ser iniciado por alteração mutacional (ABNT NBR 10.004, 2004).

Classificação de Resíduos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT 10004/2004 p. 01).

Área Contaminada

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, Área Contaminada é uma localidade onde as concentrações de substâncias químicas de interesse estão acima de um valor de referência vigente na região, no país ou, na ausência desse, aquele que de maneira

intencional é aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente. (ABNT NBR 15515-1, 2007).

Segundo a resolução do CONAMA, contaminação é a presença de substâncias químicas no ar, na água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou futuro, definidos com base na avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico (CONAMA 420, 2009).

Por sua vez, Günther (2006), define área contaminada como a expressão do uso e ocupação do solo, marcada pelo modelo de urbanização e industrialização adotado. A revitalização dessas áreas pressupõe a integração das políticas públicas de ambiente, saúde e desenvolvimento urbano, sustentáveis e participativos, visando à sua reutilização segura desses passivos ambientais e sua reintegração ao meio urbano.

A Lei nº 12.305/2010 (PNRS) diz que área contaminada “é o local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos” (art. 3º, II).

Para a Lei Estadual nº 13.577/2009 (SP), área Contaminada é a “área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger” (art. 3º, II).

Gerenciamento de Áreas Contaminadas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas conceitua o gerenciamento das áreas contaminadas como o conjunto de medidas adotadas com o intuito de minimizar o risco à população e ao meio ambiente proveniente de áreas contaminadas. Tais medidas proporcionam os instrumentos necessários à caracterização da área contaminada e a tomada de decisão quanto as formas de intervenção mais adequadas (ABNT NBR 16209,2013).

Para o Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP) o gerenciamento de área contaminada pode ser caracterizado pelas medidas de intervenção, que se define como sendo o “conjunto de ações adotadas visando à eliminação ou redução dos riscos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, decorrentes de uma exposição aos contaminantes presentes em uma área contaminada, consistindo da aplicação medidas de remediação, controle institucional e de engenharia” (art. 3º, XXV).

Área Contaminada sob Investigação

A Associação Brasileira de normas Técnicas conceitua como área contaminada sob investigação a área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde haja comprovadamente contaminação, identificada na avaliação preliminar ou constada na investigação confirmatória, na qual estão sendo realizados procedimentos para determinar a extensão da contaminação e identificar a existência de possíveis receptores, bem como para verificar se há risco à saúde humana. A área também será classificada como área contaminada sob intervenção (AI), caso seja constatada a presença de contaminantes (por exemplo, combustível em fase livre), ou quando houver constatação da presença de substâncias, condições ou situações que, de acordo com os parâmetros específicos, possam representar perigo (ABNT NBR 16209,2013).

Por seu lado o Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP) estabelece que Área Contaminada sob Investigação (ACI) é a “área onde foram constatadas por meio de investigação confirmatória concentrações de contaminantes que colocam, ou podem colocar, em risco os bens a proteger”.

Monitoramento

O CONAMA objetiva o monitoramento como a medição ou verificação, que pode ser contínua ou periódica, para acompanhamento da condição de qualidade de um meio ou das suas características (CONAMA 420, 2009).

Passivo Ambiental

Segundo a Agência Brasileira de Normas Técnicas, por definição, passivo ambiental são os danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, podendo ou não ser avaliados economicamente (ABNT NBR 15515-1, 2007).

Conforme SÁNCHEZ (2004), a contaminação do solo em função de atividades industriais e ou lançamento de resíduos sólidos e voláteis ou líquidos no meio, é uma evidência de passivo ambiental.

Em um primeiro momento, o termo passivo ambiental foi muito utilizado pelos setores contábeis das entidades organizacionais, representando o valor monetário em dispêndio para a realização da reparação dos danos ambientais (SÁNCHEZ, 2001).

Atualmente o termo passivo ambiental é utilizado também para descrição do acúmulo de danos ambientais, incluindo os custos estimados para possíveis reparações nos balanços

financeiros e nas avaliações de viabilidade econômica de novos projetos (SÁNCHEZ, 2001). Ainda segundo SÁNCHEZ (2001), esse conceito de passivos ganhou notoriedade quando os custos estimados em reparações passaram a ser considerados no cálculo do valor de empreendimentos para efeito de venda.

Dessa forma, SÁNCHEZ (2001), descreve passivo ambiental como o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados, para que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado sítio.

Pluma de Contaminação

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, pluma de contaminação é a extensão da contaminação em um determinado compartimento do meio físico, tais como água subterrânea, água superficial, sedimento, ar e solo.

Ações de Emergência

A Associação Brasileira de Normas Técnicas conceitua ações de emergência como sendo as ações necessárias para eliminação ou redução do risco (como ventilação de áreas confinadas e evacuação de prédios) (ABNT NBR 16209, 2013).

O Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP), conceitua como medidas emergenciais como sendo “o conjunto de ações destinadas à eliminação do perigo, a serem executadas durante qualquer uma das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas.

Ações de Remediação

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ações de remediação “são projetos que visam incentivarativamente a redução de concentrações das substâncias químicas de interesse, seja na fonte ou nos locais de exposição até concentrações e metas calculadas com base na quantificação dos riscos” (ABNT NBR 16209, 2013).

Para o Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP) medidas de remediação “é o conjunto de técnicas aplicadas em áreas contaminadas, divididas em técnicas de tratamento, quando destinadas à remoção ou redução de massa de contaminantes, e técnicas de contenção ou isolamento, quando destinadas à prevenir sua migração”.

Por sua parte o CONAMA define remediação como “sendo uma das ações de intervenção para reabilitação de área contaminada, que consiste em aplicação de técnicas, visando a

remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes” (CONAMA 420, 2009).

Modelo Conceitual

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define modelo conceitual como uma síntese das informações relativas a uma área em estudo, atualizada na conclusão de cada etapa de trabalho. A elaboração do modelo conceitual pode ser realizada a partir de textos explicativos compilados e organizados, bem como, a elaboração de figura tridimensional representando o mais próximo ao cenário estudado (ABNT NBR 16210, 2012).

Avaliação de Risco

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a avaliação de risco é uma etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, por meio da qual determina-se qualitativa ou quantitativamente as chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes dos efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a áreas contaminadas por substâncias perigosas (ABNT NBR 16210,2013).

Por sua vez a resolução CONAMA 420/2009, define avaliação de risco sendo o processo pelo qual são identificados, avaliados, e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido (CONAMA 420, 2009).

Para o Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP) avaliação de risco “é o processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger”.

Bens a Proteger

A resolução CONAMA 420/2009, define como Bens a Proteger, 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 infraestrutura da ordenação territorial e planejamento regional e urbano; a segurança e ordem pública (CONAMA 420, 2009).

Cenário de Exposição Padronizado

A resolução CONAMA 420 (2009), define o Cenário de Exposição como sendo a padronização do de variáveis relativas à liberação das substâncias químicas de interesse, a partir de uma fonte de contaminação; aos caminhos de exposição e às vias de ingresso no receptor considerado, para derivar os valores de investigação em função dos diferentes usos do solo (CONAMA, 420,2009).

Para o Decreto nº 59.263/2013, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.577/2010 (SP) cenário de exposição é o “conjunto de variáveis sobre o meio físico e a saúde humana estabelecidas para avaliar os riscos associados à exposição dos indivíduos a determinadas condições e em determinado período de tempo”.

Ingresso

Segundo a associação Brasileira de Normas Técnicas, o ingresso é fração do composto químico que está na interface de contato com organismo exposto (pele, pulmões e intestino) e disponível para absorção, por unidade de tempo (ABNT NBR 16210, 2013).

Ingresso Diário Tolerável

A resolução CONAMA 420 (2009), define ingresso diário tolerável como sendo o aporte diário tolerável a seres humanos de uma substância presente no ar, na água, no solo ou em alimentos ao longo da vida, sem efeito deletério comprovado à saúde humana (CONAMA 420, 2009).

Exposição

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define exposição sendo o contato de um organismo com uma substância química ou agente físico (ABNT NBR 16210, 2013).

Receptor

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, receptor é um organismo, comunidade, *habitat* sensível ou ecossistema que esteja exposto direta ou indiretamente a um ou mais compostos químicos associados a um evento de contaminação ambiental (ABNT NBR 16210, 2013).

Risco à Saúde

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, o risco à saúde é a probabilidade de ocorrência de câncer em um determinado receptor exposto a contaminantes presentes em uma área contaminada ou possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a substâncias não carcinogênicas (ABNT NBR 16209, 2013).

Segundo Câmara (2002), os riscos à saúde vindo de áreas contaminadas perfila novas doenças, as crônico degenerativas e o câncer, em razão da exposição à compostos químicos voláteis perigosos (apud GUNTHER, 2006).

Não obstante, para Günther (2006), o tempo de exposição e a concentração dos contaminantes são fatores determinantes na determinação do risco à saúde humana. Nesse sentido, há muitos receptores que vivem e trabalham ou permanecem expostos por tempo prolongado aos riscos causados por Área Contaminada.

A análise de risco à saúde humana deve ser destacada como principal ferramenta para a indicação dos danos à saúde e, de acordo com os resultados, tomam-se as ações de gerenciamento mais assertivas, com a principal finalidade de quantificar e ou prevenir os danos (Günther, 2006, p. 111).

Risco Carcinogênico

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define risco carcinogênico como a probabilidade de ocorrência adicional de câncer em função de exposição associada a uma contaminação ambiental, considerando a SQI e o caminho de exposição avaliado (ABNT NBR 16210, 2013).

Essa associação objetiva a avaliação da exposição em determinar o tipo, a magnitude e a frequência da exposição humana às SQI's que estão presentes no meio físico, associados a um dado evento de exposição atual ou futuro. Um evento de exposição de um receptor a uma SQI pode se estender por período (horas, dias, anos) ou ser um evento isolado. Sendo que a exposição pode ser direta ou indireta.

A forma direta ocorre quando o receptor está diretamente em contato com o compartimento do meio físico contaminado ou com a fonte primária de contaminação. A forma indireta se dá quando as SQI's atingem o receptor através de outros compartimentos que não seja o meio físico contaminado (ABNT NBR 16210, 2013).

Neste sentido, na avaliação da eficiência da resolução CONAMA 420, verifica-se que o dispositivo legal gera alto grau de incertezas quanto a avaliação de exposição ao risco de forma indireta, no caso de áreas contaminadas com problemas de intrusão vapores do solo por não haver a obrigatoriedade de estudo complementar pra analisar a real situação para elaboração do modelo conceitual, tomadas de decisões quanto ao uso futuro da área e redução do grau de incertezas associadas ao potencial de intrusão de vapores do solo.

Por sua vez, segundo a ABNT NBR 16210 (2013), “o desenvolvimento da avaliação de exposição proporciona a definição dos cenários de exposição e a quantificação do ingresso, possibilitando a atualização do modelo conceitual no que se refere à exposição. Então, a etapa de avaliação de exposição é dividida em dois passos:

- I) Caracterização dos cenários de exposição;
- II) Quantificação do ingresso.” (ABNT NBR 16210, 2013).

Vias de Ingresso

A Associação Brasileira de Normas Técnicas conceitua via de ingresso como sendo a maneira pela qual a substância(s) química(s) de interesse entra(m) em contato com um organismo (por exemplo, ingestão, inalação e contato dérmico) (ABNT NBR 16209, 2013).

Essa associação conceitua as vias de ingresso como sendo as Substâncias Químicas de Interesse que podem ingressar no organismo dos receptores expostos para todos os caminhos de exposição considerados, que são a seguir:

- I) Ingestão de contaminantes presentes na água subterrânea, água superficial, solo e alimento;
- II) Inalação de contaminantes presentes no ar, incluindo vapores emitidos a partir da água subterrânea, água superficial, solo superficial e solo subsuperficial;
- III) Contato dérmico com contaminantes presentes na água subterrânea, água superficial e solo. (ABNT NBR 16210, 2013)