



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e
classificação de áreas contaminadas**

JULIANA DOS SANTOS LINO

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientador:

Prof. Dr. Delvonei Alves de Andrade

São Paulo

2022

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e
classificação de áreas contaminadas**

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

JULIANA DOS SANTOS LINO

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientador:

Prof. Dr. Delvonei Alves de Andrade

São Paulo

2022

Fonte de Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo número 88887.482708/2020-00.

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

Como citar:

LINO, J. d. S. . ***Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e classificação de áreas contaminadas***. 2022. 221 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lino, Juliana dos Santos

Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e classificação de áreas contaminadas / Juliana dos Santos Lino; orientador Delvonei Alves de Andrade. - São Paulo, 2022.

221 f.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Materiais) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2022.

1. Áreas contaminadas. 2. Indicadores de sustentabilidade. 3. Desenvolvimento Sustentável. 4. Uso e ocupação do solo. I. Alves de Andrade, Delvonei, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: JULIANA DOS SANTOS LINO

Título: Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e classificação de áreas contaminadas

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Tecnologia Nuclear - Materiais.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Sandra Regina Mattiolo

Instituição: CTMSP

Julgamento: _____

Prof^a. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira

Instituição: IPEN/USP

Julgamento: _____

Prof^a. Dra Rúbia Gomes Morato

Instituição: FFLCH/USP

Julgamento: _____

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu esposo André, pelo apoio, incentivos imensuráveis e por sempre acreditar em mim durante essa jornada, e aos meus filhos Lucas e Carlos, que são a luz que ilumina os meus dias.

Agradecimentos

A Deus, pela oportunidade de evoluir e aprender.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Aquino (*in memoriam*), por acreditar no meu projeto e no meu potencial para desenvolvê-lo, enxergando muito além do que eu mesma pude ver, me orientando, motivando e incentivando em todos os passos dessa jornada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Delvonei Alves de Andrade, pelas orientações, disponibilidade e pelo apoio, que possibilitaram que eu concluísse esse trabalho, e pela atuação como presidente da comissão julgadora.

A Prof^a. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira do IPEN, que me ensinou a valorizar a minha pesquisa, pelas orientações sobre metodologia da pesquisa científica e pela participação como examinadora da comissão julgadora de defesa.

A Dra. Sandra Regina Mattiolo, pelo acompanhamento e participações nos processos avaliativos, pelas relevantes contribuições e pela disponibilidade em participar como examinadora da comissão julgadora de defesa.

A Prof^a. Dra. Rúbia Gomes Morato, que contribuiu enormemente no desenvolvimento da minha habilidade de análise de dados ambientais, por meio da oferta da disciplina Análise e Interpretação de Dados Ambientais e Urbanos e pela participação como examinadora da comissão julgadora de defesa.

A Prof^a. Dra Nilce Ortiz, que ofereceu uma importante contribuição ao desenvolvimento desta pesquisa, por meio da oferta da disciplina Avaliação e Gerenciamento de Risco Ambiental e pelo aceite ao convite de examinadora da comissão julgadora de defesa como membro suplente.

Ao Prof^o. Dr. Ednilson Viana, pelo aceite ao convite de examinador da comissão julgadora de defesa como membro suplente.

A Prof^a. Dra. Felícia Del Gallo Rocha, pelo aceite ao convite de examinadora da comissão julgadora de defesa como membro suplente.

Agradeço as professoras doutoras Adelaide Cassia Nardocci e Kelly Polido Kaneshiro Olympio, por trazerem uma nova perspectiva ao meu tema de pesquisa, por meio dos aspectos relacionados a Saúde Pública.

A toda equipe da Secretaria da Pós-graduação do IPEN, em especial a Bruna Roque da Silva, por sempre fornecer as informações, prontamente, acerca de todas as etapas do curso.

Agradeço a toda equipe da agência ambiental de Pinheiros (CETESB), a Maria Cecília e ao Roberto, por me receberem inúmeras vezes, disponibilizando espaço e tempo para que as vistas aos processos pudessem ser realizadas, em especial ao Claudemiro, que me recebia e separava os inúmeros volumes dos processos. Agradeço ainda a Sônia e a Neusa, do departamento de áreas contaminadas da CETESB, por me receber para as vistas aos processos que estavam nesse departamento e ao Elton Gloeden, que autorizou as visitas ao setor.

Agradeço aos amigos que adquiri durante essa jornada e que tornaram meus dias mais alegres, em especial Agnaldo Ribeiro de Vasconcellos e Luzia Matos de Souza pela companhia nas disciplinas cursadas e pela troca de ideias, Jéssica Taeko Sanches Kohara de Angeli, pela companhia, amizade e pelo apoio e a colega de orientação e amiga Elaine Aparecida Rodrigues, pelos momentos compartilhados, trocas de ideias e experiências.

A Katia Mazzei, pela valiosa aula de introdução ao uso da ferramenta ArcGIS.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por fornecer os recursos necessários ao desenvolvimento desta pesquisa, por meio do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), processo 88887.482708/2020-00.

“Esse é o grande mistério das cidades: elas crescem e se modificam, guardando, porém, sua alma profunda apesar das transformações do seu conteúdo demográfico, econômico e da diversificação de suas pedras.”

Milton Santos

RESUMO

LINO, J. d. S. . ***Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade ambiental para análise e classificação de áreas contaminadas***. 2022. 221 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo.

A contaminação do meio ambiente é um desafio para maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, permeando as áreas de planejamento urbano, saúde pública e disponibilidade de recursos naturais. Inseridas nessa temática, estão as áreas contaminadas, uma questão crítica a ser discutida nas metrópoles. Áreas que abrigaram atividades industriais, postos de gasolina e locais de disposição irregular de resíduos, podem ter a presença de substâncias tóxicas no solo, no subsolo e nas águas subterrâneas. Desta forma, podem apresentar riscos e dificuldades aos processos de mudança de uso e ocupação do solo, fenômeno frequente na dinâmica das sociedades. É essencial criar ferramentas para enfrentar esses desafios, objetivando alcançar um planejamento urbano sustentável, promovendo cidades e comunidades sustentáveis. Neste trabalho, foi desenvolvida uma análise, para avaliar a distribuição das áreas contaminadas, aplicado ao município de São Paulo, e um indicador de sustentabilidade ambiental, a fim de efetuar uma classificação para áreas, de forma individualizada. A análise permitiu identificar qual o distrito com o maior número de áreas e que, a ausência de áreas contaminadas, ocorre em apenas em um distrito do município de São Paulo, o distrito de Marsilac. No decorrer desta análise foi elaborado, ainda, um indicador de áreas contaminadas (IAC) que permitiu mensurar a densidade, adotando a unidade territorial distrito. A classificação, realizada com o desenvolvimento de um indicador de sustentabilidade ambiental, de primeira geração, denominado Índice de Contaminação Ambiental (ICA), resultou em quatro classes distintas, indicando nível baixo, moderado, alto e elevado para a contaminação ambiental, existente em uma determinada área.

Palavras-chave: áreas contaminadas; indicadores de sustentabilidade; desenvolvimento sustentável; uso e ocupação do solo

ABSTRACT

LINO, J. d. S. . *Development of an environmental sustainability index for analysis and classification of contaminated land*. 2022. 221p. Thesis (Doctorate degree in Nuclear Technology) – Nuclear and Energetic Research Institute – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

The contamination of the environment is a challenge for most developed and developing countries, permeating the fields of urban planning, public health, and availability of natural resources. Inserted in this theme are contaminated land, a critical issue to be discussed in metropolises. Formed sites that have housed industrial activities, gas stations, and sites of irregular waste disposal, may have the presence of toxic substances in the soil, subsoil, and groundwater. As a consequence, they can present risks and difficulties to the processes of land use and occupation change, a frequent phenomenon in the dynamics of societies. It is essential to create tools to address these challenges to achieve sustainable urban planning, promoting equally sustainable cities and communities. In this work, an analysis was developed to evaluate the distribution of contaminated land, applied to the city of São Paulo, and an environmental sustainability indicator, to make a classification for sites, separately. The analysis allowed us to identify which district has the largest number of areas with this problem and that the absence of contaminated land occurs in only one district of the city of São Paulo, the Marsilac district. During this analysis, a contaminated land indicator (CLI) was also developed to measure the density, using the territorial unit district. The classification, carried out with the development of a first-generation environmental sustainability indicator, called the Environmental Contamination Index (ECI), resulted in four distinct classes, indicating low, moderate, high, and very high levels of environmental contamination existing in a given area.

Keywords: contaminated land; sustainable indicators; sustainable development; land use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Rua Conego Vicente Miguel Marinho nos anos de 2000 e 2018	26
Figura 2 Macrozonas	42
Figura 3 Macroáreas	43
Figura 4 <i>Brownfield</i>	48
Figura 5 Diagrama de Degradação Ambiental.....	50
Figura 6 Cenários de Exposição	55
Figura 7 Medidas de intervenção adotadas na Praça Victor Civita.....	58
Figura 8 Procedimentos do GAC para classificação de áreas contaminadas e potencialmente contaminadas	59
Figura 9 Procedimentos do GAC para classificação de áreas contaminadas e reabilitadas	60
Figura 10 Modelo Conceitual	64
Figura 11 Fases da Avaliação de Risco Ecológico	67
Figura 12 Fases da Avaliação de Risco à Saúde Humana.....	67
Figura 13 Gerenciamento de risco	69
Figura 14 Estimativa de áreas contaminadas no Brasil	75
Figura 15 Regiões prioritárias para a realização de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória	81
Figura 16 Áreas contaminadas bairro Vila Carioca.....	82
Figura 17 Antiga área da Indústria Química Matarazzo	82
Figura 18 Mapa das áreas contaminadas e reabilitadas distrito da Lapa	83
Figura 19 Modelo A-B-C.....	90
Figura 20 Indicador Sintético de Cobertura Vegetal	106
Figura 21 Fluxograma das etapas do trabalho	110
Figura 22 Fluxograma da etapa 2	116
Figura 23 Atividades poluidoras nos cinco distritos	124
Figura 24 Atividade poluidora por distrito	134
Figura 25 Áreas Contaminadas no distrito Santo Amaro em 2017	136
Figura 26 Áreas Contaminadas no distrito Cambuci em 2017	137
Figura 27 Áreas contaminadas e reabilitadas do município de São Paulo 2017	138

Figura 28 Mapa de áreas contaminadas no município de São Paulo por distritos	144
Figura 29 Indicador de Áreas Contaminadas aplicado ao município de São Paulo	145
Figura 30 Densidade das áreas potencialmente contaminadas da União Europeia	147
Figura 31 Atividade origem da contaminação.....	154
Figura 32 Matrizes ambientais afetadas e áreas com restrições ao uso de água subterrânea.....	160
Figura 33 Imagem de satélite das áreas 11 e 17.....	161
Figura 34 Imagem de satélite da área 18, 42 e 46	162
Figura 35 Áreas de Estudo com identificação das ACs	163
Figura 36 Fluxograma do processo de elaboração do índice	166
Figura 37 Sistema de pontuação CETESB	171
Figura 38 Visualização do ICA aplicado ao conjunto de dados	184
Figura 39 Relações das ACs.....	194

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Zoneamento do município de São Paulo	44
Quadro 2 Definições CONAMA 420/09	53
Quadro 3 Classificação do Solos CONAMA 420/09	55
Quadro 4 Conceitos GAC.....	56
Quadro 5 Classificação das áreas contaminadas conforme Decreto estadual nº 59.263/2013.....	61
Quadro 6 Modelo Conceitual.....	63
Quadro 7 Dados sobre as áreas contaminadas	72
Quadro 8 Áreas Contaminadas no Brasil em 2016.....	73
Quadro 9 Exemplos de atributos empregados por categoria	89
Quadro 10 Atributos da classificação do método NCSCS	93
Quadro 11 Classes NCSCS	93
Quadro 12 Princípio de Bellagio.....	100
Quadro 13 Critérios de Gibson.....	103
Quadro 14 Dados coletados.....	115
Quadro 15 Dados dos 5 distritos	122
Quadro 16 Informações dos distritos e resultado do IAC	139
Quadro 17 Índices de Qualidade da Água.....	148
Quadro 18 Indicadores ACs ObservaSampa.....	151
Quadro 19 Resumo das informações do conjunto de dados	154
Quadro 20 Variáveis utilizadas.....	164
Quadro 21 Comparação das variáveis com outras classificações e ou indicadores	169
Quadro 22 Resultados das variáveis do ICS parte 1	173
Quadro 23 Resultados das variáveis para o ICS parte 2	176
Quadro 24 Resultados das variáveis do IMA.....	178
Quadro 25 Resultados das variáveis do ICAS.....	180
Quadro 26 Indicadores e Índices calculados	181
Quadro 27 Bases de dados consultadas.....	185
Quadro 28 ODS impactados pelas ACs	192

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 Cálculo do score de risco	89
Equação 2 Cálculo do IAC	113
Equação 3 Cálculo do Indicador de Concentração da Substância	167
Equação 4 Cálculo do Indicador de Matrizes Ambientais Afetadas	167
Equação 5 Cálculo do Indicador de Comportamento Ambiental da Substância	167
Equação 6 Cálculo dos Índice de Contaminação Ambiental.....	167
Equação 7 Normalização min-max.....	168

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas no estado de São Paulo	77
Gráfico 2 Evolução das áreas contaminadas e reabilitadas no município de São Paulo	78
Gráfico 3 Série histórica das áreas contaminadas no município de São Paulo de 2002 a 2020.....	118
Gráfico 4 Comparativo da evolução das Áreas Contaminadas oriundas da Indústria e Postos de Combustíveis dos anos 2002 a 2020	119
Gráfico 5 Matrizes ambientais afetadas	125
Gráfico 6 Grupos de contaminantes encontrados	127
Gráfico 7 Tipo de Remediação adotada.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

AAE – Agência Ambiental Europeia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC crítica – Área Contaminada Crítica

ACI – Área Contaminada sob Investigação

ACRe – Área Contaminada em Processo de Remediação

ACRi – Área Contaminada com Risco Confirmado

ACRu – Área Contaminada em Processo de Reutilização

ACs – Áreas Contaminadas

AME – Área em Processo de Monitoramento para Encerramento

AP – Área com Potencial de Contaminação

AR – Área Reabilitada para o Uso Declarado

AS – Área Suspeita de Contaminação

BDNAC – Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas

BRBAC – Banco de Referências Básicas para Vigilância Sanitária em Áreas Contaminadas

CABERNET – *Concerted Action on Brownfields and Economic Regeneration*

CERCLA – *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act*

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CMMD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD)

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

Cf – *Contamination fator*

CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

CSM – *Conceptual Site Model*

CVS – Centro de Vigilância Sanitária

DDT – Diclorodifeniltricloroetano

DS – Desenvolvimento Sustentável

EIONET – *European Environment Information and Observation Network*

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

GAC – Gerenciamento de Áreas contaminadas

GTAC – Grupo Técnico Permanente de Áreas Contaminadas

HCHs – Hexaclorociclohexanos

HRS - *Hazardous Ranking System*

IAC – Indicador de Áreas Contaminadas

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICAS - Indicador de Comportamento Ambiental da Substância

ICA – Índice de Contaminação Ambiental

ICS – Indicador de Concentração Substância

IMA – Indicador de Matrizes Ambientais Afetadas

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

JRC – *Joint Research Centre*

MCDA – *Multi Criteria Decision Analysis*

NBR – Norma Brasileira

NCSCS – *National Classification System for Contaminated Sites*

NPL – *National Priorities List*

ObservaSampa – Observatório de Indicadores da Cidade de São Paulo

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial de Saúde

PAMs – Passivos Ambientais Mineiros

PAH – *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*

PCB – *Polychlorinated Biphenyls*

PDE – Plano Diretor Estratégico

PEIR – Pressão, Estado, Impacto e Resposta

PI – *Single Pollution Index*

Plsum – *Sum fo contamination*

PLI – *Pollution Load Index*

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes

PROSICO – Programa de Gestão Integral de Sítios Contaminados

PSR – Pressão, Estado, Resposta

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SPR – São Paulo *Railway Company*

SVMA – Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

TIMBRE – *Tailored Improvement of Brownfield Regeneration in Europe*

TPH - *Total Petroleum Hydrocarbon*

UE – União Europeia

USEPA – United States Environmental Protection Agency

VI – Valores de Investigação

VP – Valores de Prevenção

VRQ – Valores de Referência de Qualidade

ZEU – Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana

ZEUa – Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Breve histórico	20
1.2 A importância do problema levantado	23
1.3 Razões principais que levaram a autora a realizar a pesquisa.....	24
1.4 Informações sobre o alcance da pesquisa e delimitação do assunto 27	
1.5 Relação do trabalho com outros similares	28
1.6 Estrutura da tese	29
1.7 Objetivos	30
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	31
2.1 Políticas de uso e ocupação do solo	35
2.1.1 Políticas Públicas em âmbito federal	36
2.1.2 Plano Diretor do município de São Paulo	39
2.2 <i>Brownfields</i>, Áreas contaminadas e Áreas Degradadas	46
2.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas	51
2.3.1 Etapas do GAC	56
2.3.2 Ferramentas empregadas no GAC	62
2.4 Inventários de Áreas Contaminadas.....	69
2.4.1 As áreas contaminadas na América Latina	71
2.4.2 A realidade brasileira	71
2.4.3 Áreas Contaminadas no estado de São Paulo.....	76
2.4.4 Áreas Contaminadas no município de São Paulo	78
2.5 Revitalização de áreas contaminadas	83
2.6 Sistemas de Classificação de Áreas Contaminadas	87
2.6.1 <i>Hazardous Ranking System</i> - USEPA	88
2.6.2 Classificação CABERNET	89
2.6.3 Classificação TIMBRE.....	91
2.6.4 <i>National Classification System for Contaminated Sites</i>	92
2.6.5 Classificação do Centro de Vigilância Sanitária do estado de São Paulo	94
2.7 Desenvolvimento Sustentável e os ODS	95

2.7.1 Indicadores de Sustentabilidade.....	98
2.7.2 Princípios e critérios de sustentabilidade na elaboração de indicadores	100
2.7.3 Indicadores ambientais	104
3 METODOLOGIA.....	108
3.1 Coleta, análise e espacialização de dados sobre as áreas.....	110
3.1.1 Análise da evolução das áreas contaminadas	110
3.1.2 Levantamento de dados de 5 distritos de São Paulo	111
3.1.3 Espacialização dos dados consolidados da CETESB e elaboração do Indicador de Áreas Contaminadas	112
3.1.4 Definição do distrito para coleta de dados detalhados e levantamento das ACs	113
3.1.5 Vistas aos processos selecionados	114
3.2 Elaboração de uma metodologia baseada em indicadores, para classificação e aplicação aos dados coletados	115
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	118
4.1 Estudo dos 5 distritos	122
4.1.1 Poluentes encontrados.....	127
4.1.2 Processos de remediação aplicados	131
4.1.3 Análise dos resultados da origem da contaminação	134
4.2 Espacialização dos dados e elaboração do IAC	137
4.3 Conjunto de dados dos processos vistos	153
4.4 Elaboração do Índice de Contaminação Ambiental para classificação das áreas contaminadas	164
4.4.1 Cálculos dos indicadores para formulação do índice	167
4.4.2 Normalização dos dados	167
4.4.3 Categorização dos dados	168
4.4.4 Relação das variáveis com classificações e indicadores existentes	168
4.5 Aplicação da metodologia ao conjunto de dados	173
4.5.1 Análise dos parâmetros e das variáveis adotadas	185
4.5.2 Análise da aplicação do ICA ao conjunto de dados.....	188
CONCLUSÕES.....	196
REFERÊNCIAS	200

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2015, aproximadamente 4 bilhões de pessoas – 54% da população mundial – viviam em cidades. Esse número deverá atingir 5 bilhões até 2030 (UNITED NATIONS, 2017). Processos de urbanização apresentam enormes desafios para as cidades. Quando um número significativo de pessoas se muda para áreas urbanas, os limites das cidades geralmente se expandem para acomodar novos habitantes. Além do fenômeno de urbanização, outro processo comum em grandes cidades é a desinstalação dos processos econômico-produtivos, a desativação de parques industriais, que ocorrem por motivos diversos, como busca por maior espaço físico, diminuição de custos operacionais, incentivos fiscais oferecidos por outras regiões, menor fiscalização e controle ambiental sobre as atividades produtivas até a finalização do ciclo de vida de uma determinada atividade.

Deste processo resultam áreas desativadas, com potencial de contaminação, formando um novo mosaico urbano, que pode ser identificado a partir das áreas centrais, especialmente ao longo das vias de escoamento rodoferroviário. Adicionando o aumento da demanda por espaços nas cidades a ocorrência do processo de desindustrialização, encontra-se um fator comum, pois a desativação de áreas industriais gera oportunidade de novas formas de ocupação do espaço. Contudo é necessário que exista planejamento e políticas públicas adequadas a garantir o crescimento e a transformação sustentável das cidades.

1.1 Breve histórico

Discussões relacionadas à identificação de áreas contaminadas (ACs), tecnologias de remediação e revitalização são temas contemporâneos e permeiam as áreas de meio ambiente, desenvolvimento urbano e saúde pública. O tema começou a ser discutido no final da década de 70, resultante da repercussão internacional do caso *Love Canal*. Em agosto de 1978, moradores do bairro imediatamente adjacente ao aterro químico do *Love Canal*, em *Niagara Falls*, Nova York, foram notificados pelas autoridades estaduais de saúde a respeito do “grave e iminente perigo” provocado pela exposição ao conteúdo lixiviante do aterro. A

situação foi descrita da seguinte forma: 21.800 toneladas de resíduos e subprodutos haviam sido enterradas pela *Hooker Chemical Company* no aterro. Continham uma série de substâncias químicas que causam efeitos adversos na saúde humana. O resíduo chegou à superfície do aterro em alguns lugares e se espalhou lateralmente de seu local de enterro original no canal (FOWLKES; MILLER, 1987).

O Brasil, também possui um emblemático caso de contaminação ambiental, conhecido como Cidade dos Meninos, em Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro. Uma antiga fábrica de hexaclorociclohexanos (HCHs), que atualmente são considerados carcinógenos em humanos, foi abandonada na década de 60. No ano de 1989, o órgão ambiental do Rio de Janeiro na época, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), após um breve estudo da área, retirou toneladas de pesticidas que se encontravam nas ruínas da fábrica. Resultados de estudos realizados no local, por meio de amostras ambientais das áreas contaminadas, revelaram expressivas contaminações por HCH e Diclorodifeniltricloroetano (DDT) em todos os tipos de matrizes analisadas. A contaminação ocasionou a exposição de uma população de cerca de 1.700 habitantes que viviam no entorno da fábrica desde antes de sua instalação (BRILHANTE, O.; FRANCO, 2007).

O termo área contaminada, conforme a primeiro documento brasileiro sobre o tema, o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, publicado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é definido como: “área onde há comprovadamente poluição causada por quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, e que determina impactos negativos sobre os bens a proteger”(CETESB, 2001). A norma brasileira ABNT NBR 15515-1, intitulada Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea, publicada em 2011, fornece um conceito mais atual do termo área contaminada como “área 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 internacionalmente aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente” (ABNT, 2011).

Uma área contaminada não se refere apenas a fonte da contaminação, o solo que recebeu os contaminantes, a área contaminada é um conceito que

engloba o conjunto dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, vegetação) que foram impactados, além das construções, instalações e equipamentos existentes no local. Nesses espaços, substâncias poluentes e contaminantes podem estar presentes na superfície do terreno ou em subsuperfície, em diferentes matrizes ambientais: solo, água, ar, biota e também no ambiente construído, material utilizado para aterro, e desta forma justifica a denominação de área contaminada, não apenas solo contaminado (RISSO GÜNTHER, 2006).

No Brasil, atualmente, não existe um inventário oficial que apresente os dados das ACs no país. Já no estado de São Paulo, anualmente, a CETESB publica o Relatório das Áreas Contaminadas e Reabilitadas do estado de São Paulo e, de acordo com esta publicação, no ano de 2019 existiam 6.285 áreas contaminadas no estado (CETESB, 2019). Uma vez identificada uma área contaminada, inicia-se o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), processo que inclui diversas medidas e etapas, que buscam compreender as características da área e definir quais serão as medidas de intervenção mais adequadas a serem adotadas, objetivando eliminar ou minimizar os danos e/ou riscos aos bens a proteger, oriundos dos contaminantes nelas contidas (SÃO PAULO, 2013).

O gerenciamento de uma área contaminada deve conter, em geral, dois processos de entendimento do problema. O primeiro processo é o da identificação e compreensão da dimensão contaminação. O segundo é direcionado ao processo de reabilitação da área, com o desenvolvimento de planos de intervenção e monitoramento. A finalização do processo de GAC ocorre com a reabilitação da área para o uso pretendido e declarado ao órgão ambiental, durante o processo de gerenciamento (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014).

Durante a realização das etapas do GAC, uma classificação é adotada para a área, de acordo com as investigações realizadas, os riscos existentes e as medidas de intervenção que foram adotadas. Trata-se de uma classificação de carácter administrativo, cujo objetivo é situar em que etapa a área se encontra, não exprime as características que foram identificadas na investigação. Desta forma, tal classificação não fornece a condição ambiental da área ou diferentes níveis e perfis de contaminação.

1.2 A importância do problema levantado

Considerando a importância no uso consciente do solo, da escassez de um recurso natural, a reutilização de áreas contaminadas implica em ocupações, aumento da arrecadação de impostos e aumento de qualidade de vida. Isso implica em muitos milhões de metros quadrados, em áreas altamente valorizadas no município de São Paulo, cujos terrenos estão na ordem de 5 mil reais o metro quadrado.

A revitalização de áreas contaminadas é um fator chave no crescimento sustentável das cidades e na criação de cidades e cidadãos mais conscientes e responsáveis. Essas áreas, que atualmente se encontram ociosas ou em processo de reocupação representam oportunidades. Em alguns casos podem se tratar de espaços que historicamente representaram avanços para a sociedade, como indústrias, as áreas de mineração, aterros, estações de tratamento de efluentes. Contudo, é importante agregar mais elementos que auxiliem a compreensão do que as áreas contaminadas representam para a cidade e seus impactos e limitações de uso.

A classificação proposta pela CETESB e posteriormente adotada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por etapa do gerenciamento, empregadas atualmente, possibilitaram a construção de um significativo banco de dados sobre o tema, e são de extrema importância e relevância. No entanto, objetivando aprofundar a disponibilidade de informações sobre o tema, de forma a alcançar partes interessadas não técnicas, é importante compreender não apenas o fluxo que uma área contaminada segue dentro do processo de gerenciamento, mas sua relevância enquanto comprometimento ambiental. Classes diferentes requerem medidas de controle distintas, proteção a população do entorno, mecanismos de comunicação e investimentos diferentes.

E, por fim, considerando que a disponibilidade de uma ferramenta que alcance partes interessadas não técnicas, expressando a qualidade ambiental da área, poderá auxiliar na compreensão da evolução de uma área dentro do contexto do Gerenciamento de áreas contaminadas, contribuindo assim no processo de comunicação e educação ambiental, diminuindo riscos potenciais, por meio da promoção de informações sobre o tema e atuando para que a aceitação da população, quanto as limitações de cada área, seja compreendida e respeitada.

Uma ferramenta de classificação atuarial, ainda, no processo de tomada de decisão de gestores, dentro do âmbito do plano diretor desenvolvido por cada município, identificando informações claras e sucintas sobre áreas contaminadas existentes e inserindo essas informações na agenda da cidade.

1.3 Razões principais que levaram a autora a realizar a pesquisa

Garantir um futuro sustentável para as próximas gerações é uma preocupação global. O termo desenvolvimento sustentável (DS) já foi definido de várias maneiras, mas de acordo com o Relatório Brundtland, a definição é “desenvolvimento que atenda às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (UN WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Em 2015, durante encontro em Nova York foram anunciados os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) ao mundo (UNITED NATIONS, 2015). Trata-se de metas para lidar com os desafios ambientais, econômicos e políticos mais urgentes que o mundo enfrenta. Dentre essas metas, o objetivo 11 visa “tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, objetivo esse que pode ser impactado diretamente pela política de uso do solo e pela presença de contaminação do solo. No entanto, alcançar o objetivo pode ser um grande desafio, considerando o rápido crescimento das cidades e as políticas públicas de uso e ocupação do solo. A contaminação dos solos, além de prejudicar a qualidade dessa matriz ambiental, pode comprometer a qualidade das águas subterrâneas, conforme o comportamento de cada contaminante. Portanto, existe uma forte relação entre áreas contaminadas e ODS. Embora as questões relacionadas a contaminação do solo não estejam indicadas nos ODS, seu conhecimento e gestão são essenciais para o cumprimento das metas.

Cidades com mais de 10 milhões de habitantes são, frequentemente, chamadas de “megacidades”. Das 31 megacidades do mundo, em 2016, 24 megacidades estão em regiões menos desenvolvidas ou no chamado “sul global”. Nesse *ranking*, a região metropolitana de São Paulo ocupa a quinta posição (UNITED NATIONS, 2016). O município de São Paulo, localizado na região sudeste do Brasil, possui uma área de 1.521,11 km² e uma população de aproximadamente 12.106.920 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E

ESTADÍSTICA, 2017) e, no ano de 2020, apresentava 2.398 áreas contaminadas identificadas (CETESB, 2017b) .

Atualmente, no município de São Paulo é possível observar a transformação de antigos bairros, ruas, avenidas ou quarteirões. Antigos bairros fabris, situados junto às ferrovias Central do Brasil e Santos-Jundiaí, abrigam extensas áreas industriais desativadas, abandonadas e que carecem de intervenções. Tais espaços geralmente são bem localizados, possuem infraestruturas que, embora estejam desgastadas, apresentam potencial de recuperação e reaproveitamento. Para Vasques (2006), as modificações na paisagem destas áreas confirmam a refuncionalização de antigas fábricas para atividades não-industriais.

O setor imobiliário tem evidenciado essa mudança, e está se organizando por meio de uma configuração setorial: na zona leste e na zona central (Bom Retiro, Brás, Belém, Mooca, Tatuapé) antigas fábricas têm sido demolidas para a construção de empreendimentos residenciais; na zona sul (Vila Olímpia e proximidades da marginal Pinheiros) o objetivo é a reconversão destes ambientes obsoletos para novas empresas de tecnologia, centros comerciais e escritórios de alto padrão; na zona oeste (Água Branca, Barra Funda, Lapa, Jaguaré, Vila Leopoldina) a mudança se dá pela concentração de escritórios e de empreendimentos residenciais.

Na Figura 1, a seguir é apresentada uma imagem de satélite da Rua Conego Vicente Miguel Marinho, localizada no bairro da Barra Funda nos anos de 2000 (parte superior da imagem) e em 2018, em que é possível identificar a transformação da área.

Figura 1 Rua Conego Vicente Miguel Marinho nos anos de 2000 e 2018



Fonte: (GOOGLE EARTH, 2018)

Um estudo realizado pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) em parceria com Agência de Cooperação Técnica Alemã, a *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ), o projeto Revitalização das Áreas Urbanas Degradadas por Contaminação no Município de São Paulo, realizado no ano de 2005, evidenciou a ocorrência da desativação de diversas atividades industriais na região em que foi desenvolvido o estudo de caso, localizada entre as estações Mooca e Ipiranga, da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). Este estudo mostrou que em torno de 40% dos terrenos ou glebas que foram vistoriados se encontravam desativados e 18% subutilizados, tratando-se de atividades de menor porte como depósitos, estacionamentos etc. Também foi confirmada no estudo a hipótese de que a região se encontrava em pleno processo de mudanças no uso do solo, pois foram encontradas diversas edificações residenciais de classe média e classe média alta no entorno (RAMIRES et al., 2008).

De acordo com o estudo, a política municipal urbana contribuiu para esta dinâmica, por meio da publicação da lei municipal nº 13.885, de 25 de agosto de

2004, que estabelece normas complementares ao Plano diretor estratégico da cidade, além de ordenar o uso e ocupação do solo no município de São Paulo (SÃO PAULO (CIDADE), 2004). A publicação desta lei alterou o antigo zoneamento industrial, possibilitando a utilização da região pesquisada para outros usos, incluindo o residencial (RAMIRES et al., 2008).

Sendo a revitalização de ACs um importante fator para a sustentabilidade das cidades, para o cumprimento dos ODS e um processo contemporâneo no município de São Paulo é importante entender as diferenças existentes entre essas áreas, que é a proposta deste trabalho. Cada área contaminada pode apresentar grandes diferenças em suas características, como: a) No que se refere aos compartimentos ambientais afetados, podendo ser solo, subsolo ou águas subterrâneas; b) Na variação da extensão e das concentrações da pluma de contaminação presente na área; c) Nas características intrínsecas, como o uso anterior da área; e d) No comportamento dos poluentes presentes. Logo, o termo área contaminada carrega apenas um conceito geral associado a contaminação do solo.

A compreensão das diferenças possibilitará melhor dimensioná-los para que possam ser gerenciados em benefício da sociedade, consoante a famosa frase de William Edwards Deming: “Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia” (DEMING, 1990). Contribuir com um instrumento que possa ser empregado na melhoria do entendimento entre as diferentes realidades das áreas contaminadas, favorecendo assim o processo de educação ambiental e compreensão do meio que se habita, tornando o cidadão mais participante, são os motivos que incentivaram a autora a realizar esse trabalho.

1.4 Informações sobre o alcance da pesquisa e delimitação do assunto

O alcance da pesquisa abrange o tema áreas contaminadas, considerando contaminações que estejam presentes em solo superficial, subsolo e em água subterrânea, não sendo incluído contaminação em sedimentos. As áreas que foram abordadas no presente estudo estão localizadas no município de São Paulo, consistindo em áreas urbanas, com finalidades industriais, residenciais e comerciais.

O assunto abordado nesse trabalho delimita-se a contribuir com o processo de GAC, e não objetiva substituir ou excluir nenhuma etapa do processo atual, mas oferecer mais ferramentas para compreensão e gestão.

1.5 Relação do trabalho com outros similares

A CETESB, emprega, para o processo de classificação de áreas contaminadas, informações sobre a etapa em que cada área se encontra dentro do processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e quais medidas de intervenção já foram implementadas (CETESB, 2017).

Santos (2015), desenvolveu um sistema de inferência *fuzzy* com o objetivo de avaliar o nível de impacto da contaminação ambiental provocada por vazamentos em postos revendedores de combustíveis (SANTOS, F. H. S., 2015).

A *Concerted Action on Brownfields and Economic Regeneration* (CABERNET), uma rede europeia cujo foco é a discussão das questões relacionadas à reutilização de *brownfields*, termo empregado para indicar áreas cuja reutilização pode ser impactada dada a presença real ou potencial de substâncias contaminantes, desenvolveu cinco modelos conceituais, com diferentes focos para melhorar a compreensão acerca do tema. O Modelo 2, CABERNET A-B-C *Model*, trata-se de um modelo cuja meta é classificar economicamente os *brownfields*, pois a viabilidade econômica de cada processo é uma questão importante no planejamento e na execução dos projetos (CONGRESS OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 2002; FERBER et al., 2006)

O Sistema de classificação por perigo (*Hazardous Ranking System – HRS*) (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992) é um sistema de pontuação usado pelo programa *Superfund* da Agência de Proteção Americana (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*) para avaliar o perigo associado a liberações reais ou potenciais de substâncias perigosas no meio ambiente.

O modelo de classificação de áreas contaminadas desenvolvido neste trabalho, por meio da aplicação de um índice de sustentabilidade ambiental, busca apresentar os diferentes níveis de comprometimento ambiental que uma área contaminada pode apresentar, propondo uma classificação que permita comparar diferentes áreas, com o objetivo de auxiliar políticas públicas e a gestão urbana.

1.6 Estrutura da tese

Esta tese está estruturada em cinco seções principais, uma seção dedicada às referências bibliográficas e aos anexos que complementam as informações apresentadas.

Na Seção 1, são apresentadas uma introdução ao tema de estudo e os objetivos. Nesta seção estão presentes um breve histórico do assunto abordado, a importância do problema levantado, quais razões motivaram a autora a realizar a pesquisa, informações sobre o alcance e a delimitação do assunto, a relação com outros trabalhos, a estrutura da tese e os objetivos a serem alcançados.

Na Seção 2, é apresentada uma revisão de literatura, que constitui o referencial teórico, imprescindível a contextualização desse trabalho. As referências foram obtidas por meio de uma pesquisa bibliográfica em bases de dados especializadas e obtidas durante o curso de disciplinas do programa de pós-graduação. Os principais conceitos adotados no trabalho foram explicitados nessa seção.

Na Seção 3, é apresentada a metodologia aplicada no desenvolvimento da tese, estabelecida em duas etapas distintas: coleta, análise e espacialização de dados sobre as áreas contaminadas; e a elaboração da metodologia de classificação, com a aplicação desta aos dados coletados. Nessa seção estão descritas as etapas da pesquisa, a forma de coleta de dados e a abordagem empregada no desenvolvimento do índice de sustentabilidade ambiental.

Na Seção 4, são apresentados os resultados obtidos nas duas etapas da pesquisa, descritas na Seção 3, bem como a análise e discussão destes. São exibidos os resultados: do estudo das áreas contaminadas aplicado a 5 distritos do município de São Paulo; do processo de espacialização dos dados das áreas contaminadas do município de São Paulo para o ano de 2017 com a elaboração de um indicador ambiental; do conjunto de dados elaborado; e do desenvolvimento do índice de sustentabilidade ambiental. É descrita, ainda, a possibilidade de trabalhos futuros derivados dos resultados encontrados.

Na Seção 5, são apresentadas as conclusões, fundamentadas nos objetivos definidos na introdução e nos resultados obtidos.

1.7 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma metodologia para análise e classificação das áreas contaminadas.

Para alcançar o objetivo acima descrito, foram estabelecidas as seguintes etapas:

- realizar um levantamento das áreas contaminadas no município de São Paulo;
- identificar as matrizes ambientais impactadas e os contaminantes presentes nas áreas afetadas;
- e elaborar um conjunto de indicadores que expressem as características observadas, aplicando-os a um conjunto de dados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A evolução e a expansão da cidade de São Paulo, figurando como importante centro econômico, ocorreu no final do século XIX, em decorrência do complexo cafeeiro, composto pela produção do café e as atividades associadas, como a produção de equipamentos de beneficiamento de café, a indústria de sacarias de juta para a embalagem do café, a atividade do comércio de exportação e de importação, o desenvolvimento de atividades criadoras de infraestrutura, como portos e armazéns, transportes urbanos e comunicações, além das atividades inerentes à própria urbanização, como o comércio. A produção paulista de café, no início da década de 1870, correspondia a apenas 16% do total brasileiro, porém entrou em vigorosa expansão e saltou para 40% uma década e meia depois (CANO, 2007). Essa alta produtividade das terras paulistas, aumentando as margens de lucro da cafeicultura, passava a exigir, cada vez mais, ocupação de novas terras.

Com o aumento da fronteira agrícola do café, em direção ao interior, surgiu um desafio, representado pelos altos custos de transporte do produto entre as zonas produtoras e o porto de embarque. A superação se deu pela implantação do sistema ferroviário. Assim sendo, as ferrovias paulistas se constituíram numa das mais importantes atividades componentes do complexo cafeeiro preenchendo múltiplos papéis. Importante destacar sua atuação desbravadora da fronteira agrícola, tornando economicamente acessíveis as terras virgens do oeste paulista.

A São Paulo *Railway Company* (SPR) foi a primeira ferrovia construída em São Paulo, e a segunda no Brasil. Foi financiada com capital inglês e sua construção teve início no ano de 1860, enfrentando diversos desafios técnicos, sobretudo no trecho da Serra do Mar. A inauguração aconteceu em 1867, a ferrovia possuía 159 km e ligava o município de Santos ao de Jundiaí, passando pelo município de São Paulo e atravessando os municípios de Cubatão, Santo André (Paranapiacaba), Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires, Mauá, Santo André (área central) e São Caetano do Sul até chegar à capital paulista. A chegada da ferrovia impactou a paisagem urbana da Província de São Paulo e dos arredores. As estações ferroviárias começam a concentrar as primeiras atividades urbanas, como oficinas, armazéns e depósitos, e propagam caminhos que interligam povoados,

chácaras e sítios, vinculados à exploração mineral, florestal ou a produção agrícola. A centralidade do município de São Paulo é então fortalecida e surgem as primeiras fábricas e indústrias que se tornariam a marca da metrópole paulistana por todo o século XX (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2012).

No final do século XIX, quando se iniciou a industrialização brasileira, as maiores cidades brasileiras eram Rio de Janeiro, Salvador e Recife, que possuíam, respectivamente, 275.000, 129.000 e 117.000 habitantes, conforme o censo de 1872. Ademais, a cidade do Rio de Janeiro liderou a industrialização nacional até a 1ª guerra mundial, contribuindo, no ano de 1907 com 33,1% da produção industrial brasileira, enquanto o estado de São Paulo teve uma participação de 16,5% (MAMIGONIAN, 1976). Contudo, a capital paulista que possuía 31.385 moradores no ano de 1872, aumentou seu número de habitantes expressivamente, alcançando 239.820 habitantes em 1900, atrás apenas da cidade do Rio de Janeiro, que contava com 691.565 habitantes (SANTOS, M., 2005).

O processo industrial do Estado de São Paulo começa por volta das décadas de 1880-1890, nesse período, o estado de São Paulo já abrigava pequenas oficinas e manufaturas que, ao se aperfeiçoarem, formam as primeiras fábricas e que utilizariam os recursos provenientes do aumento da produção cafeeira e a diversidade de mão-de-obra de imigrantes europeus recém-chegados, cujas habilidades foram adquiridas na Europa. Tais imigrantes, que inicialmente chegam para trabalhar nas fazendas de café, percebem oportunidades não apenas no campo, mas também nas indústrias nascentes. Um exemplo de tal cenário é a fábrica de tecidos e fiação Anhaia, localizada no município de São Paulo e controlada por paulistas no ano de 1901, mas que do seu total de 310 funcionários, possuía 301 estrangeiros (MAMIGONIAN, 1976).

Com o início do século XX, o município de São Paulo vê a concentração de indústrias avançar, formando assim um núcleo industrial na capital paulista (BARROS, 2011). Como consequência desse avanço, há a expansão da malha urbana, uma vez que os operários buscavam formas de residirem próximos às indústrias. Durante décadas, no município de São Paulo a indústria e população expandiram, inicialmente no entorno das ferrovias e de grandes rios, para depois se dispersar por outras regiões da cidade.

A jovem indústria paulistana requeria espaços cujos atributos eram: áreas amplas e planas, considerando que as unidades eram pouco otimizadas em termos

espaciais; proximidade da água, que seria empregada nos processos produtivos e posteriormente despejada como efluente, que ainda não seria sujeito a um controle sanitário e ambiental; e meios de transporte, a fim de escoar mais facilmente os produtos. Sendo assim, a indústria se fixou primeiramente próxima à ferrovia Santos-Jundiaí, às margens dos rios Tietê e Tamanduateí, em bairros como Lapa, Barra Funda, Bom Retiro, Brás, Mooca e Ipiranga (VALENTIM, 2005).

A partir da década de 1930, o avanço da industrialização encontra obstáculos, em decorrência da sua incipiente base técnica e à alta dependência da importação de bens de produção. Tal situação acarretará a implantação da indústria pesada, que ocorreu entre 1956 e 1960, e que se centralizou no Estado de São Paulo. Desta forma, a concentração industrial no Estado de São Paulo, especialmente na capital paulista, ocorreu dado o cenário de um importante mercado interno, dentro de uma rede urbana já existente, adicionando-se a intensificação dos fluxos variados entre essa rede e a capital do Estado (BORDO, 2005).

Após a Segunda Guerra mundial, (1939-1945) houve um relevante aumento do mercado consumidor nacional, gerando assim interesse das empresas multinacionais. Para Mamigonian (1976), a região da Grande São Paulo foi escolhida, à época, para a aplicação de 80% dos investimentos estrangeiros, pois reunia as melhores condições estruturais para a acumulação de capital tais como: infraestrutura urbana, energética e de transporte já existentes, concentração demográfica importante para atuar como força de trabalho especializada, mercado consumidor com poder aquisitivo considerável, além de já concentrar as principais indústrias de base para as multinacionais (MAMIGONIAN, 1976). Ao término da década de 50, em torno de 40% de toda a produção industrial brasileira concentrava-se na Grande São Paulo (BORDO, 2005).

Todavia, durante as diferentes etapas de crescimento e consolidação do processo de industrialização, a ausência de controle sobre as diversas fontes poluidoras derivadas das atividades produtivas resultou em diferentes formas de contaminação ambiental no município. A partir da década de 1970, e intensificando-se nos anos 1980, inicia-se no município de São Paulo uma migração das atividades industriais para municípios vizinhos, com as indústrias abrigoando-se em direção às rotas das principais vias de transporte rodoviário que partem da capital paulista rumo ao interior do Estado e para outros estados. Este processo ocorre em

razão da necessidade de melhores condições espaciais, benefícios fiscais e questões de ordem ambiental (BORDO, 2005). Outro fenômeno que merece destaque é a tendência de um cenário mundial cujo motor de desenvolvimento já não é a produção industrial, mas a produção de conhecimento e tecnologia (SANCHEZ, 2001).

Desta forma, inúmeras áreas industriais foram desativadas, sem que fosse realizada uma avaliação prévia das condições ambientais do local, relacionadas a possíveis contaminações do solo, antes do efetivo desmonte do site e encerramento das atividades. Surgem então inúmeras instalações abandonadas, espaços que não mais pertencem à malha urbana. Adicionam-se a espaços desativados, áreas de depósitos e manejo inadequados de resíduos, além de locais cujas atividades produtivas apresentavam o acondicionamento inapropriado de substâncias tóxicas, como postos de combustíveis, por exemplo, resultando em manchas urbanas na cidade, áreas que por apresentarem contaminação não conseguem acompanhar, e tampouco dispor do espaço, tão necessário para a realidade de uma cidade excepcionalmente dinâmica.

Nos últimos 20 anos a cidade mudou significativamente sua paisagem. Onde antes eram vistos grandes depósitos e áreas industriais, hoje podemos encontrar condomínios residenciais, escritórios comerciais. Entretanto, essas mudanças nos mecanismos de uso e ocupação do solo evidenciaram um novo desafio ao município. Como lidar de forma sustentável com as áreas contaminadas?

As áreas contaminadas, associadas ao crescimento econômico e ao aumento da urbanização representam um problema crescente de saúde pública e ambiental. Além disso, a contaminação do solo pode resultar em sérios impactos orçamentários políticos e governamentais, impactos econômicos sobre os valores das propriedades, turismo, pesca e atividades recreativas, bem como limitações no desenvolvimento de áreas urbanas e rurais. Emissões e descargas descontroladas ou acidentais no solo podem poluir não apenas a área diretamente afetada, mas o subsolo, como pode alcançar as águas subterrâneas, podendo assim prejudicar a qualidade das águas superficiais e de sedimentos em rios e córregos próximos. A presença dessas substâncias contaminantes vem não apenas das operações atuais (por exemplo, de atividades industriais, de mineração e agrícolas, e da disposição inadequada de resíduos e derramamentos acidentais), mas também de operações industriais inativas e abandonadas. Tais locais podem ser do setor

privado ou de propriedade pública, envolvendo uma ampla gama de contaminantes (KOVALICK; ROBERT MONTGOMERY, 2014).

A questão atinge não apenas países industrializados, mas também, e de forma progressiva, países em desenvolvimento, em particular os países emergentes. Os países industrializados investiram e investem em programas de remediação e revitalização de áreas contaminadas, no entanto, nos países em desenvolvimento, existe uma demanda importante por estratégias e políticas públicas apropriadas para enfrentar os desafios da contaminação do solo. Áreas urbanas subutilizadas e contaminadas possuem considerável potencial para revitalização dos centros urbanos, pois apresentam, em geral, infraestrutura urbana bem estruturada. A fim de que esse potencial seja explorado é importante a existência de estratégias de uso do solo urbano que fomentem a revitalização de áreas contaminadas (MOERI et al., 2008).

2.1 Políticas de uso e ocupação do solo

A urbanização é um processo extremamente impactante ao meio ambiente, principalmente no que se refere à qualidade dos recursos hídricos da área ocupada. Portanto, o avanço da urbanização sobre o meio natural, de forma desordenada, provoca a degradação progressiva de áreas de mananciais, como nos casos em que existe a implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos não regulados previamente. Isso pode acarretar índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio. A ordenação do processo do uso e ocupação do solo urbano, política pública de competência municipal, deve ser questão prioritária no planejamento e nos processos de gestão dos municípios (BRAGA, 2001).

A evolução da urbanização, sua escala e a rapidez em que o processo se desenvolve não correspondem um problema em si, não fosse o modo como ele se desenvolve. A atenção a esses processos é necessária, pois a sustentabilidade da malha urbana, em seu componente físico-urbanística, está diretamente relacionado com as seguintes variáveis: a) a forma de ocupar um território; b) a disponibilidade de insumos existentes para seu adequado funcionamento, como a disponibilidade de água, por exemplo; c) as formas de destinação dos resíduos produzidos, tais como o esgoto e o lixo; d) o grau de mobilidade da população dentro deste espaço

urbano ou seja, a qualidade do transporte público ofertado; e) a oferta e o atendimento às necessidades da população por moradia, equipamentos sociais disponíveis; e f) a qualidade do espaço público em si. Logo, as políticas públicas de uso e ocupação do solo se traduzem em práticas urbanísticas a fim de viabilizar ações com o papel efetivo de conduzir as cidades no percurso do desenvolvimento sustentável (GROSTEIN, 2001).

2.1.1 Políticas Públicas em âmbito federal

De acordo com a Constituição Federal, na redação dos artigos nº 182 e 183, a política de desenvolvimento urbano, de competência do Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, além de garantir o bem-estar de seus habitantes. Visando atender esses objetivos utiliza-se como instrumento fundamental o Plano Diretor. Uma propriedade urbana atende sua função social quando se adequa às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no Plano Diretor (BRASIL, 1988).

O Plano Diretor, tecnicamente, trata-se de uma lei municipal que a Constituição Federal define como obrigatória para os municípios cuja população seja superior a 20.000 habitantes. Todavia algumas Constituições de esfera estadual, como a paulista, estendam tal obrigatoriedade a todos os municípios. O Plano Diretor é um instrumento definidor das políticas públicas urbanas, das diretrizes relacionadas ao planejamento e gestão territorial das cidades, como o controle do uso, ocupação, parcelamento e expansão do solo urbano. Somado a esse papel básico, é comum a inclusão de diretrizes sobre habitação, saneamento, sistema viário e transportes urbanos. O Plano Diretor possui um caráter político, dada sua função como instrumento de política pública, e desta forma deverá zelar pela existência de transparência e de democratização na política urbana. Desta forma, o Plano Diretor deve ser, antes de tudo, um instrumento de gestão democrática do município (BRAGA, 2001).

Ao longo dos anos 90, diversas prefeituras iniciaram a implementação da política de desenvolvimento urbano e de elaboração do Plano Diretor, empregando os preceitos constitucionais de 1988 e com o resgate do conceito de planejamento urbano, seguindo novas bases. Os municípios de São Paulo e Santos, foram casos cujo poder público municipal propôs, nessa época, implementar instrumentos

reguladores da construção do espaço urbano através da ótica de ampliação do direito à cidade e dentro de um processo democrático de discussão e participação sociais (CARVALHO, 2001).

Trezes anos após a publicação da Constituição Federal, a lei nº 10.527, de 10 julho de 2001, denominada Estatuto das Cidades, veio para regulamentar os dois artigos que se referem a política urbana. Ela “estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”. Seu papel é fornecer diretrizes gerais que auxiliem no desenvolvimento das políticas urbanas das cidades, de forma que estas atendam aos seguintes objetivos:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

III – cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade no processo de urbanização, em atendimento ao interesse social;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

V – oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais;

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos;

b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;

c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infra-estrutura urbana;

d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infra-estrutura correspondente;

e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização;

f) a deterioração das áreas urbanizadas;

g) a poluição e a degradação ambiental;

h) a exposição da população a riscos de desastres.

VII – integração e complementaridade entre as atividades urbanas e rurais, tendo em vista o desenvolvimento socioeconômico do Município e do território sob sua área de influência;

VIII – adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;

IX – justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do processo de urbanização;

X – adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano, de modo a privilegiar os investimentos geradores de bem-estar geral e a fruição dos bens pelos diferentes segmentos sociais;

XI – recuperação dos investimentos do Poder Público de que tenha resultado a valorização de imóveis urbanos;

XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;

XIII – audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população;

XIV – regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;

XV – simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo e das normas edilícias, com vistas a permitir a redução dos custos e o aumento da oferta dos lotes e unidades habitacionais;

XVI – isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização, atendido o interesse social.

XVII - estímulo à utilização, nos parcelamentos do solo e nas edificações urbanas, de sistemas operacionais, padrões construtivos e aportes tecnológicos que objetivem a redução de impactos ambientais e a economia de recursos naturais.

XVIII - tratamento prioritário às obras e edificações de infraestrutura de energia, telecomunicações, abastecimento de água e saneamento” (BRASIL, 2001).

Ainda conforme o Estatuto das Cidades, além da preocupação com o meio ambiente nos processos de urbanização, existem algumas obrigadoriedades associadas ao Plano Diretor, desenvolvido pelos municípios, e são elas: a) o Plano Diretor deve englobar todo o território correspondente ao município; b) a lei que institui o Plano Diretor de cada cidade deve ser revista, no mínimo, a cada dez anos; e c) os processos de elaboração e fiscalização da implementação do Plano Diretor devem contar com participação da sociedade, por meio de audiências públicas, com a presença de vários segmentos da comunidade e todos os documentos elaborados devem ser de acesso público (BRASIL, 2001).

2.1.2 Plano Diretor do município de São Paulo

Após a publicação do Estatuto das Cidades e agora sob essa ótica, o município de São Paulo publicou seu Plano Diretor por meio da lei municipal nº 13.430, de 13 de setembro de 2002. De acordo com o Plano Diretor “É objetivo da Política Urbana ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da Cidade e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado e diversificado de seu território, de forma a assegurar o bem-estar equânime de seus habitantes” (SÃO PAULO (CIDADE), 2002b). São definidos também os princípios que norteiam a lei. Dentre eles, destacam-se o princípio da função social da cidade e o da função social da propriedade urbana. A função social da cidade se refere ao atendimento dos seguintes pontos:

“I proporcionar condições gerais para melhor habitar e desempenhar atividades econômicas, sociais e o pleno exercício da cidadania; II - garantir qualidade ambiental e paisagística; III - facilitar o deslocamento e acessibilidade com segurança e conforto para todos, priorizando o transporte público coletivo; IV - criar pontos de atratividade, com a implantação de equipamentos de turismo, eventos e negócios; V - prover infraestrutura básica e de comunicação” (SÃO PAULO (CIDADE), 2002b)

Já o conceito de função social da propriedade urbana, de acordo com o artigo 11º significa:

“A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, no mínimo, os seguintes requisitos: I - o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social, o acesso universal aos direitos sociais e ao desenvolvimento econômico; II - a compatibilidade do uso da propriedade com a infraestrutura, equipamentos e serviços públicos disponíveis; III - a compatibilidade do uso da propriedade com a preservação da qualidade do ambiente urbano e natural; IV - a compatibilidade do uso da propriedade com a segurança, bem estar e a saúde de seus usuários e vizinhos” (SÃO PAULO (CIDADE), 2002b).

A preocupação com a qualidade ambiental se expressa mais uma vez, agora em âmbito municipal. Ainda se referindo ao Plano Diretor de 2002, no texto da lei e em conformidade com o Estatuto das Cidades, são definidas diversas políticas públicas com o objetivo de estabelecer diretrizes para o município, relacionadas a temas como saneamento ambiental, segurança, habitação, resíduos sólidos, urbanização e uso e ocupação do solo. Esta última, considera um importante item que compõe o processo de planejamento municipal e que deve ser norteado pelo Plano no Diretor, o zoneamento ambiental, método em que o município é dividido

em áreas sobre as quais incidem diretrizes diferenciadas no uso e a ocupação do solo, especialmente os considerando-se índices urbanísticos apresentado por cada área (SÃO PAULO (CIDADE), 2002b).

O zoneamento já era um instrumento conhecido, pois no ano de 1972 já existia um instrumento regulatório no município, a Lei municipal nº 7.805 de 1972, que versa sobre o Parcelamento, Uso E Ocupação Do Solo Do Município. Com a publicação desta lei, a cidade de São Paulo foi dividida em 08 grandes áreas:

“a) Z1 – uso estritamente residencial, de densidade demográfica baixa; b) Z2 – uso predominantemente residencial, de densidade demográfica baixa; c) Z3 – uso predominantemente residencial, de densidade demográfica média; d) Z4 – uso misto, de densidade demográfica média alta; e) Z5 – uso misto, de densidade demográfica alta; f) Z6 – uso predominantemente industrial; g) Z7 – uso estritamente industrial; h) Z8 – usos especiais” (SÃO PAULO (CIDADE), 1972).

Dentro das categorias adotadas nesta legislação, o município de São Paulo possuía desde áreas dedicadas integralmente à atividade industrial a áreas puramente residenciais. De acordo com a localização de uma propriedade em cada área estipulada pelo zoneamento, eram definidos diferentes parâmetros para cada loteamento, tais como dimensões de construção permitida, tráfego na região, níveis de ruído, vibração e poluição ambiental.

Logo, um estabelecimento que objetivasse prestação de serviços à população e não divergisse das metas estabelecidas para cada área, poderia se adequar ao mesmo padrão que um uso residencial, permitindo assim que estes estabelecimentos se estabelecessem em áreas residenciais, diferentemente de uma indústria que normalmente produz níveis de ruído e poluição ambiental incompatíveis com áreas residências (SÃO PAULO (CIDADE), 1972).

Com o passar dos anos e a expansão acelerada da cidade de São Paulo, a lei de zoneamento passou por diversas modificações, que a alteraram significativamente, desde o número de áreas existentes até as características e especificações de cada área. Segundo Nobre (2004), o zoneamento foi sendo modificado e moldado conforme interesses do mercado imobiliário. Diversas novas zonas foram criadas para características que o zoneamento original não previu (NOBRE, 2004).

Passados vinte anos de existência da lei, as Z2 – zonas de uso predominantemente residencial de baixa densidade, que correspondiam aos

bolsões residenciais propostos, já haviam sido reduzidas para 50% da área da cidade. No ano de 2014, foi publicada a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, que dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano, sobre o Sistema de Planejamento Urbano e apresenta o novo Plano Diretor Estratégico (PDE) do Município de São Paulo, se aplica à totalidade do território paulistano e que se encontra vigente (SÃO PAULO (CIDADE), 2014b). Com ela, alguns princípios existentes no antigo Plano Diretor sofreram alterações, como:

“Função Social da Cidade compreende o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, a justiça social, ao acesso universal aos direitos sociais e ao desenvolvimento socioeconômico e ambiental, incluindo o direito à terra urbana, a moradia digna, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte, aos serviços públicos, ao trabalho, ao sossego e ao lazer.

Função Social da Propriedade Urbana e elemento constitutivo do direito de propriedade e é atendida quando a propriedade cumpre os critérios e graus de exigência de ordenação territorial estabelecidos pela legislação, em especial atendendo aos coeficientes mínimos de utilização determinados na lei...

... Direito ao Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado é o direito sobre o patrimônio ambiental, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, constituído por elementos do sistema ambiental natural e do sistema urbano de forma que estes se organizem equilibradamente para a melhoria da qualidade ambiental e bem-estar humano” (SÃO PAULO (CIDADE), 2014b).

Além dos conceitos mencionados, uma das diretrizes do novo PDE é a necessidade de revisão e simplificação na legislação que trata sobre o Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo objetivando aproximar a legislação da realidade urbana. Como estratégia para melhor compreender a realidade da cidade de São Paulo e garantir o desenvolvimento sustentável do município, considerando-se as dimensões social, econômica, cultural, ambiental e imobiliária da cidade, foi realizada a divisão do município em duas macrozonas: macrozona de estruturação e qualificação urbana e macrozona de proteção e recuperação ambiental.

A macrozona de estruturação e qualificação urbana, possui um papel estratégico na reestruturação urbana do município por apresentar grande potencial de transformação urbana, mas que precisa ser planejado e equilibrado, trata-se da área do município mais propícia a abrigar os usos e atividades urbanos, pois já possui infraestrutura existente. São áreas que passam por processos de mudanças nos padrões de uso e ocupação e mudanças econômicas, apresentam concentração de oportunidades de trabalho e emprego provenientes de legados

industriais herdados do passado, novas atividades produtivas, centros de atividades terciárias, grandes vias estruturais e infraestruturas integrada aos sistemas de transporte coletivo de massa (SÃO PAULO (CIDADE), 2014b). Na Figura 2 abaixo é apresentada a divisão das duas macrozonas.

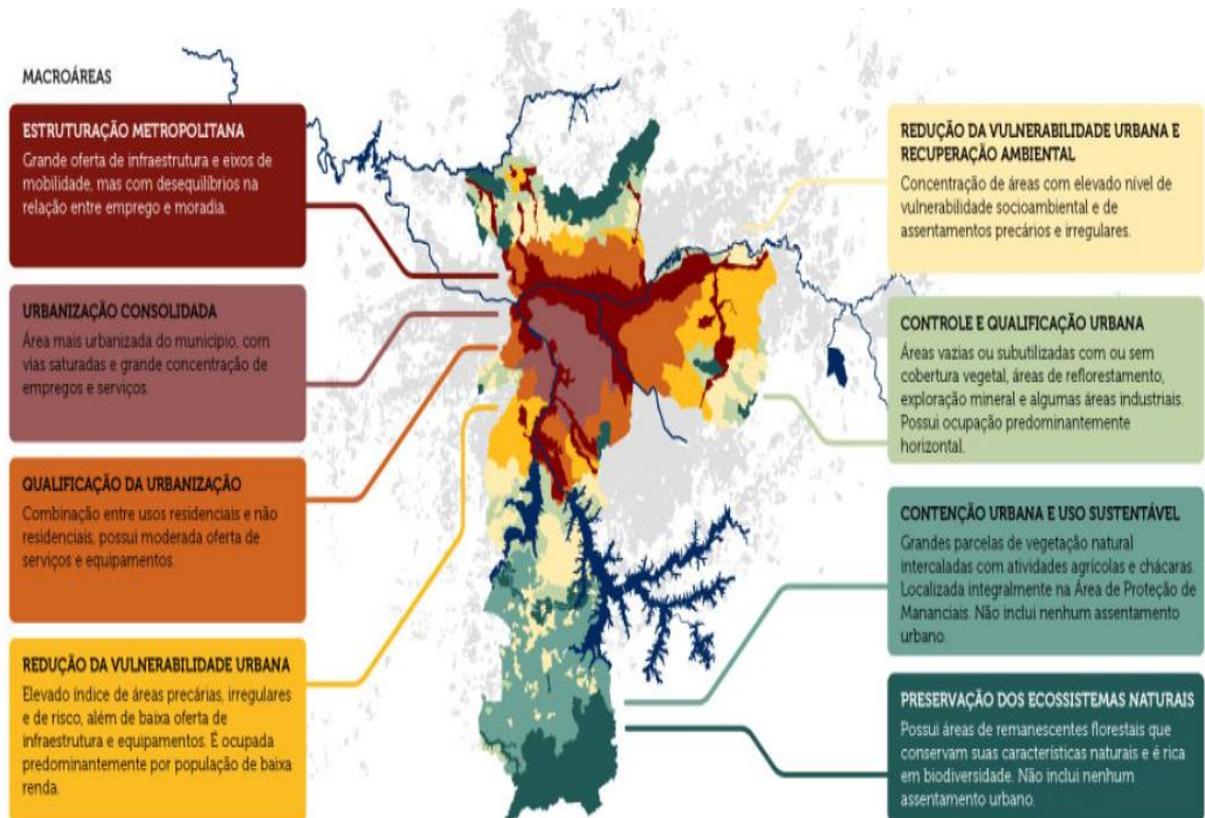
Figura 2 Macrozonas



Fonte: (SÃO PAULO (CIDADE), 2014a)

Já a Macrozona de proteção e recuperação ambiental trata-se de um território ambientalmente frágil, em decorrências de suas características geológicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à sua significativa biodiversidade, que demanda cuidados especiais para sua conservação. A função desta Macrozona é a de manter a sustentação da vida urbana das gerações presentes e futuras. Nestas regiões podem ser encontrados remanescentes florestais significativos em diversos estágios, além de áreas de produção agrícola que contribuem para a manutenção da biodiversidade, conservação do solo e manutenção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como para a produção de alimentos. Cada macrozona, divide-se ainda em 04 macroáreas, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 Macroáreas



Fonte: (SÃO PAULO (CIDADE), 2014a)

Na Figura 3 é possível identificar os perfis de cada macroárea e a diversidade em que o processo de ocupação do município de São Paulo ocorreu. Nas Macroáreas que pertencem à Macrozona de estruturação e qualificação urbana (estruturação metropolitana, urbanização consolidada, qualificação da urbanização e redução da vulnerabilidade urbana) também são previstas medidas relacionadas à proteção ambiental como a “minimização dos problemas das áreas com riscos geológico-geotécnicos e de inundações e solos contaminados, acompanhada da prevenção do surgimento de novas situações de vulnerabilidade” (SÃO PAULO (CIDADE), 2014a). No ano de 2016, seguindo as recomendações estabelecidas no Plano Diretor Estratégico da cidade de São Paulo, foi publicada a lei nº 16.402, de 22 de março de 2016, que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, a lei de zoneamento vigente na cidade (SÃO PAULO (CIDADE), 2016).

De acordo com o artigo 5º, “as zonas correspondem a porções do território nas quais incidem parâmetros próprios de parcelamento, uso e ocupação do solo

estabelecidos nos quadros desta lei”. O Quadro 1 apresenta as zonas existentes no município de São Paulo:

Quadro 1 Zoneamento do município de São Paulo

Território	Descrição	Zonas
Territórios de transformação	Áreas em que se objetiva a promoção do adensamento construtivo, populacional, atividades econômicas e serviços públicos, a diversificação de atividades e a qualificação paisagística dos espaços públicos de forma a adequar o uso do solo à oferta de transporte público coletivo	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU); Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental (ZEUa); Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto (ZEUP); Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental (ZEUPa); Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana (ZEM); Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto (ZEMP)
Territórios de qualificação	Áreas em que se objetiva a manutenção de usos não residenciais existentes, o fomento às atividades produtivas, a diversificação de usos ou o adensamento populacional moderado, a depender das diferentes localidades que constituem estes territórios	Zona Centralidade (ZC); Zona Centralidade Ambiental (ZCa); Zona Centralidade limdeira à ZEIS (ZC-ZEIS); Zona Corredor 1 (ZCOR-1); Zona Corredor 2 (ZCOR-2); Zona Corredor 3 (ZCOR-3); Zona Corredor Ambiental (ZCORa); Zona Mista (ZM); Zona Mista Ambiental (ZMa); Zona Mista de Interesse Social (ZMIS); Zona Mista de Interesse Social Ambiental (ZMISa); Zona Especial de Interesse Social 1 (ZEIS-1); Zona Especial de Interesse Social 2 (ZEIS-2); Zona Especial de Interesse Social 3 (ZEIS-3); Zona Especial de Interesse Social 4 (ZEIS-4); Zona Especial de Interesse Social 5 (ZEIS-5); Zona de Desenvolvimento Econômico 1 (ZDE-1); Zona de Desenvolvimento Econômico 2 (ZDE-2); Zona Predominantemente Industrial 1 (ZPI-1); Zona Predominantemente

Território	Descrição	Zonas
		Industrial 2 (ZPI-2); Zona de Ocupação Especial (ZOE);
Territórios de preservação	Áreas em que se objetiva a preservação de bairros consolidados de baixa e média densidades, de conjuntos urbanos específicos e territórios destinados à promoção de atividades econômicas sustentáveis conjugada com a preservação ambiental, além da preservação cultural	Zona Predominantemente Residencial (ZPR); Zona Exclusivamente Residencial 1 (ZER-1); Zona Exclusivamente Residencial 2 (ZER-2); Zona Exclusivamente Residencial Ambiental (ZERa); Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável (ZPDS); Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável da Zona Rural (ZPDSr); Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM); Zona Especial de Preservação (ZEP); Zona Especial de Preservação Cultural (ZEPEC).

Fonte: (SÃO PAULO (CIDADE), 2016)

Conforme a nova lei de zoneamento, cada zona leva em consideração a Macrozona e a Macroárea pertencente, conforme estabelecido na lei do Plano Diretor Estratégico. A Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Ambiental (ZEUa), por exemplo, está inserida na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, e desta forma deve seguir os parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida Macrozona, assim como a Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU) está inserida na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana. Portanto, a regulação de uma área dependerá da observação do zoneamento estabelecido para ela, assim como a Macrozona e Macroárea a que ela pertence.

O Plano Diretor de São Paulo, publicado no ano de 2014, definiu como e para onde a cidade deverá crescer até 2030 e foi estabelecida uma diretriz que busca o adensamento dos eixos de transporte público, objetivando aumentar a população que mora perto de linhas de trem, metrô e corredores de ônibus, para aproximar a moradia dos empregos e diminuir os deslocamentos urbanos. A ideia de uma cidade mais compacta e menos dispersa busca usufruir de uma

infraestrutura já existente, por meio de uma tentativa de conter a expansão horizontal do município, para preservar as áreas verdes que ainda existem nas bordas (SÃO PAULO (CIDADE), 2014b).

A proteção ambiental é uma característica evidente no Plano Diretor Estratégico da cidade e na atual lei de zoneamento. Esse atributo se faz presente não apenas no que se refere à proteção e restauração de mananciais e áreas verdes do município, mas também faz menção aos passivos ambientais. O artigo nº 137 da lei de zoneamento, que aborda questões relacionadas ao licenciamento de atividades, traz uma importante informação, referente ao uso e à ocupação do solo em áreas públicas ou privadas consideradas potencialmente contaminadas, ou que ofereçam suspeitas de contaminação, contaminadas ou em monitoramento ambiental. É estabelecido que a emissão de alvarás, licenças de funcionamento ou o processo de suspensão de atividades enquadradas no licenciamento ambiental municipal, certificados de conclusão e outras circunstâncias específicas referentes ao uso e à ocupação do solo, seja em áreas públicas ou privadas fica dependente da manifestação favorável do órgão ambiental competente, respeitada a legislação aplicável em vigor (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2016a).

As políticas públicas devem buscar a proteção e a preservação do meio ambiente, a regulação no uso e ocupação do solo faz parte desta equação, pois permite que exista infraestrutura em cada região, formando um município mais sustentável, que se refletirá nos dados de saúde pública apresentados pela cidade. Um município que forneça áreas com qualidade ambiental e ordenação do solo aos seus habitantes, melhorará a qualidade de vida de sua população.

2.2 *Brownfields*, Áreas contaminadas e Áreas Degradadas

Debates relacionados à identificação de áreas contaminadas e aos *brownfields*, formas de gerenciá-los e reutilizá-los são temas contemporâneos e permeiam as áreas de meio ambiente, desenvolvimento urbano e saúde pública. O termo *brownfield*, surgido nos Estados Unidos, em sua tradução literal corresponde a “campos marrons” sendo considerado um antagonismo a *greenfield*, “campos verdes”, que são utilizados para se referir a parques ou reservas florestais.

A definição de *brownfields* é encontrada na lei pública norte americana 107-118, intitulada *Small Business Liability Relief and Brownfields Revitalization Act*,

publicada em 11 de janeiro de 2002 (CONGRESS OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 2002), que traz o conceito de “[...] áreas, cuja expansão, o redensolvimento ou o reuso é complexo devido à presença real ou potencial de substâncias perigosas, poluentes ou contaminantes”. Contudo, essa definição também está presente na primeira lei federal americana a abordar questões das áreas contaminadas, a CERCLA (*Comprehensive Environment Response, Compensation, and Liability Act*) publicada em 1980 e alterada em 1986 (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022g), cuja ênfase era a limpeza de locais inativos, da presença de resíduos perigosos e a responsabilização pelos custos de transporte e remediação das substâncias perigosas existentes, sobre os proprietários atuais e antigos de instalações onde as substâncias perigosas foram descartadas.

Esta definição, entende que *brownfield* é uma área contaminada, mas com potencial de reutilização e que pode estar localizado em áreas urbanas ou rurais, também é adotada pela Agência Americana de Proteção ao Meio Ambiente, *US Environmental Protection Agency* (USEPA), responsável por planos de incentivo a remediação e a refuncionalização de áreas contaminadas nos EUA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022f).

Exemplos comuns de *brownfield* incluem antigas indústrias, ferrovias, portos e postos de gasolina. Em muitos casos os *brownfields* estão nas imediações de algumas das propriedades comerciais e residenciais mais valiosas das áreas urbanas, mas não conseguem dar uma contribuição produtiva para a economia local, para base tributária e qualidade de vida (SROKA, 2016).

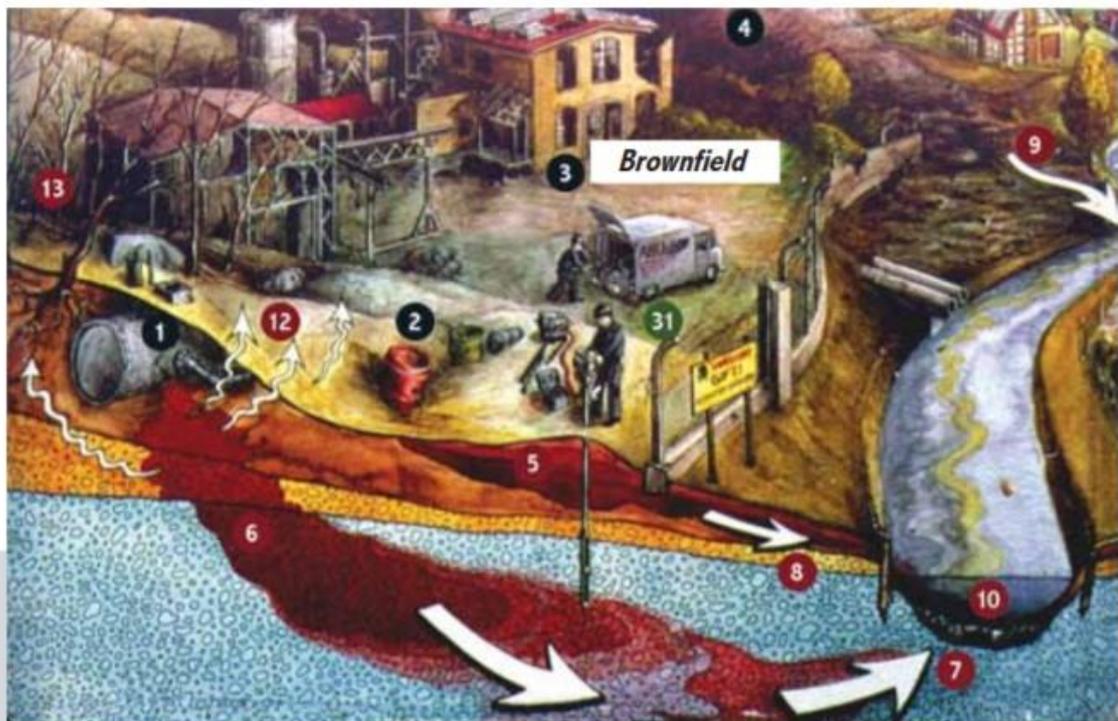
Na Europa, existem diferentes formas de se referir aos *brownfields*, entretanto o conceito escolhido pela *Concerted Action on Brownfields and Economic Regeneration* (CABERNET), uma rede europeia cujo foco é a discussão das questões relacionadas à revitalização de *brownfields*, foi: “áreas que foram afetadas pelos antigos usos do local e do entorno, abandonadas ou subutilizadas e que podem apresentar problemas de contaminação real ou percebidos e situadas, principalmente, em áreas urbanas desenvolvidas, além de exigirem intervenções para trazê-las de volta ao uso benéfico”. A CABERNET entende que essas áreas são uma oportunidade e um problema a ser solucionado, pois ele pode ter um impacto negativo na comunidade e no seu entorno. Logo, revitalizar essas áreas pode estimular oportunidades em diferentes níveis, entre eles melhorar a qualidade

de vida urbana, melhorar a competitividade urbana e educar a expansão urbana (FERBER et al., 2006).

Conforme a *European Environment Information and Observation Network* (EIONET), rede que inclui 27 Estados-Membros da União Europeia, juntamente com a Islândia, Liechtenstein, Noruega, Suíça, Turquia e os países cooperantes dos Balcãs Ocidentais: Albânia, Bósnia, Herzegovina, Croácia, a Antiga República Iugoslava da Macedônia, Montenegro e Sérvia, o termo área contaminada é definido como uma área bem delimitada em que a presença de contaminação do solo foi confirmada e a mesma apresenta risco potencial para humanos, água, ecossistemas ou outros receptores (PASETTO et al., 2019).

Na Figura 4, é exibido um exemplo esquemático de um *brownfield* com presença real de contaminação e as possíveis formas de dispersão dos contaminantes.

Figura 4 *Brownfield*



1: Tanque oxidado com vazamento de líquidos voláteis; 2: Tambor com resíduos tóxicos enterrado; 3: Percolação de antigos vazamentos no subsolo – fonte secundária; 4: Depósito de resíduos sólidos ao ar livre; 5: Propagação da contaminação no solo a partir do tambor de resíduos tóxicos – fonte secundária; 6: Pluma de contaminantes na água subterrânea – fonte secundária; 7: Aquífero; 8: Franja capilar; 9: Escoamento superficial de resíduos sólidos para o rio; 10: Rio contaminado por (9); 12: Emissão de gases de solo para o ambiente aberto a partir da contaminação (1); 13: Vegetação afetada por contaminação; 31: Equipe de investigação e amostragem

Segundo a CETESB (CETESB, 2016b) a origem das áreas contaminadas está relacionada ao desconhecimento, no passado, dos procedimentos seguros para a manipulação de substâncias perigosas, ao desrespeito a esses métodos seguros e a episódios de acidentes ou de vazamentos durante o desenvolvimento dos processos produtivos, seja no transporte ou no armazenamento de matérias primas e produtos.

No entanto, ao abordar a temática é imprescindível destacar as diferenças entre os conceitos de *brownfield*, área contaminada e área degradada. Área degradada, de acordo com a CETESB (CETESB, 2001), trata-se de:

“local onde há a ocorrência de alterações negativas das suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, a perda de matéria devido à erosão e a alteração de características químicas, devido a processos como a salinização, lixiviação, deposição ácida e a introdução de poluentes”.

Já de acordo com a Instrução Normativa nº 4, de 13 de Abril de 2011 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA, 2011) área degradada é definida como “área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado”. No que tange as áreas contaminadas, os primeiros conceitos nacionais associados ao tema foram publicados no ano de 1999, por meio de uma cooperação técnica Brasil-Alemanha entre a CETESB e a *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)* a partir de um documento intitulado Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo. Documento pioneiro no país, foi apresentado com o objetivo de fornecer conceitos acerca da temática das áreas contaminadas e possibilitar as agências ambientais a adoção de metodologias para tratar a questão. Em seu glossário, o documento define área contaminada como

“área onde há comprovadamente poluição causada por quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, e que determina impactos negativos sobre os bens a proteger” (CETESB, 2001).

Em âmbito federal, o Conselho Nacional de Meio Ambiente compreende como área contaminada os locais em que existe a presença de substâncias químicas contaminantes, acima dos valores de referência, previamente estabelecidos como seguros, e decorrentes de atividades antrópicas no solo, tais que limitem a utilização desse recurso ambiental, seja para o uso atual ou

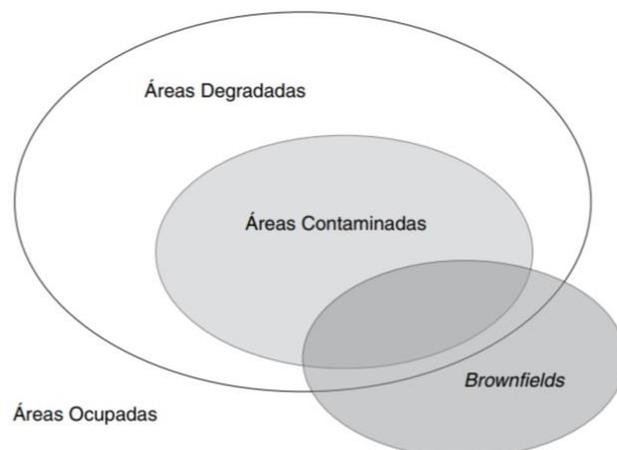
pretendido é usada a denominação de área contaminada (BRASIL, 2009). A norma brasileira ABNT NBR 15515-1 intitulada Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea define área contaminada como

“área 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 internacionalmente aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente” (ABNT, 2011).

No estado de São Paulo, por meio da lei nº 13.577 de 08 de julho de 2009, que versa sobre as diretrizes e procedimentos para proteção e qualidade do solo, incluindo o gerenciamento de áreas contaminadas, é apresentado o conceito de área contaminadas como “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” (SÃO PAULO (ESTADO), 2009).

Considerando os conceitos apresentados sobre *brownfields*, áreas contaminadas e áreas degradadas, é possível compreender que, das áreas que são ocupadas por assentamentos urbanos é possível encontrar áreas degradadas. Já as áreas contaminadas estão totalmente contidas nessas, ou seja, toda área contaminada é também uma área degradada. No que se refere aos *brownfields*, estes podem se enquadrar em áreas contaminadas, caso apresentem concentrações de substâncias contaminantes acima dos limites definidos como seguros, contudo, podem apresentar degradação ambiental não acompanhada de contaminação. Na Figura 5, abaixo, é apresentado um diagrama esquemático que se refere a degradação ambiental, ilustrando os conceitos abordados.

Figura 5 Diagrama de Degradação Ambiental



Fonte: SÁNCHEZ, 2004

Para Günther, é importante que o conceito de áreas contaminadas seja compreendido em todo o seu significado, considerando a necessidade de um enfoque sistêmico. Uma área contaminada não se refere apenas à fonte da contaminação, o solo que recebeu os contaminantes, a área contaminada é um conceito que engloba o conjunto dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, vegetação) que foram impactados, além das construções, instalações e equipamentos existentes no local. Nesses espaços, substâncias poluentes e contaminantes podem estar presentes na superfície do terreno ou em subsuperfície, em diferentes matrizes ambientais: solo, água, ar, biota e também no ambiente construído, material utilizado para aterro, e desta forma justifica a denominação de área contaminada, não apenas solo contaminado (RISSO GÜNTHER, 2006).

2.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Para compreender o processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), é imprescindível a definição do que é risco, uma vez que tal conceito permeará todas as etapas de investigação. A adoção da palavra risco tem sido empregada em diversas ciências e áreas do conhecimento, sempre adaptada conforme os casos em questão. Conforme o ramo em que é utilizado, o termo risco é substituído ou associado a potencial, susceptibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais. Entretanto, risco pode ser conceituado como a probabilidade de que um evento, esperado ou não esperado, ocorra. Logo, a ideia de que algo pode vir a acontecer, já então configura um risco (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007).

Os conceitos são diversos, todavia um ponto comum entre a conceituação de risco é a inclusão da noção de probabilidade. Conway (1982, apud BRILHANTE&CALDAS, 1999) define risco como a medida da probabilidade e da severidade de efeitos adversos; Inhaber (1982, apud BRILHANTE&CALDAS, 1999) o define como a probabilidade de ocorrer acidentes e doenças, resultando em ferimentos ou mortes. O grau do risco é função do efeito adverso provocado por uma ação particular (BRILHANTE, O. M.; CALDAS, 1999).

A Agência de Proteção Ambiental Americana (*United States Environmental Protection Agency* – USEPA) considera risco, dentro do contexto ambiental, como

a probabilidade de ocorrência de efeitos nocivos para a saúde humana ou para sistemas ecológicos resultantes da exposição a um agente estressor ambiental. Um agente estressor é qualquer entidade física, química ou biológica que é capaz de induzir uma resposta adversa. Agentes estressores podem afetar negativamente recursos naturais específicos ou ecossistemas inteiros, incluindo plantas e animais, bem como o ambiente com o qual eles interagem. A USEPA utiliza avaliações de risco a fim de caracterizar a natureza e a magnitude dos riscos à saúde para os seres humanos (por exemplo, residentes, trabalhadores, visitantes recreativos) e aos receptores ecológicos (por exemplo, aves, peixes, vida selvagem) provocados por contaminantes químicos e outros agentes agressores, que podem estar presentes no meio ambiente (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022a).

De acordo com a Resolução do CONAMA, nº 420 de 28 de dezembro de 2009, risco é “a probabilidade de ocorrência de efeito(s) adverso(s) em receptores expostos a contaminantes” (BRASIL, 2009). Segundo a CETESB, temos a seguinte definição para risco:

“Risco: compreende o risco à saúde e o risco ecológico. O risco à saúde é definido como a probabilidade de ocorrência de câncer em um determinado receptor exposto a contaminantes presentes em uma área contaminada ou a possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a substâncias não carcinogênicas. O risco ecológico é definido como a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos aos organismos presentes nos ecossistemas” (CETESB, 2007).

Seguindo a conceituação de riscos, quatro tipos possuem destaque na literatura sobre o tema: a) risco natural, são riscos que não podem ser naturalmente atribuídos ou relacionados à ação humana, como desabamentos, deslizamentos, terremotos, erupções vulcânicas e outros riscos geomorfológicos ou hidrológicos; b) riscos tecnológicos, são associados a processos de produção, como técnicas e equipamentos e aos processos de trabalho e sua relação com os indivíduos; c) riscos sociais, estão associados aos riscos naturais, mas são fortemente influenciados por meio da administração pública e políticas e seus impactos na sociedade, como o crescimento urbano, densidade populacional excessiva; e d) riscos ambientais são os risco que ocorrem no meio ambiente, logo há uma associação dos riscos naturais aos demais, pois considera o entorno, seja ele um ambiente natural ou antropogênico (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2007).

Avançando e considerando os conceitos de áreas contaminadas e risco, se faz necessário compreender como funciona o mecanismo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC). A legislação federal responsável por definir a qualidade do solo e sobre a necessidade de se iniciar um processo de gerenciamento de áreas contaminadas é a Resolução nº 420, de 28 de Dezembro de 2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente e “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” (BRASIL, 2009). A legislação federal define no artigo 3º as principais funções do solo:

- I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos;
- II - manter o ciclo da água e dos nutrientes;
- III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo;
- IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos;
- V - proteger as águas superficiais e subterrâneas;
- VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural;
- VII - constituir fonte de recursos minerais; e
- VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos (BRASIL, 2009).

Nota-se que além de servir como meio para ocupação territorial existem outras funções atribuídas ao solo, portanto quando há contaminação, todas essas funções podem ser impactadas e limitadas, de forma transitória ou definitiva. A legislação, fornece, adicionalmente, uma série de importantes conceitos adotados no GAC que serão apresentados no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 Definições CONAMA 420/09

Termo	Definição
Avaliação de risco	processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido;
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

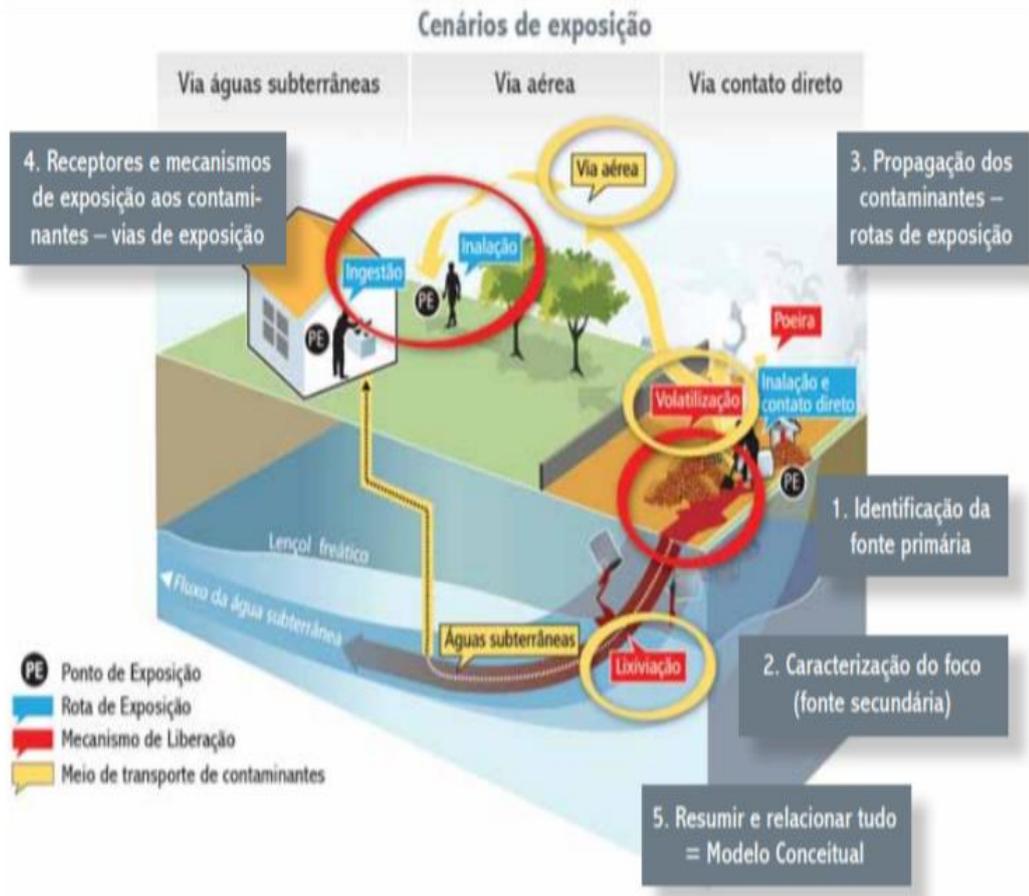
Termo	Definição
Cenário de exposição padronizado	padronização do conjunto de variáveis relativas à liberação das substâncias químicas de interesse, a partir de uma fonte primária ou secundária de contaminação; aos caminhos de exposição e às vias de ingresso no receptor considerado, para derivar os valores de investigação, em função dos diferentes usos do solo;
Contaminação	presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico;
Valor de Referência de Qualidade-VRQ	é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo;
Valor de Prevenção-VP	é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais de acordo com o art. 3º;
Valor de Investigação-VI	é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

Fonte: BRASIL, 2009(adaptado)

É importante notar que a definição empregada para contaminação na legislação federal, conforme o Quadro 2, considera a restrição de funções do solo com base em 3 fatores essenciais: a avaliação de risco à saúde humana, quais os bens a proteger e qual o cenário de exposição. Portanto todos esses fatores devem ser avaliados de forma integrada para que a denominação de contaminação seja aplicada. No Quadro 2 também é possível encontrar a definição dos valores orientadores. Os Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para substâncias químicas de ocorrência natural são estabelecidos pelos estados, observando as normas presentes na legislação e aspectos como tipo de solo, condições climáticas, entre outros. Valores de referência para inorgânicos e outras substâncias que não possuem ocorrência natural estão listados na legislação CONAMA 420. Em alguns casos, Valores de Prevenção (VP) e Valores de Investigação (VI) podem ser definidos pelos estados, desde que tecnicamente justificado. A Figura 6, abaixo, é

uma ilustração de um cenário de exposição, com a representação dos bens a proteger.

Figura 6 Cenários de Exposição



Fonte: (MARKER, 2013)

Uma vez definidos os valores orientadores, e após a realização de análises ambientais, os solos são classificados de acordo com o Quadro 3, cujo procedimentos de controle também estão listados.

Quadro 3 Classificação do Solos CONAMA 420/09

Classificação	Definição	Procedimentos
Classe 1	Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ;	Não requer ações
Classe 2	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP	Poderá requerer uma avaliação do órgão ambiental, incluindo a verificação da possibilidade de ocorrência natural da substância ou da existência de fontes de poluição.
Classe 3	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI	Requer identificação da fonte potencial de contaminação, avaliação da ocorrência natural da substância, controle das fontes de contaminação e

Classificação	Definição	Procedimentos
		monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea.
Classe 4	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI	Requer as ações estabelecidas no Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Fonte: BRASIL, 2009 (adaptado)

Portanto o processo de Gerenciamento de Área Contaminada, de acordo com a legislação federal se inicia em solos Classe 4 e é de responsabilidade do órgão ambiental de cada estado. No estado de São Paulo, a CETESB é o órgão ambiental competente para a realização do GAC. De acordo com o Decreto Estadual nº 59.263, de 05 de junho de 2013, responsável por regulamentar a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, a definição de gerenciamento de áreas contaminadas é “conjunto de medidas que asseguram o conhecimento das características das áreas contaminadas e a definição das medidas de intervenção mais adequadas a serem exigidas, visando eliminar ou minimizar os danos e/ou riscos aos bens a proteger, gerados pelos contaminantes nelas contidas” (SÃO PAULO (ESTADO), 2013).

2.3.1 Etapas do GAC

O gerenciamento de uma área contaminada deve conter, em geral, dois processos de entendimento do problema. O primeiro processo, de identificação e compreensão da dimensão da contaminação e o segundo, direcionado ao processo de reabilitação da área, com o desenvolvimento de planos de intervenção e monitoramento. A finalização do processo de GAC ocorre com a reabilitação da área para o uso pretendido e declarado ao órgão ambiental, durante o processo de gerenciamento (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014).

A Decisão de Diretoria da CETESB, nº 038 de 07 de fevereiro de 2017 (CETESB, 2017a), atualizou os processos de GAC, que em consonância com o Decreto nº 59263/2013 e apresenta a redação de importantes conceitos para entender as diferentes etapas do processo. No Quadro 4, são apresentados os principais conceitos.

Quadro 4 Conceitos GAC

Termo	Definição
Área Fonte	Área que abriga ou abrigou fontes potenciais ou fontes primárias de contaminação

Termo	Definição
Concentração Máxima Aceitável (CMA)	Concentração da substância química de interesse acima da qual há necessidade de implementação de medidas de intervenção.
Foco de Contaminação (Hot spot)	Porção de uma área contaminada onde são detectadas as maiores concentrações das substâncias químicas de interesse.
Fonte Primária de Contaminação	Instalação, equipamento ou material a partir dos quais as substâncias químicas de interesse se originam e estão sendo, ou foram liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico.
Fonte Secundária de Contaminação	Meio atingido por substâncias químicas de interesse provenientes da Fonte Primária de Contaminação, capaz de armazenar certa massa dessas substâncias e atuar como fonte de contaminação de outros compartimentos do meio físico.

Fonte (CETESB, 2017a) (adaptado)

A primeira etapa do processo do GAC, Identificação de Áreas Contaminadas tem a objetivo de identificar as áreas contaminadas, determinar sua localização e avaliar os riscos a elas associados, possibilitando a decisão sobre a necessidade de adoção de medidas de intervenção. É formado por seis etapas: identificação de áreas com potencial de contaminação; priorização de áreas com potencial de contaminação; avaliação preliminar; investigação confirmatória; investigação detalhada; e avaliação de risco (CETESB, 2017a).

De acordo com Decreto Estadual 59.623/2013, área com potencial de contaminação corresponde a área em que são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas atribuições, possam acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada (SÃO PAULO (ESTADO), 2013). A avaliação preliminar, objetiva encontrar sinais de uma possível contaminação ambiental. É realizada com base em informações disponíveis, como levantamento histórico, entrevistas, imagens e fotos, e inspeções em campo, visando fundamentar a suspeita de contaminação. A investigação confirmatória é etapa da avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, são realizados estudos e investigações a fim de comprovar a existência de contaminação. É na investigação detalhada que se caracteriza de forma qualitativa e quantitativa a fonte de contaminação, o meio físico e dispersão da contaminação (ABNT, 2011).

O segundo processo do GAC, Reabilitação de Áreas Contaminadas possibilita a escolha e execução, quando há necessidade, das medidas de intervenção, visando reabilitar a área para o uso declarado. É formado por três etapas: elaboração do plano de intervenção; execução do plano de intervenção; e

o monitoramento para encerramento. O plano de intervenção é o documento que apresenta a escolha do melhor grupo de medidas de intervenção voltadas ao gerenciamento e minimização do risco. Dentro do plano de intervenção podem existir as chamadas medidas de controle institucional, ações, adotadas visando a diminuir o risco ou impedir ou reduzir a exposição de um determinado receptor, por meio da imposição de restrições de uso, incluindo, entre outras, ao uso do solo, ao uso de água subterrânea, ao uso de água superficial, ao consumo de alimentos e ao uso de edificações, podendo ser provisórias ou não (SÃO PAULO (ESTADO), 2013). Na Figura 7 é apresentada uma ilustração da adoção de medidas de intervenção e suas aplicações.

Figura 7 Medidas de intervenção adotadas na Praça Victor Civita



Fonte: (MARKER, 2013)

De acordo com a Figura 7, as medidas de intervenção demonstram as limitações da área, os impactos que a contaminação causou e que mesmo após o processo de remediação que foi adotado no local, o solo passa a não mais atender todas as funções que foram previamente listadas.

Nas Figura 8 e Figura 9, a seguir, são apresentados fluxogramas em que se pode visualizar todas as etapas do processo de gerenciamento, bem como a classificação atribuída a etapa deste processo.

Figura 8 Procedimentos do GAC para classificação de áreas contaminadas e potencialmente contaminadas

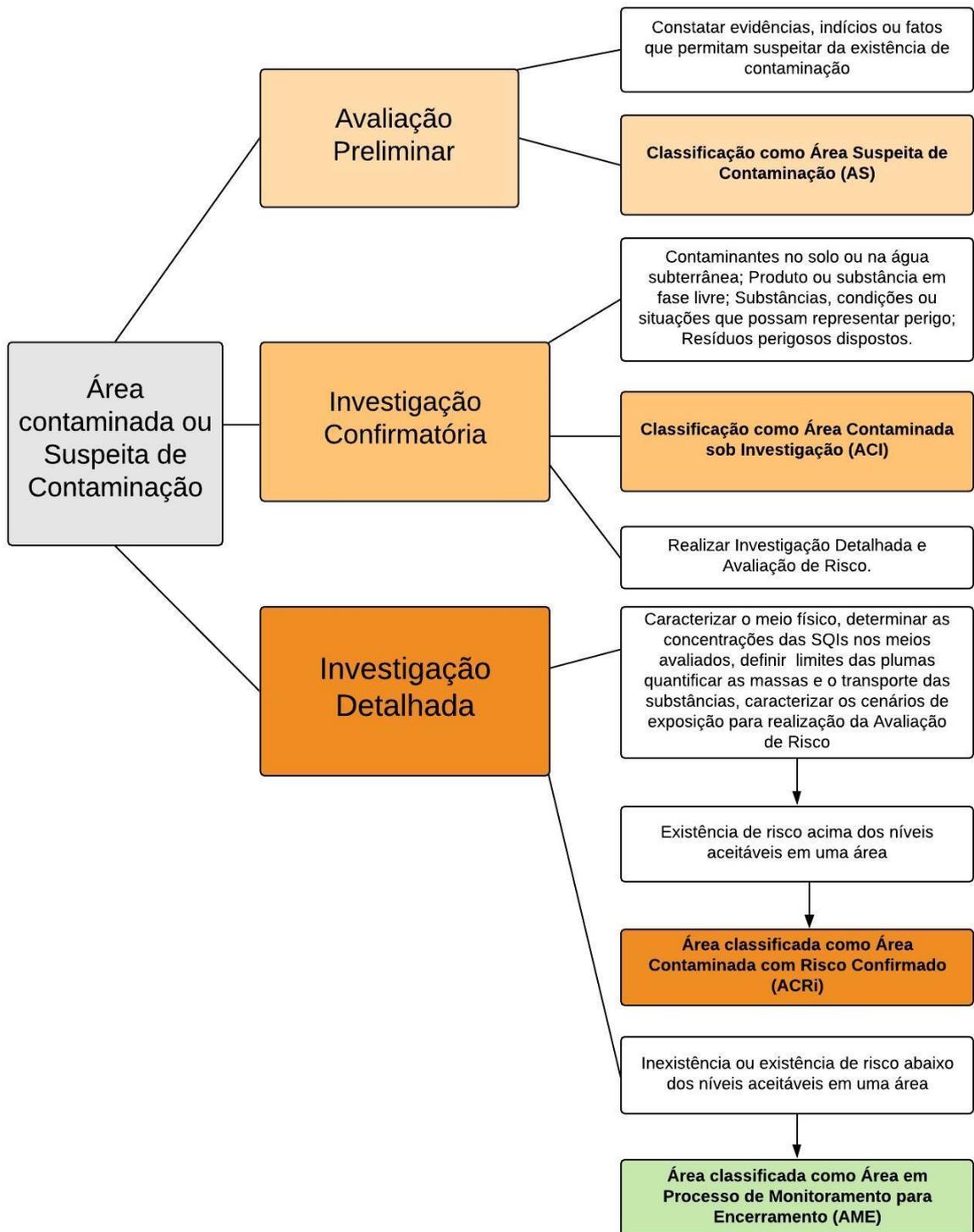
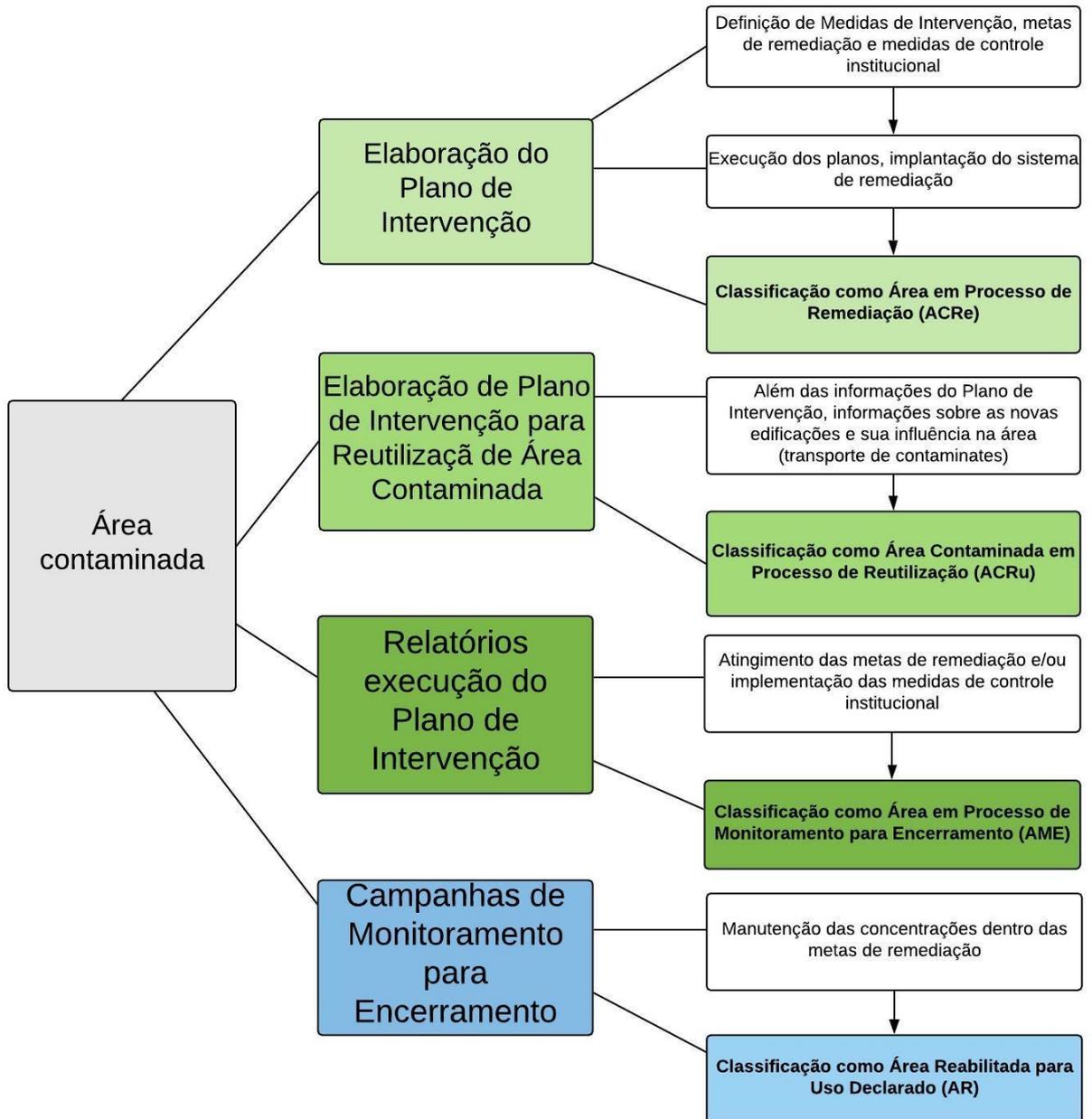


Figura 9 Procedimentos do GAC para classificação de áreas contaminadas e reabilitadas



Fonte: CETESB, 2017a (adaptado)

Durante a realização das etapas do GAC, a classificação se dará conforme o nível das informações obtidas, riscos existentes ou das medidas de intervenção que foram utilizados. O processo de GAC pode se iniciar sem que a área seja definida como potencialmente contaminada. Nos casos dos postos de combustíveis, dentro do processo de licenciamento são solicitadas investigações ambientais para identificar preventivamente possíveis vazamentos que acarretem

a contaminação da área. Em casos de mudança de uso do solo, em que o local abrigou atividades potencialmente poluidoras, e passará a abrigar um novo tipo de ocupação, como residências ou escritórios, é necessária a realização da Avaliação Preliminar, para garantir uma reutilização segura.

No Quadro 5 são descritas todas as classificações constantes do Decreto nº 59.263/2013:

Quadro 5 Classificação das áreas contaminadas conforme Decreto estadual nº 59.263/2013

Área	Descrição
Área com Potencial de Contaminação (AP)	Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas características, possam acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada;
Área Suspeita de Contaminação (AS)	Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria com indícios de ser uma área contaminada conforme resultado da avaliação preliminar;
Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Área onde foram constatadas por meio de investigação confirmatória concentrações de contaminantes que colocam, ou podem colocar, em risco os bens a proteger;
Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi)	Área onde foi constatada, por meio de investigação detalhada e avaliação de risco, contaminação no solo ou em águas subterrâneas, a existência de risco à saúde ou à vida humana, ecológico, ou onde foram ultrapassados os padrões legais aplicáveis;
Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Área onde estão sendo aplicadas medidas de remediação visando a eliminação da massa de contaminantes ou, na impossibilidade técnica ou econômica, sua redução ou a execução de medidas contenção e/ou isolamento;
Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Área na qual não foi constatado risco ou as metas de remediação foram atingidas após implantadas as medidas de remediação, encontrando-se em processo de monitoramento para verificação da manutenção das concentrações em níveis aceitáveis;
Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu)	Área contaminada onde se pretende estabelecer um uso do solo diferente daquele que originou a contaminação, com a eliminação, ou a redução a níveis aceitáveis, dos riscos aos bens a proteger, decorrentes da contaminação;

Área	Descrição
Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria anteriormente contaminada que, depois de submetida às medidas de intervenção, ainda que não tenha sido totalmente eliminada a massa de contaminação, tem restabelecido o nível de risco aceitável à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger;
Área Contaminada Crítica (AC crítica)	Áreas contaminadas que, em função dos danos ou riscos, geram risco iminente à vida ou saúde humanas, inquietação na população ou conflitos entre os atores envolvidos, exigindo imediata intervenção pelo responsável ou pelo poder público, com necessária execução diferenciada quanto à intervenção, comunicação de risco e gestão da informação;

Fonte: (SÃO PAULO (ESTADO), 2013) adaptado

Conforme os fluxogramas e o quadro descritivo apresentado, é possível compreender que o processo de classificação de áreas contaminadas, se refere a um enquadramento da área dentre as diversas etapas do GAC, indicando as medidas de controle de risco adotadas, mas não fornece um *status* ambiental da área ou os níveis de contaminação encontrados.

2.3.2 Ferramentas empregadas no GAC

Durante o desenvolvimento das etapas do GAC duas importantes ferramentas são empregadas, visando uma melhor compreensão das características da área, da contaminação presente, das possíveis vias que essa contaminação pode percorrer e dos possíveis receptores. São elas o Modelo Conceitual do Site e a Análise de Risco.

A USEPA define *Conceptual Site Model* (CSM), como uma representação dinâmica e interativa de um site que resume e ajuda as equipes de projeto a visualizar e entender as informações disponíveis. O desenvolvimento e a evolução do modelo podem, além de atender às necessidades de cada estágio do ciclo de vida de um projeto como também fornece uma ferramenta valiosa para uma remediação. O nível de trabalho necessário para obter as informações específicas do CSM deve estar correlacionado com o nível de maturidade de investigações do site, sua complexidade e a magnitude dos desafios de caracterização e limpeza que as equipes de projeto enfrentam. Um CSM detalhado, atualizado e preciso pode ser extremamente útil no apoio a decisões relacionadas a elementos-chave

do projeto, tais como o risco cumulativo, a seleção de técnicas de remediação, a implementação e a conclusão para reutilização do local (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2011).

De acordo com o Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB (2001), o Modelo conceitual trata-se de uma síntese das informações existentes relacionadas a área e que permite identificar, por meio de texto ou de uma ilustração, a localização da contaminação, como ela se propaga e como se relaciona com os bens a proteger. De acordo com o avanço nas investigações do local, esse modelo é sistematicamente atualizado. A norma brasileira ABNT 16210 de 28 de agosto de 2013 estabelece os critérios que devem ser adotados na elaboração do Modelo Conceitual, bem como define seu conceito: “um modelo conceitual é a representação escrita ou gráfica de um sistema ambiental e os processos biológicos, químicos e físicos, que determinam o transporte dos contaminantes a partir das fontes, através dos meios, até os receptores envolvidos”. (ABNT, 2013b). A norma, estabelece ainda, qual o conteúdo mínimo que um Modelo Conceitual deve conter, conforme expresso no Quadro 6, abaixo. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a seguir, é possível ver um exemplo de modelo conceitual do tipo texto.

Quadro 6 Modelo Conceitual

Item	Descrição
Determinação dos limites da área objeto de estudo e resumo das informações históricas de uso e ocupação	Representar a área e seu entorno, reunir informações históricas e atuais, através de mapas, imagens aéreas, seções transversais, dados ambientais, registros, relatórios, estudos e outras fontes de informação
Determinação das fontes de contaminação	Identificar e caracterizar as potenciais, suspeitas e reais fontes de contaminação através da indicação de sua localização (externa ou interna) e seus limites; as substâncias químicas de interesse, suas áreas, seus volumes, concentrações médias na fonte, taxas e mecanismos de liberação dos contaminantes;
Identificação das substâncias químicas de interesse	Identificar os contaminantes existentes na água subterrânea, nas águas superficiais, solos, sedimentos, biota e no ar, bem como seu comportamento físico-químico típico em cada meio;
Ocorrência natural das substâncias de interesse	Deve ser avaliada a possibilidade de ocorrência natural das concentrações das substâncias químicas de interesse
Avaliação da possibilidade de mobilização de substâncias	Avaliar possíveis interações do contaminantes com as substâncias químicas de ocorrências natural.

Item	Descrição
naturais em função da interação destas com o contaminante	
Caracterização do meio físico	Descrever as características geológicas, hidrogeológicas, geoquímicas, hidrológicas e outras características consideradas relevantes para o estudo
Vias de transporte dos contaminantes	Quais as principais vias de migração através da água subterrânea, água superficial, ar, solo, sedimento e biota para cada fonte, seja elas potenciais, suspeitas ou reais.
Identificação e caracterização dos receptores e bens a proteger	Identificar e local em mapa os receptores expostos ou potencialmente expostos atuais ou futuros na área de interesse e no seu entorno. As vias completas de exposição devem ser identificadas e diferenciadas das vias incompletas

Fonte: (ABNT, 2013 adaptado)

Figura 10 Modelo Conceitual

Dados Cadastrais e Informações Gerais da Área Avaliada:								
Razão Social: [REDACTED]								
Endereço: [REDACTED]								
Principais Atividades Desenvolvidas Anteriormente: Destilação de Glicerina; Destilação e prensagem de sebo animal para a produção de Estearina (ácido esteárico) e Oleina (ácido oleico); e Produção de óleos de Babaçu, de Linhaça e de Arroz.								
Principais Atividades Desenvolvidas Atualmente: Fracionamento, envase e comercialização de produtos orgânicos.								
Uso e Ocupação do Solo (500 m): Tipo de ocupação predominante: mista (residencial, comercial e industrial), conforme caracterização do uso e ocupação do solo apresentada no estudo de Avaliação Preliminar da empresa [REDACTED]. Corpos hídricos superficiais: Rio Tietê. O referido Rio encontra-se distante a aproximadamente 70 metros a noroeste da área em estudo.								
Contexto Geológico e Hidrogeológico								
Geologia Regional: A área objeto deste estudo está posicionada sobre terrenos datados do Quaternário, compreendendo aluviões fluviais caracterizados por camadas de sedimentos argilosos, areias e cascalhos.								
Geologia Local: Sedimentos terciários-quaternários, compreendendo argilas, areias e cascalhos.								
Hidrogeologia Regional: Aquífero São Paulo. Caráter livre e de média a baixa produtividade, entre 10 a 40 m ³ /hora.								
Hidrogeologia Local: O presente estudo compreendeu a avaliação da porção superficial do aquífero freático, que se caracteriza por ser do tipo livre e poroso, com heterogeneidades associadas às variações litológicas do meio. A profundidade média do N.A. é de 4 metros.								
Caracterização da Contaminação								
Área Fonte/Local	Produtos	Mecanismos Primários de Liberação	Vias de Transporte dos Contaminantes	Parâmetros Químicos de Interesse Acima dos VR's	Presença de Produto em Fase Livre/Fase Pura	Receptores Potenciais	Classificação da Área	
Uso Histórico	Tanques aéreos para armazenamento de glicerinas crua, águas glicerinosas e ácidos graxos	Óleos (não lubrificantes e não combustíveis)	Vazamentos e consequente infiltração no solo	Infiltração no solo e dispersão na água subterrânea por advecção e difusão	Não	PM-01, PM-03, PM-06 e ST-19	Funcionários da Química Anastacio, eventuais trabalhadores de obra (na fonte), moradores e funcionários dos estabelecimentos comerciais/indústrias existentes nas adjacências	Área Contaminada sob Investigação (ACI)
Uso Histórico	Antigo Local da Estação de Tratamento de Efluentes	Desconhecido	Vazamentos e consequente infiltração no solo	Infiltração no solo e dispersão na água subterrânea por advecção e difusão	Sim (Bário em fase dissolvida)	Não		
Jardim existente na porção oeste da área em estudo - Área Fonte não identificada	Desconhecido	Infiltração no solo	Infiltração no solo e dispersão na água subterrânea por advecção e difusão	Sim (Dietilxil ftalato em fase dissolvida)	Não			

Fonte: Processo CETESB nº 45/00054/17

Uma vez abordado o Modelo Conceitual, outra ferramenta essencial e que ditará diversas ações do GAC é a Análise de risco. De acordo com a Resolução do CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009, avaliação de risco consiste em “processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido (BRASIL, 2009).

O processo de avaliação de risco começou a ser empregado, mais comumente, a partir dos anos 80 e é utilizado para diversos tipos de problemas. O campo de aplicação compreende desde os efeitos da poluição ambiental nos seres humanos e nos ecossistemas até as decisões financeiras. As diferentes abordagens usadas para se efetuar uma avaliação de risco vão desde o estudo de uma propriedade química, física ou biológica de um determinado material, substância ou atividade, até o cálculo numérico de índices e a comunicação sobre probabilidades de ocorrência e consequências de eventos catastróficos. A avaliação de risco é definida por Berger (1982, apud BRILHANTE, O. M.; CALDAS, 1999) “como a identificação do perigo, a localização de suas causas, a estimativa da extensão dos seus danos e a comparação destes com os benefícios”. Refere-se a um procedimento que inclui conjuntamente a análise do risco e a análise de segurança, cuja primeira é uma avaliação quantitativa das consequências das decisões, e a segunda, a estimativa do nível do risco aceitável para a sociedade (BRILHANTE, O. M.; CALDAS, 1999).

A USEPA possui dois tipos diferentes de avaliação de risco. A avaliação de risco ecológico, um processo para avaliar a probabilidade de que o ambiente possa ser impactado como resultado da exposição a um ou mais agentes estressores ambientais, como produtos químicos, mudanças no uso e ocupação do solo, doenças, presença de espécies invasoras e alterações climáticas. Já a avaliação de risco à saúde humana, é uma metodologia que considera dados ambientais para estimar a probabilidade de efeitos adversos para a saúde em seres humanos, que possam estar expostos a substâncias químicas provenientes do contato com áreas contaminadas, agora ou no futuro. Ambas as avaliações passam por um processo prévio que é o planejamento, que objetiva definir o propósito da avaliação, o alcance e as abordagens técnicas que serão empregadas. Algumas perguntas podem nortear esse planejamento (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022b):

- Quem / O que / Onde está em risco? Individual; população geral afetada; e Subgrupos de população com maior suscetibilidade.
- Qual é o risco ambiental de associado? Presença de produtos químicos (risco único ou múltiplo / cumulativo); radiação; microbiológica ou biológica (doença ou espécie invasiva).

- Qual a origem do risco ambiental? Fontes pontuais, como a contaminação de uma área; fontes não pontuais, escoamento agrícola por exemplo; fontes naturais.
- Como ocorre a exposição? Por meio do contato com o solo, subsolo, águas superficiais, águas subterrâneas.
- Quais são as rotas de exposição? Ingestão (alimento e água), contato com a pele, inalação.
- Como o corpo humano ou diferentes espécies vivas reagem em contato ao contaminante ambiental? Absorção, o corpo absorve o contaminante; distribuição - o contaminante percorre todo o corpo ou permanece em um só órgão; metabolismo, o corpo metaboliza a substância; excreção, o organismo tem capacidade de excretar a substância.
- Quanto tempo leva para um risco ambiental provocar um efeito tóxico? É importante quando ocorre uma exposição ao longo da vida? Agudo, imediatamente ou dentro de algumas horas a um dia; subcrônico, leva semanas ou meses (para humanos geralmente menos de 10% de sua vida útil); Crônica - uma parte significativa da vida, considerando organismos humanos pelo menos, sete anos. Existe um estágio crítico, durante a vida, quando um produto químico é mais tóxico: durante o desenvolvimento fetal ou embrionário, estágios juvenis, idade adulta.

Na avaliação de risco ecológico, são considerados três passos, além da fase de planejamento: a) formulação do problema, em que o objetivo desta fase é a formulação do problema e a definição de ponto principal de avaliação, determinar qual entidade ecológica (espécie, habitat, ecossistema) é importante para proteger; b) análise, busca reunir as informações necessárias para determinar ou prever respostas ecológicas aos agentes estressores sob condições de exposição de interesse, a determinação de quais plantas e animais estão expostos e em que grau estão expostos, além de informar se esse nível de exposição é provável ou não de causar efeitos ecológicos nocivos, emprega conceitos como quocientes de risco, bioacumulação e biodisponibilidade; e c) caracterização do risco, utilizar os resultados da análise para descrever e estimar o risco e indicar o grau geral de confiança nas estimativas de risco, resumindo as incertezas, citando evidências que embasam as estimativas de risco. A Figura 11 apresenta um fluxograma das

fases da avaliação de risco (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022d).

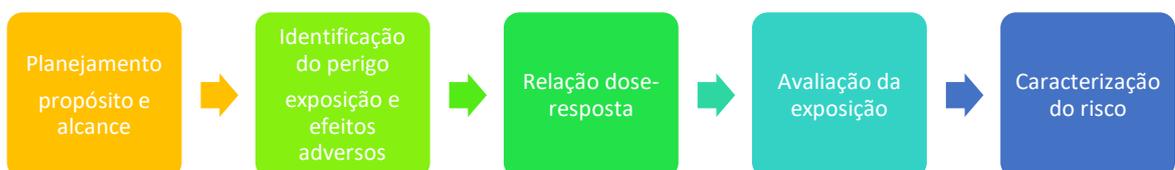
Figura 11 Fases da Avaliação de Risco Ecológico



Fonte: UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022a(adaptado)

A avaliação de risco a saúde humana é composta de quatro fases: a) identificação do perigo, verificar os tipos de efeitos adversos para a saúde que podem ser provocados pela exposição a algum agente em questão e caracterizar a qualidade e o peso da evidência que sustenta essa identificação; b) relação dose resposta, analisa e registra a relação entre a dose e o efeito tóxico ao organismo, a probabilidade e a gravidade dos efeitos adversos para a saúde e sua relação com a quantidade e condição de exposição a um agente; c) avaliação da exposição, o processo de mensurar ou estimar a magnitude, a frequência e a duração da exposição humana a um agente no ambiente, ou estimar exposições futuras para um agente que ainda não foi liberado; e d) caracterização de risco, transmite o julgamento do avaliador de risco quanto à natureza e presença ou ausência de riscos, além de fornecer informações sobre a metodologia adotada para avaliação do risco. A Figura 12 apresenta um fluxograma das fases da avaliação de risco a saúde humana (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022e).

Figura 12 Fases da Avaliação de Risco à Saúde Humana



Fonte: UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022c (adaptado)

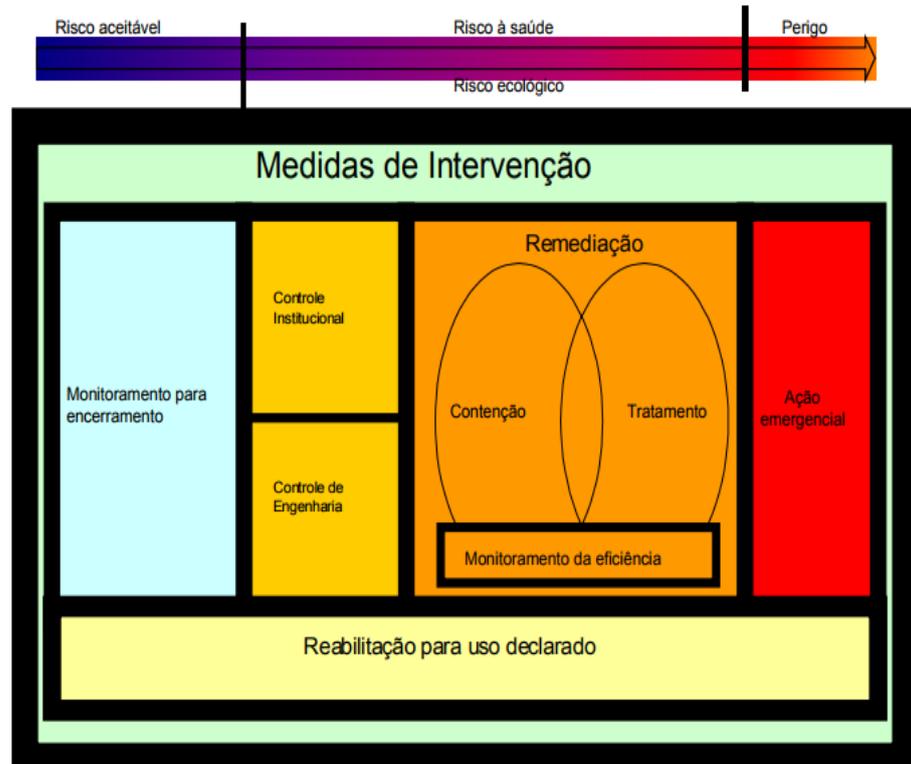
De acordo com as duas avaliações de risco adotadas pela USEPA, cada componente da avaliação de risco apresenta uma caracterização de risco individual, que é somada aos principais achados, premissas, limitações e incertezas. O conjunto dessas caracterizações de risco individuais resulta em uma base de informações para elaborar uma análise da caracterização de risco integrativa. Portanto, a avaliação final e global do risco consiste, em caracterizações de risco individuais adicionada a uma análise integrativa (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022e, d).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma brasileira (NBR) nº 16.209 que versa sobre a avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas, a avaliação de risco “é a etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas na qual se determinam as chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a áreas contaminadas por substâncias perigosas”(ABNT, 2013a).

Para a CETESB, o objetivo principal da realização de uma avaliação de risco ambiental é determinar se existe risco à saúde da população exposta aos contaminantes, que são derivados de áreas contaminadas sob investigação (AI), e que se encontrem acima do nível de risco estabelecido como aceitável. Trata-se de uma ferramenta utilizada para definir a necessidade de implementação de medidas de intervenção em uma área contaminada e para definir as metas de remediação a serem atingidas. A quantificação do risco à saúde pode ser calculada empregando-se planilhas que possibilitam a consolidação de diversas análises e está disponível na página da CETESB. Essas planilhas baseiam-se em equações que permitem o cálculo do risco decorrente da exposição às concentrações das substâncias de interesse, definidos nos pontos de exposição, bem como o cálculo das concentrações das metas de remediação (CETESB, 2017a).

Ainda conforme a CETESB, quando for comprovado durante a avaliação, presença de risco à saúde, que se encontrem acima do valor aceitável será necessária a aplicação de técnicas de remediação com o objetivo de proteção aos receptores ecológicos, ou mesmo quando ocorrerem situações de perigo. A Figura 13 apresenta um diagrama de tomada de decisão de acordo com a avaliação de risco (CETESB, 2007).

Figura 13 Gerenciamento de risco



Fonte: CETESB, 2007

Na Figura acima é possível identificar a importância da avaliação de risco. Ela atua como um norteador no gerenciamento de áreas contaminadas, principalmente no que se refere às medidas empregadas nos processos de remediação ambiental e na liberação de uma área para ser reutilizada, conforme o novo uso pretendido.

2.4 Inventários de Áreas Contaminadas

De acordo com a iniciativa CABERNET (2006), os *brownfields* estão presentes em diversas cidades europeias, contudo o conceito de *brownfield* e a forma de armazenar as informações variam entre os países. Em documento publicado no ano de 2006 a iniciativa apresentou os seguintes dados de alguns países europeus para *brownfields*: 11 mil hectares na Holanda, 128 mil hectares na Alemanha, 800 mil hectares na Polônia e 900 mil hectares na Romênia (FERBER et al., 2006). Os dados aqui apresentados não apresentam um número de áreas, mas a extensão de áreas identificadas.

Ontário, província mais populosa e industrializada do Canadá, apresenta registro de 4.524 *brownfields* (DE SOUSA; SPIESS, 2018). Dados consolidados e publicados pelo Inventário Federal de Áreas Contaminadas do Canadá, indicam que até o momento, departamentos, agências e corporações identificaram e classificaram mais de 22.000 locais contaminados ou suspeitos de contaminação em áreas urbanas, rurais e remotas (GOVERNMENT OF CANADA, [S.d.]).

Nos Estados Unidos, segundo dados da USEPA, 35.411 áreas foram investigadas até agosto de 2022, por meio do *Brownfields Program*, um programa que permite que estados, comunidades e outras partes interessadas trabalhem em conjunto para prevenir, avaliar, remediar com segurança e reutilizar de forma sustentável os *brownfields* (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022c).

Na Inglaterra existem mais de 66 mil hectares de *brownfields*, localizados, principalmente, em áreas em crescimento e que seriam adequadas para acomodar mais de 200 mil novas residências (LONGO; CAMPBELL, 2017).

A Sexta Conferência Internacional Europeia da Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre Meio Ambiente e Saúde, realizada na cidade de Ostrava em 2017, forneceu um conjunto de ações sugeridas em sete grandes áreas relacionados a meio ambiente e saúde, incluindo a temática das áreas contaminadas. A declaração de Ostrava promoveu um compromisso no sentido de prevenir e eliminar os efeitos adversos ambientais e para a saúde, custos e desigualdades relacionados com a gestão de resíduos e áreas contaminadas. O tema foi reconhecido, pela primeira vez, como uma prioridade na Europa, do ponto de vista da saúde pública. Dados recentes sobre áreas contaminadas fornecidos pela EIONET (Rede Europeia de Informação e Observação Ambiental), cujo último levantamento foi realizado nos anos de 2011–12, com contribuição de países de forma voluntária, estimou existir cerca de 342 mil áreas contaminadas e mais de 2,5 milhões de locais potencialmente contaminados em todos os países pertencentes à rede. Estima-se ainda que a disposição e tratamento de resíduos contribuíram com mais de 37% dos locais, enquanto as atividades industriais e comerciais, cerca de 33% (PASETTO et al., 2019).

2.4.1 As áreas contaminadas na América Latina

As áreas contaminadas estão fortemente ligadas às atividades produtivas. Em alguns países da América Latina, como Bolívia, Chile, Colômbia e Peru, a mineração foi um importante marco no desenvolvimento, contudo além de alcançar os máximos benefícios sociais e econômicos, tais atividades devem internalizar efetivamente os impactos ambientais e sociais que geram. As áreas contaminadas oriundas de atividades mineiras, são abordadas como Passivos Ambientais Mineiros (PAMs). Atualmente, mais de 1.266 PAMs foram oficialmente registrados na Bolívia, 492 locais abandonados no Chile, 522 PAMs na Colômbia e 8.616 no Peru (OBLASSER, 2016).

Já Segundo ARIAS ESPANA et al. (2018) atualmente existem 1.843 áreas potencialmente contaminadas na Colômbia, contudo o autor destaca que o país carece de uma estrutura formal para avaliação e gestão das áreas contaminadas (ARIAS ESPANA et al., 2018).

Na Argentina, O Programa de Gestão Integral de Sítios Contaminados (PROSICO), criado pela Resolução SAyDS 515/06, surgiu da necessidade de identificar e remediar áreas contaminadas no território nacional para evitar danos à saúde humana e ao meio ambiente em geral (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE Y DESARROLO SUSTENTABLE, 2006). Estima-se que existam cerca de 500 áreas contaminadas na cidade de Buenos Aires (ROCHA, 2018).

2.4.2 A realidade brasileira

A Constituição Federal brasileira estabelece que “a proteção do meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas” é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, nos termos dos artigos 24, I e IV (BRASIL, 1988). Portanto, a competência para legislar sobre os recursos naturais e proteção do solo, proteção do meio ambiente e controle da poluição é concorrente da União, dos Estados e do Distrito Federal.

Visando o levantamento e o adequado gerenciamento das áreas contaminadas, o IBAMA, criou, em atendimento a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC), com o objetivo de publicar, de forma unificada as informações sobre as áreas contaminadas e suas principais características, e que deve ser alimentado com as informações prestadas pelos municípios. Ainda de acordo com a Resolução

CONAMA nº 420, dadas as situações de sigilo previstas em lei, nos relatórios de áreas contaminadas devem constar, no mínimo, os itens apresentados no Quadro 7, abaixo (BRASIL, 2009):

Quadro 7 Dados sobre as áreas contaminadas

Itens	Subitens
Identificação das áreas	Toponímia; Georreferenciamento; Características hidrogeológicas; hidrológicas; fisiografia.
Atividades poluidoras	Ativas e inativas; Fonte poluidora primária e secundária ou potencial; Extensão da área afetada; Causa da contaminação.
Características das fontes poluidoras	Se refere à disposição de resíduos, armazenamento de produtos químicos e perigosos, produção industrial, vias de contaminação e impermeabilização da área.
Classificação das áreas	Tipologia AI, ACI, AMR e AR; Identificação de fase livre; Situação de remediação de fase livre.
Uso atual	Da área; Do entorno; Ação em curso; Ação pretérita.
Meios afetados e contaminantes	Meios afetados; contaminantes, por elemento químico ou por agrupamentos; Concentração de contaminantes.
Descrição dos bens a proteger e distância da fonte poluidora	
Cenários de risco e rotas de exposição	
Formas de intervenção	
Áreas contaminadas críticas	

Fonte: BRASIL, 2009 (adaptado)

Conforme informações disponíveis no site do IBAMA, por meio de uma tabela que indica quais dados são disponibilizados ao público por estado, é possível verificar que apenas os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais realizam a identificação das áreas contaminadas (IBAMA, 2021). Os dados relacionados aos estados, de acordo com a respectiva agência ambiental são: em São Paulo havia 6.434 áreas contaminadas em 2020 (CETESB, 2020b); 678 áreas em Minas Gerais no ano de 2020 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

(FEAM), 2020); e 328 áreas contaminadas no estado do Rio de Janeiro, em 2015 (INEA, 2015).

Na ausência de um banco de dados federal de áreas contaminadas, no ano de 2016, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), instituto público de pesquisas vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo publicou um inventário de áreas contaminadas no Brasil, com base em consultas a órgãos ambientais estaduais e empresas de consultoria ambiental (TEIXEIRA et al., 2016). No Quadro 8, a seguir, são apresentados os números encontrados pelo IPT.

Quadro 8 Áreas Contaminadas no Brasil em 2016

Estado	Áreas
Pará	2
Amazonas	3
Pernambuco	1
Piauí	5
Sergipe	5
Paraíba	9
Bahia	23
Tocantins	1
Distrito Federal	1
Mato Grosso	5
Espírito Santo	1
Rio de Janeiro	271
Minas Gerais	578
São Paulo	5351
Paraná	4
Santa Catarina	10
Rio Grande do Sul	18

Fonte: TEIXEIRA; MOTTA; MORAES, 2016

Observa-se que apesar do Brasil possuir 27 unidades federativas, a pesquisa realizada pelo IPT conseguiu identificar áreas contaminadas em 17 estados brasileiros, fornecendo assim informações acerca da lacuna de conhecimentos em algumas regiões brasileiras.

No ano de 2019 foi lançada a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana, uma iniciativa cujo objetivo é a melhoria dos indicadores de qualidade ambiental das cidades. A ação tem como finalidade atuar no desenvolvimento de políticas públicas mais efetivas e eficientes, integrando medidas em diferentes níveis de tomadas de decisão. Com a consolidação de múltiplos diagnósticos, seis linhas de atuação foram estabelecidas como metas iniciais deste governo: Lixo no Mar, Resíduos Sólidos, Áreas Verdes Urbanas, Qualidade do Ar, Saneamento e Qualidade das Águas, e Áreas Contaminadas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 2019).

Em 2020, é publicado o "Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas" (BRASIL, 2020), pelo Ministério do Meio Ambiente e por meio de acordo firmado com a Associação Brasileira de Empresas de Consultoria e Engenharia Ambiental (AESAS). O programa tem como o objetivo melhorar a gestão de áreas contaminadas em todo o país, integrando-se ao Programa Nacional Lixão Zero, apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente, em abril de 2019 e que objetiva a melhoria da qualidade de vida de 85% da população brasileira, que vive nas cidades.

Conjuntamente, se integra ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), lançado pelo MMA em junho de 2019, que dispõe de seção específica para cadastro do passivo ambiental existente nos municípios em decorrência da disposição inadequada de resíduos sólidos e que permitirá o mapeamento e a gestão dessas áreas, além de promover a unificação das informações (BRASIL, 2020).

O documento de publicação do Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas busca ainda apresentar um diagnóstico do cenário brasileiro, consolidando informações disponíveis sobre as áreas. Segundo o documento, atualmente existem 6.969 registros de áreas contaminadas no Brasil, presentes em 10 estados e cuja principal atividade geradora de contaminação foram os postos de combustíveis, respondendo por 71,1% das áreas. Na Figura 14 são apresentados os dados das áreas separados por estado.

Figura 14 Estimativa de áreas contaminadas no Brasil

Fonte: Brasil, 2020

De acordo com os dados apresentados na Figura 14, os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro concentram 99% do total de áreas, o que pode ser um indicativo da capacidade desses estados em identificar e estabelecer o GAC.

Ainda segundo a publicação, a maior parte das áreas contaminadas tem origem em duas atividades principais, os postos de combustíveis, com 71% dos registros e as indústrias com 19,5%.

Contudo, as informações relativas aos postos de combustíveis podem constituir um reflexo da legislação vigente (LINO; AQUINO, 2017). No ano de 2000 foi publicada a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 273, de 29 de novembro de 2000. Esta resolução “estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição”. Esse foco no segmento de postos de combustíveis ocorreu pois, considerou-se que toda instalação e sistemas de armazenamento de substâncias derivadas de petróleo e outros combustíveis, eram empreendimentos, potencialmente ou parcialmente, poluidores e geradores de impactos ambientais. Tal análise do CONAMA pondera que os vazamentos de derivados de petróleo e outros combustíveis podem causar contaminação de corpos d’água subterrâneos e superficiais, do solo e do ar. Ademais, os postos de combustíveis se localizam em áreas densamente povoadas, o que exigiria uma

atenção maior, dada a maior possibilidade de acidentes ambientais e ao grande número de pessoas a eles expostas.

Consequentemente, foi estabelecido que “a localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente”. Com essa resolução, as agências ambientais têm a competência de fiscalizar os postos de combustíveis. Adicionalmente, outra responsabilidade derivada desta resolução, e que até o momento foi uma iniciativa pioneira, é a exigência de um plano de desativação para esses locais, obrigando a elaboração de um plano de encerramento de atividades, que deve ser aprovado pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 2000b).

Logo, o reflexo destas medidas de proteção e controle, aplicadas ao segmento de postos de combustíveis, pode ser observada até os dias atuais, em que o número de áreas contaminadas constante nos inventários publicados no decorrer dos anos sempre foi significativamente maior que as demais fontes.

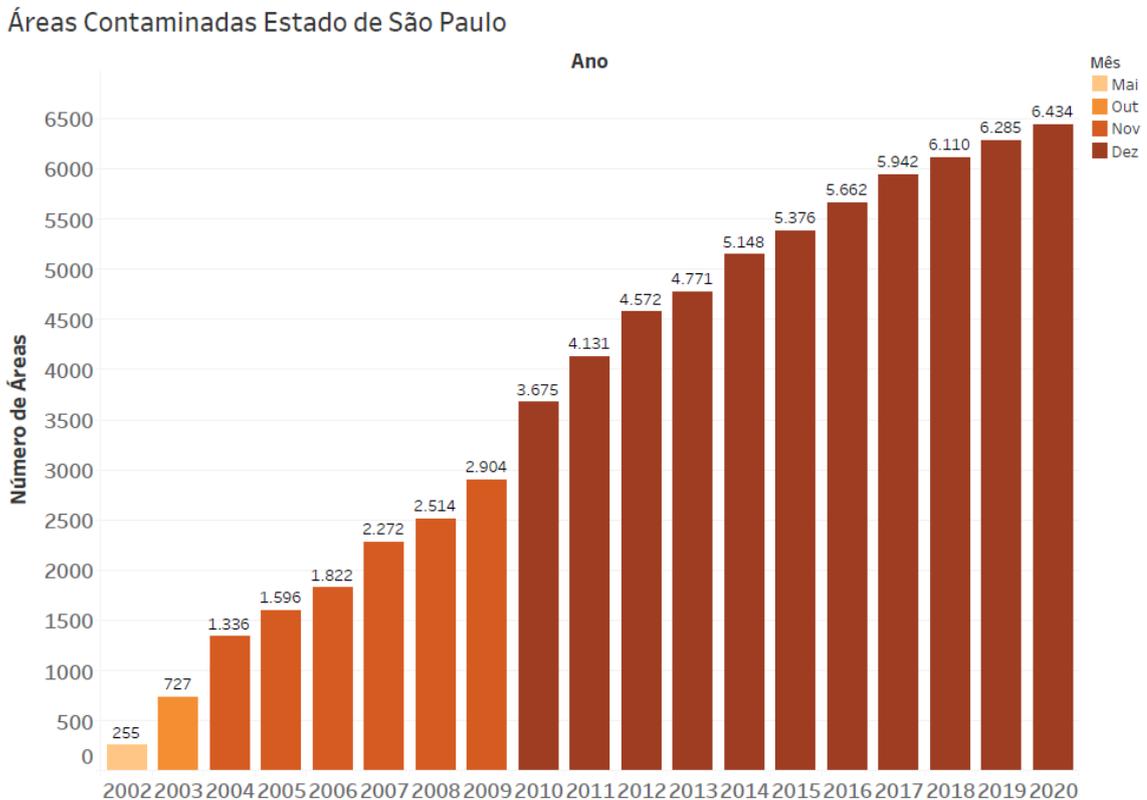
2.4.3 Áreas Contaminadas no estado de São Paulo

No mês de maio de 2002, a CETESB publicou, pela primeira vez, a lista de áreas contaminadas no estado de São Paulo, registrando a existência de 255 áreas. Esse relatório foi produzido pelo Departamento de Áreas Contaminadas e pela Divisão de Apoio Técnico e Acompanhamento, pertencentes à Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB, por meio da colaboração das 46 agências ambientais localizadas na capital, região metropolitana de São Paulo, litoral e interior do estado.

Esse levantamento foi possível porque, no ano de 1999, a CETESB, por meio de uma cooperação técnica com a agência alemã GTZ, desenvolveram um projeto intitulado Recuperação do solo e das águas subterrâneas em áreas de disposição de resíduos industriais, e que gerou a publicação do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo, documento pioneiro no país e em língua portuguesa, que possibilitou o esclarecimento sobre os conceitos aplicados às áreas contaminadas, metodologia de investigação, elaboração do cadastro e os procedimentos para processos de remediação (CETESB, 2001).

No Gráfico 1, por meio da consolidação dos dados, observamos a evolução cronológica no número de áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas no estado de São Paulo.

Gráfico 1 Áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas no estado de São Paulo



Fonte: (CETESB, 2020b)(adaptado)

É possível notar como o número de áreas cresceu expressivamente durante os anos últimos 14 anos, o que não implica no avanço da contaminação ambiental no município, mas em uma melhoria no processo de identificação das áreas (LINO; AQUINO, 2017).

A partir das informações que são fornecidas durante o GAC, a CETESB publica anualmente a Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, um documento em formato PDF. Além deste documento, também são disponibilizados os dados georreferenciados por meio da plataforma DATAGEO, uma base territorial ambiental unificada do estado de São Paulo.

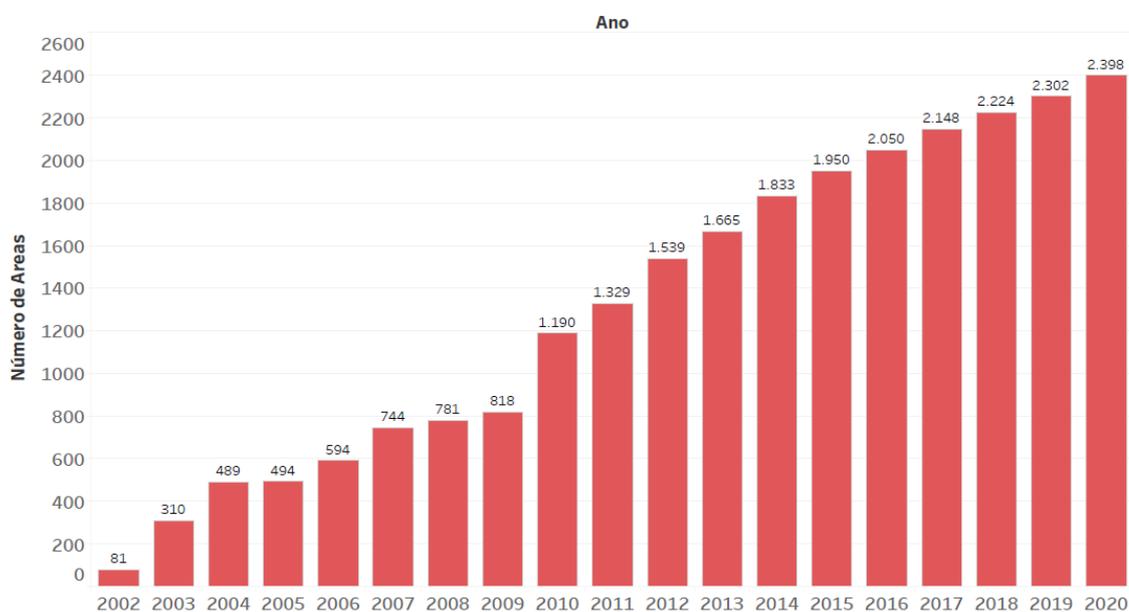
De acordo com o Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, publicado em dezembro de 2020, o estado possui atualmente 6.434 áreas contaminadas e reabilitadas (CETESB, 2020a).

2.4.4 Áreas Contaminadas no município de São Paulo

No município de São Paulo, a competência para a publicação do relatório de áreas contaminadas pertence à SVMA, conforme estabelecido pela Lei municipal nº15.098, de 05 de janeiro de 2010 (SÃO PAULO (CIDADE), 2010b), regulamentada pelo decreto municipal nº 51.436, de 26 de abril de 2010 (SÃO PAULO (CIDADE), 2010a). Esse relatório é constituído por meio de um banco de dados que consolida informações que são prestadas quando da solicitação de uma aprovação de projeto de parcelamento do solo, edificação, mudança de uso ou instalação de equipamentos em terrenos públicos ou privados que previamente sejam considerados contaminados ou suspeitos de contaminação, ou seja, áreas que estiveram ou estejam sob análise do Grupo Técnico Permanente de Áreas Contaminadas (GTAC) da SVMA, que utiliza as informações provenientes da agência ambiental do estado, CETESB, além das análises ambientais realizadas pelo grupo.

Todavia, para efeito da série histórica das áreas contaminadas no município de São Paulo não é possível utilizar os dados da SVMA, haja vista que só fica disponível para consulta o último relatório publicado (SÃO PAULO (CIDADE), 2022a). Desta forma, o Gráfico 2, apresentado a seguir, exhibe a evolução das áreas contaminadas na cidade, somente com base nos dados da CETESB.

Gráfico 2 Evolução das áreas contaminadas e reabilitadas no município de São Paulo



Fonte: CETESB, 2020 (adaptado)

De acordo com o Gráfico 2, no ano de 2016 o município de São Paulo possuía 2050 áreas contaminadas. Destas, 75% do total de áreas é proveniente de atividades ligadas a postos de combustíveis (CETESB, 2016b). Importante ressaltar que no município de São Paulo, existiam, à época, 1891 postos de combustíveis (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2017) logo, considerando o percentual de áreas contaminadas por postos de combustíveis no ano de 2016 com o número de postos atuais, chega-se ao resultado de que foram investigados aproximadamente 81% dos postos presentes na capital. No entanto, considerando dados de 2015 sobre a contaminação de áreas provocadas por indústrias, que são 309 áreas (CETESB, 2015), com o número de indústrias do município de São Paulo no ano de 2014, que é de 30.133 (SÃO PAULO (CIDADE), 2018), o resultado é de 1% (LINO; AQUINO, 2017).

Contudo, esse perfil poderá apresentar mudanças com a publicação do decreto nº 59.263, de 05 de junho de 2013, que regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, e que prevê a obrigatoriedade na investigação de classificadas previamente como Áreas com Potencial de Contaminação (SÃO PAULO (ESTADO), 2013). Em seus artigos 21, 22, 27, temos a seguinte redação:

“Artigo 21 - Os critérios para classificação de áreas como Áreas com Potencial de Contaminação (AP) serão estabelecidos e executados pela CETESB.

Artigo 22 - Identificadas as Áreas com Potencial de Contaminação (AP), os responsáveis legais pelas mesmas deverão ser demandados a realizar Avaliação Preliminar destinada à identificação de indícios ou suspeitas de contaminação...]

[... § 2º - A CETESB poderá priorizar as Áreas com Potencial de Contaminação (AP) a serem avaliadas, por meio de critério de priorização a ser por ela estabelecido, o qual deverá considerar as características das atividades com potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas.]

Artigo 27 - A realização de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória independe de solicitação ou exigência da CETESB, sendo obrigação do responsável legal para os terrenos enquadrados nos seguintes casos considerados prioritários:

I - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) localizadas em regiões onde ocorreu ou está ocorrendo mudança de uso do solo, especialmente para uso residencial ou comercial;

II - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) localizadas em regiões com evidências de contaminação regional de solo e de água subterrânea;

III - Áreas com Potencial de Contaminação (AP) cuja atividade foi considerada como prioritária para o licenciamento da CETESB;

IV - Sempre que houver qualquer alteração de uso de área

classificada como Área com Potencial de Contaminação (AP). (SÃO PAULO (ESTADO), 2013)

Após a publicação desta legislação, em 2017 a CETESB publicou a Decisão da Diretoria nº 038, de 07 de fevereiro de 2017. Neste documento ela descreve mais informações sobre o processo de Priorização de Áreas com Potencial de Contaminação.

“Para a elaboração da Relação de Áreas com Potencial de Contaminação Prioritárias será realizada, inicialmente, a identificação de Regiões Prioritárias para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que será selecionada considerando os seguintes critérios:

Região onde ocorreu ou está ocorrendo mudança de uso do solo, especialmente para o uso residencial ou comercial;

Região com evidências de contaminação regional de solo e de água subterrânea;

Região com restrições legais ambientais;

Região com utilização de recursos hídricos para abastecimento.

Essas regiões serão divulgadas por meio de Resolução da Secretaria de Meio Ambiente.” (CETESB, 2017a)

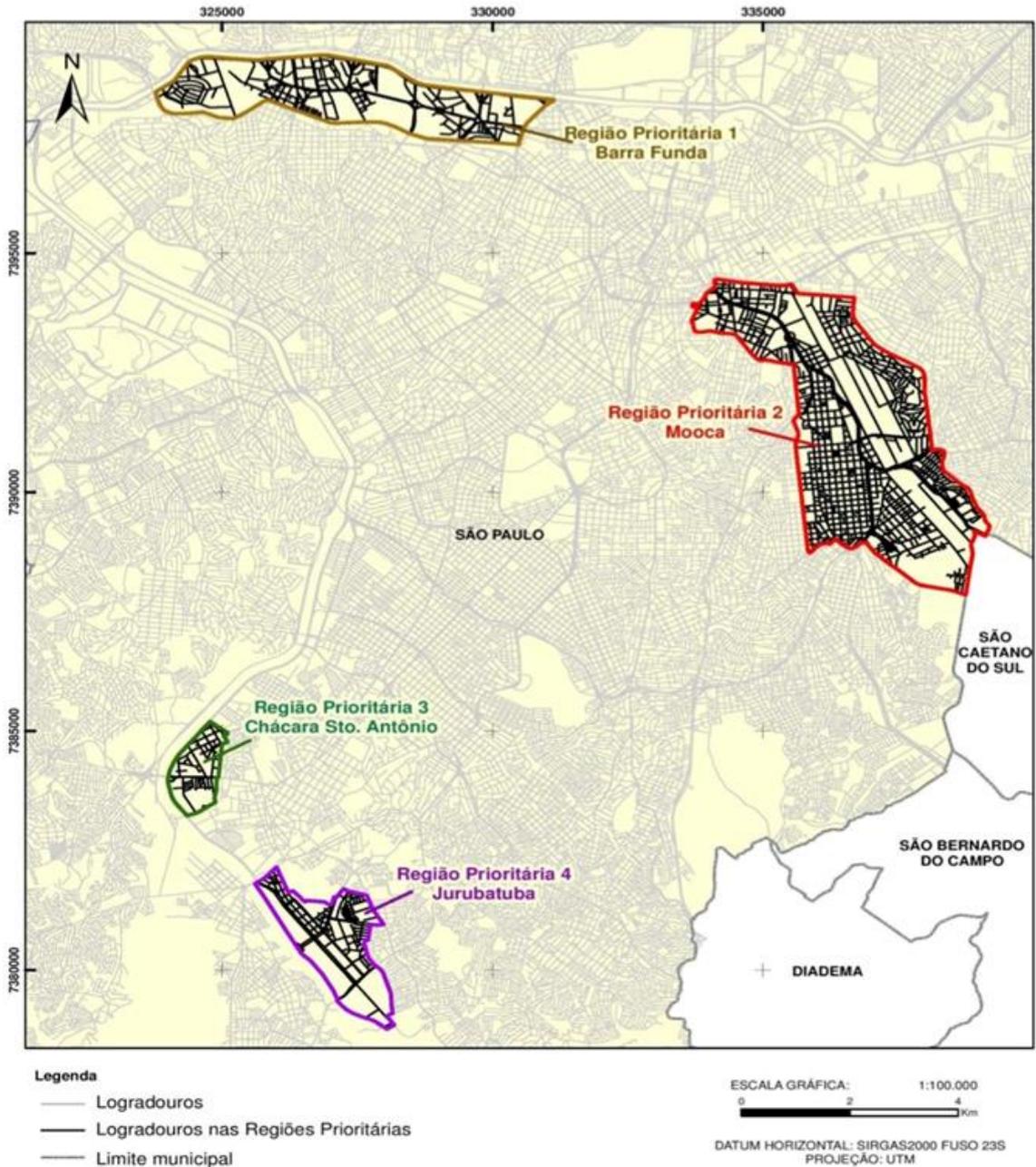
Atendendo essa necessidade do estabelecimento de regiões prioritárias, foram publicadas as Resoluções da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SMA) nº 10 de 08 de fevereiro de 2017, que versa sobre ‘a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas’ (SÃO PAULO (ESTADO)A, 2017) e da SMA, nº 11 de 08 de fevereiro de 2017 e que “dispõe sobre a definição das regiões prioritárias para a identificação de áreas contaminadas” (SÃO PAULO (ESTADO)B, 2017). A primeira resolução apresenta uma lista de todas as atividades que devem ser consideradas contaminadoras, com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Já a segunda resolução estabelece regiões como prioritárias para efeito de identificação de áreas contaminadas.

As regiões correspondem aos seguintes bairros do município de São Paulo: Barra Funda, Mooca, Chácara Santo Antônio e Jurubatuba. Empreendimentos localizados nestas regiões e que estejam enquadrados, como Atividades Potencialmente Geradoras de Áreas Contaminadas, deverão realizar Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, em um prazo de 180 (cento e oitenta) dias após da data de convocação pela CETESB (SÃO PAULO (ESTADO)B, 2017).

A principal característica da escolha dessas áreas foi o fato de terem abrigado grandes indústrias químicas, metalúrgicas e de eletroeletrônicos, a partir dos anos 1960. Outra questão importante associada à essas regiões é o fato do

expressivo aumento nas mudanças de uso dessas regiões, que passaram a abrigar mais empreendimentos residenciais. Na imagem abaixo, Figura 15 é indicada a localização das regiões citadas.

Figura 15 Regiões prioritárias para a realização de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória

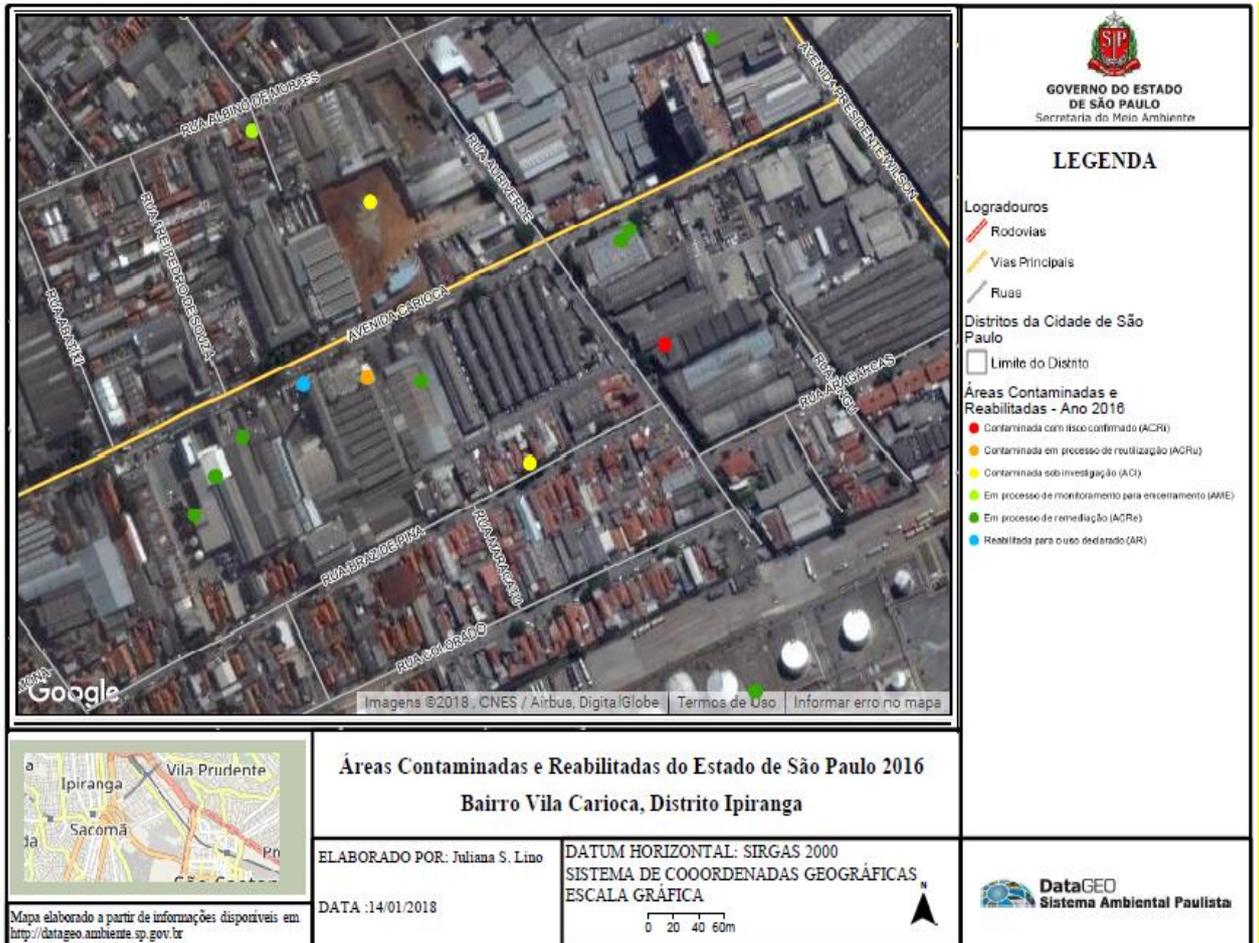


Fonte: SÃO PAULO (ESTADO)B, 2017

Na Figura 16 são representadas as áreas contaminadas, cadastradas junto à CETESB, no bairro da Vila Carioca, no município de São Paulo no ano de 2016 (CETESB, 2016a), e na Figura 17, parte da área onde funcionava a Indústria

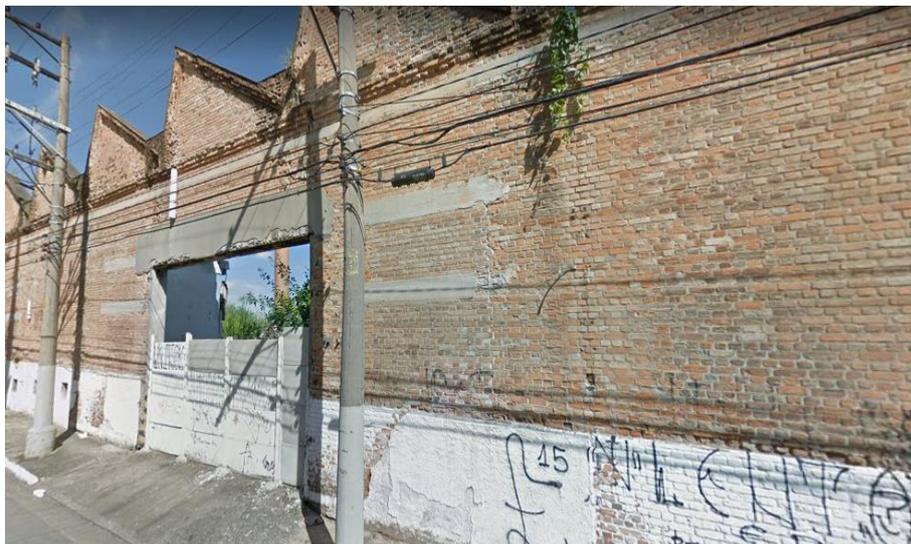
Química Matarazzo, localizada no município de São Caetano do Sul, região metropolitana de São Paulo.

Figura 16 Áreas contaminadas bairro Vila Carioca



Elaborado pela autora na plataforma DataGEO (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018)

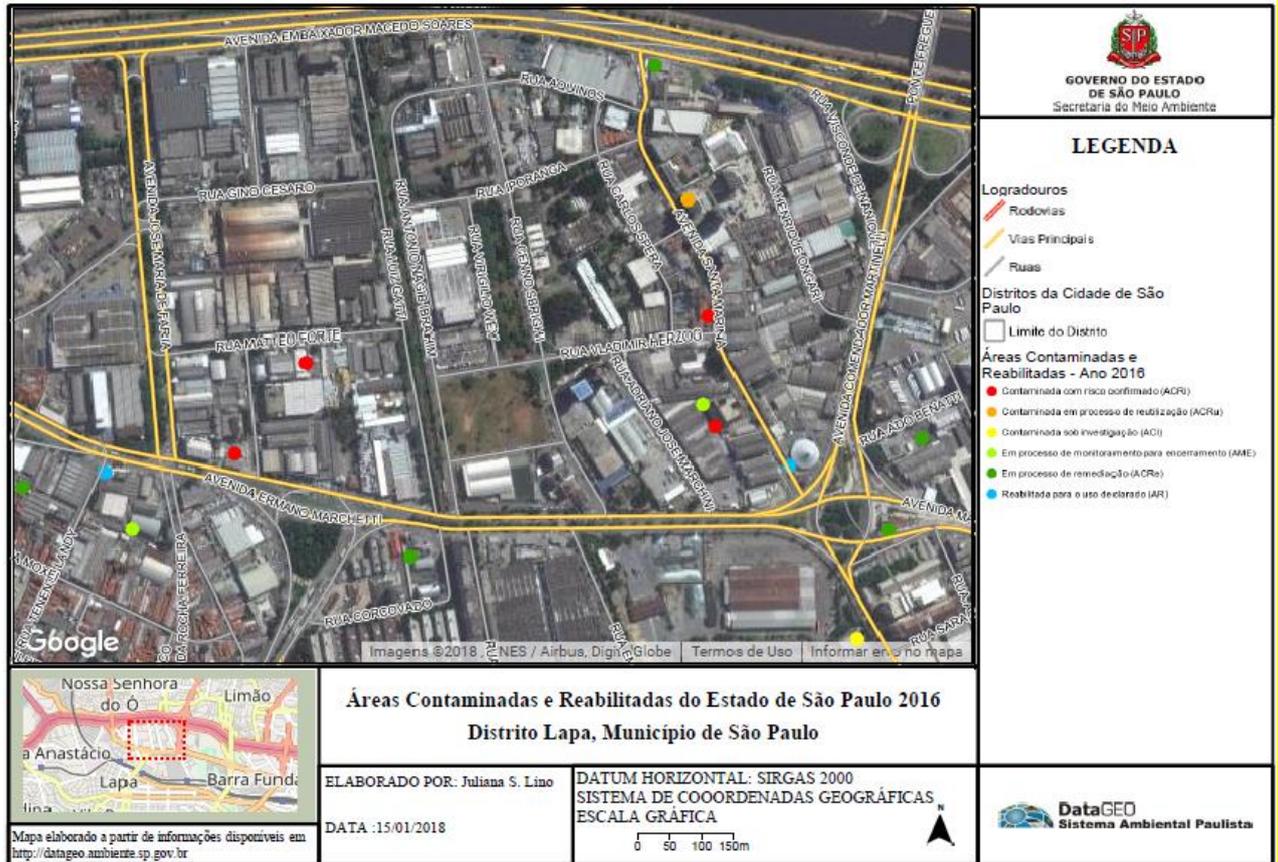
Figura 17 Antiga área da Indústria Química Matarazzo



Fonte: (GOOGLE STREET VIEW, 2017)

Na Figura 18 são exibidas as áreas contaminadas no distrito da Lapa, no município de São Paulo (CETESB, 2016a).

Figura 18 Mapa das áreas contaminadas e reabilitadas distrito da Lapa



Elaborado pela autora na plataforma DataGEO (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

Por meio das Figuras apresentadas, é possível notar que existem diferentes cores para as áreas, e que indicam fases distintas no GAC. No entanto, no que se refere ao diagnóstico ambiental dessas áreas e suas especificidades, tais como a extensão da contaminação no terreno ou os tipos de contaminantes presentes, não é adotada uma distinção entre as áreas.

2.5 Revitalização de áreas contaminadas

Atualmente, na cidade de São Paulo é possível observar a transformação de antigos bairros, ruas, avenidas ou quarteirões. Antigos bairros fabris, situados junto às ferrovias Central do Brasil e Santos-Jundiaí, abrigam extensas áreas industriais desativadas, abandonadas e que carecem de intervenções. Tais espaços

geralmente são bem localizados, possuem infraestruturas que, embora estejam desgastadas, apresentam potencial de recuperação e reaproveitamento.

Para Vasques (2006), as modificações na paisagem destas áreas confirmam a refuncionalização de antigas fábricas para atividades não-industriais. O setor imobiliário tem evidenciado essa mudança, e está se organizando por meio de uma configuração setorial: na zona leste e na zona central (Bom Retiro, Brás, Belém, Mooca, Tatuapé) antigas fábricas têm sido demolidas para a construção de empreendimentos residenciais; na zona sul (Vila Olímpia e proximidades da marginal Pinheiros) o objetivo é a reconversão destes ambientes obsoletos para novas empresas de tecnologia, centros comerciais e escritórios de alto padrão; e na zona oeste (Água Branca, Barra Funda, Lapa, Jaguaré, Vila Leopoldina) a mudança se dá pela concentração de escritórios e de empreendimentos residenciais (VASQUES, 2006).

Políticas públicas municipais que atuem direcionadas ao desenvolvimento urbano em áreas impactadas por contaminação do solo e relacionadas ao controle dos riscos decorrentes da ocupação dessas áreas são recentes. A lei nº 10.257 (BRASIL, 2001), conhecida como o Estatuto da Cidade surgiu com um papel fundamental no desenvolvimento dessas políticas, por meio da criação de instrumentos de regulação e intervenção na qualidade do ambiente urbano, em especial no que se refere as áreas contaminadas. A lei menciona, também, como diretriz principal para o desenvolvimento das funções sociais a “adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites de sustentabilidade ambiental” (BRASIL, 2001).

O Decreto do município de São Paulo, nº 42.319 (SÃO PAULO (CIDADE), 2002a) que versa sobre as diretrizes e os procedimentos relativos ao gerenciamento de áreas contaminadas no município de São Paulo estabelece regras ao incentivo a recuperação e reincorporação das áreas contaminadas. Além de entender como relevante a garantia da participação da população eventualmente afetada durante o processo de decisão para a reabilitação de áreas contaminadas. Em seu artigo 3º traz:

“Qualquer forma de parcelamento, uso e ocupação do solo, inclusive de empreendimentos públicos, em áreas consideradas contaminadas ou suspeitas de contaminação, só poderá ser aprovada ou regularizada após a realização, pelo empreendedor, de investigação do terreno e avaliação de risco para o uso existente

ou pretendido, a serem submetidos à apreciação do órgão ambiental competente” (SÃO PAULO (CIDADE), 2002a).

E, em seu artigo 7º “nas Operações Urbanas poderão ser utilizados instrumentos de incentivo à reabilitação de áreas contaminadas, assim como deverão ser incorporadas as informações referentes a estas áreas por ocasião da análise das propostas de adesão” (SÃO PAULO (CIDADE), 2002a). O decreto estadual paulista, nº 59.263 (SÃO PAULO (ESTADO), 2013), que regulamenta a lei nº 13.577 (SÃO PAULO (ESTADO), 2009) referente a qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, tem como um de seus objetivos o incentivo à reutilização de áreas remediadas. Traz importantes definições, além de citar, como um de seus instrumentos para o gerenciamento de áreas contaminadas, o uso de incentivos fiscais e tributários (SÃO PAULO (ESTADO), 2013).

Segundo Toledo (2007), benefícios relacionados a reutilização de áreas contaminadas são diversos e podem ser classificados em três esferas distintas: ambientais, sociais e econômicos. Como benefício ambiental podemos citar: redução da pressão para uso de áreas verdes; proteção à saúde pública e segurança; e proteção e reuso do recurso solo. No que se refere aos benefícios sociais: renovação dos núcleos urbanos e melhoria de sua qualidade de vida; e a eliminação do estigma social negativo associado às comunidades afetadas pela revitalização das áreas. Por fim, no quesito social pode ser abordado: atração de investimento local e externo; e o aumento da utilização e do reinvestimento em serviços municipais existentes. Para Valentim (2005) a reabilitação de uma área contaminada, trata-se um conceito relacionado a promoção de novos usos e recuperação ambiental. O termo se diferencia da remediação, que é avaliada por meio da contenção ou eliminação do risco. Pelo alcance, a reabilitação insere-se no conceito de desenvolvimento sustentável das cidades (TOLEDO, 2007; VALENTIM, 2005).

Um dado que pode indicar a refuncionalização de áreas contaminadas, no que se refere aos empreendimentos imobiliários são as informações relativas as taxas de crescimento da população, de acordo com a unidade territorial, disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SÃO PAULO (CIDADE), 2018). Os bairros Bom Retiro, Brás, Barra Funda e Belém apresentavam taxas de crescimento populacional negativas, desde 1980 até 2000. Já no período de 2000 a 2010, os mesmos bairros apresentam índices positivos,

alguns até maiores que a média de outras regiões, como é o caso de Bom Retiro, que no período de 1980 a 1991 apresentava taxa de crescimento de -2,47%, já nos anos de 2000 a 2010 o índice subiu para 2,45%, maior que a média de todas as unidades territoriais do município de São Paulo.

Sendo a revitalização um importante fator para a sustentabilidade das cidades e um processo contemporâneo no município de São Paulo é importante entender as diferenças existentes nessas áreas. Cada área contaminada pode apresentar grandes diferenças em suas características, como:

- no que se refere aos compartimentos ambientais afetados, podendo ser solo, subsolo ou águas subterrâneas;
- na variação da extensão da pluma de contaminação presente na área;
- nas características intrínsecas, como o uso anterior da área;
- e no comportamento dos poluentes presentes.

Logo, o termo *brownfield* ou área contaminada carrega apenas um conceito geral associado a contaminação do solo.

Para Dasgupta e Tam (2009), promover uma revitalização eficaz requer o desenvolvimento de um método para avaliar as áreas. Em outras palavras, a identificação de características gerais para diferentes classes de áreas pode permitir ou mesmo melhorar a avaliação adequada das áreas contaminadas.

Isto pode ser atingido por meio do desenvolvimento de uma taxonomia ou uma classificação. Um sistema de classificação permite uma maior compreensão de questões específicas para diferentes cenários de áreas contaminadas, incentivar o uso eficaz de políticas e recursos e servir como uma ferramenta educacional e de comunicação. A classificação deve considerar dois atributos principais: baseados na área, como a hidrologia, topologia, tamanho, contaminação e uso do site; baseado no contexto que a área está inserida, uso entorno, interesse de mercado, legislação aplicável. Esses dois tipos de atributos contribuem para a adequada avaliação do local e podem, por sua vez, fortalecer ou enfraquecer a probabilidade de sucesso de qualquer esforço de revitalização em particular (DASGUPTA; TAM, 2009).

Ao longo dos anos, diversos estudos foram feitos debruçando sobre o tema contaminação ambiental e reaproveitamento de áreas contaminadas no município de São Paulo. Em 2010, foi desenvolvido por Figueiredo, Tocchini e Santos um estudo com foco na medição da presença de metais em solos de playgrounds, cujos

resultados obtiveram níveis de concentração superiores aos valores de referência indicados para os solos paulistas (FIGUEIREDO et al., 2011). Em 2016, Silva abordou o processo de reaproveitamento de 03 locais públicos (SILVA, T. B., 2016). Salinas desenvolveu um estudo em 2016 com foco em uma área dentro da Operação Urbana do Distrito de Tamanduateí, que conflita com as propostas trazidas pela Lei de Operação Urbana por não estabelecer diretrizes de como lidar com a questão da contaminação (SALINAS, 2016).

2.6 Sistemas de Classificação de Áreas Contaminadas

Segundo a USEPA, agência de proteção ambiental americana, existem diferentes tipos de áreas contaminadas ou potencialmente contaminadas que podem ser encontradas em seu território. Após a identificação, elas podem ser classificadas como:

- *Superfund*, correspondem às áreas contaminadas órfãs, ou seja, áreas abandonadas e que receberão atuação do governo federal para realização da remediação e refuncionalização. A maioria dessas áreas consta na Lista de Prioridades Nacionais (*National Priorities List – NPL*), e tem como meta a remediação e reutilização da área;
- *Brownfields*, são as áreas que possuem contaminação e que por este motivo impedem a expansão, o desenvolvimento ou refuncionalização, nesses casos geralmente não há atuação do governo, mas existe o incentivo através de políticas públicas locais;
- *Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)*, lei pública que versa sobre o gerenciamento de resíduos. As áreas contaminadas classificadas como RCRA são as áreas cujas instalações foram instituídas pela RCRA e que foram contaminadas por atividades como tratamento, armazenamento e eliminação de resíduos, sejam eles perigosos ou não;
- *Underground Storage Tank (UST)*, são as áreas que sofreram contaminação por derivados de petróleo ou outras substâncias em decorrência de vazamentos em tanques subterrâneos de armazenamento;
- Instalações federais, que são as áreas pertencentes ou controladas pelo governo dos Estados Unidos e que podem apresentar contaminação

ambiental em decorrência da presença de munições não detonadas, resíduos radioativos ou outras substâncias perigosas;

- Áreas estaduais, que não foram classificadas como *Superfund* ou RCRA, mas que são identificadas e tratadas pelo estado em que ela esteja localizada (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2017).

Uma vez compreendida qual a modalidade determinada área se encontra, é necessário definir a prioridade no gerenciamento da mesma.

2.6.1 Hazardous Ranking System - USEPA

O Sistema de classificação por perigo (*Hazardous Ranking System* – HRS) (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992) é um sistema de pontuação usado pelo programa *Superfund* da Agência de Proteção Americana para avaliar o perigo associado a liberações reais ou potenciais de substâncias perigosas no meio ambiente. O HRS é a principal ferramenta de triagem para determinar se um site deve ser incluído na Lista de Prioridades Nacionais (NPL), a lista de sites da EPA que são prioridades para investigação adicional e, se necessário, ação de resposta no âmbito da Lei de Resposta, Compensação e Responsabilidade Ambiental (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act* - CERCLA) (CONGRESS OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 2002). A pontuação HRS para um site é determinada avaliando quatro possíveis rotas da contaminação:

- Migração para águas subterrâneas;
- Migração para águas superficiais, composta por três riscos: à água potável; à cadeia alimentar humana; e ao meio ambiente;
- Exposição do solo, composta por dois riscos: à população residente; e à população vizinha;
- e Migração aérea.

O sistema de pontuação para cada via baseia-se em vários fatores individuais agrupados em três categorias de fatores: (1) a probabilidade de liberação ou, no caso da via de exposição solo, a probabilidade de exposição; (2) características dos resíduos e/ou substâncias presentes na área; e (3) alvos da contaminação. Exemplos de fatores individuais para cada uma das categorias estão indicados no Quadro 9, abaixo.

Quadro 9 Exemplos de atributos empregados por categoria

Categoria fator	Fatores Individuais
Probabilidade de liberação	Liberação observada, potencial de liberação
Características resíduo/substância	Toxicidade, mobilidade, quantidade
Alvos	Indivíduo mais próximo, população, ambiente vulnerável

Fonte: (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992)

Os fatores individuais são avaliados e os valores dos fatores são combinados matematicamente para produzir valores para as categorias de fatores. Para obter uma pontuação na rota, por exemplo, a pontuação na rota de migração das águas subterrâneas, os valores da categoria de fator são multiplicados e depois normalizados para até 100 pontos. No caso das vias de migração das águas superficiais e exposição ao solo, as pontuações são calculadas para cada risco e depois adicionadas para produzir a pontuação da via. A pontuação no site da HRS, que varia de 0 a 100, é obtida combinando as quatro pontuações das rotas, empregando a Equação 1:

Equação 1 Cálculo do score de risco

$$S = \sqrt{\frac{S_{gw}^2 + S_{sw}^2 + S_s^2 + S_a^2}{4}}$$

Fonte: (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992)

De acordo com a equação apresentada, S é o valor do score do site, S_{gw} é o score calculado para a via de migração para água subterrânea, S_{sw} o score da via de migração de água superficial, S_s o score para exposição ao solo e S_a a rota de migração para o ar. Qualquer site com pontuação 28,50 ou superior é elegível para a Lista de prioridade nacional. Essa pontuação não representa um nível especificado de risco, mas é um ponto de corte que serve como um indicador para uma triagem das áreas que merecem prioridade.

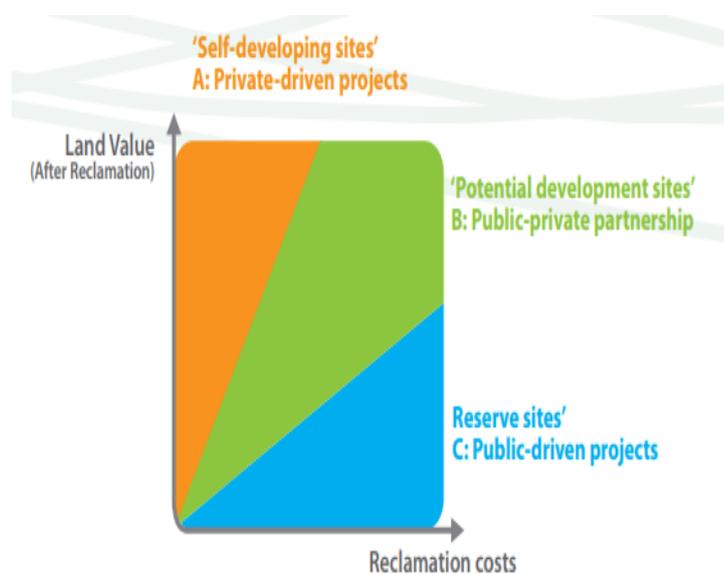
2.6.2 Classificação CABERNET

Já conforme a iniciativa CABERNET, as diferenças nas características individuais de cada área contaminada podem variar de locais extremamente pequenos em áreas urbanas mistas, até grandes instalações militares, como antigas indústrias ou aeródromos. As áreas contaminadas estão presentes em

diversas cidades europeias e podem ser categorizados de diversas formas, por exemplo: quanto à localização, que pode ser urbana, periurbana, rural; quanto ao uso anterior do solo (indústria, ferrovias, defesa); quanto ao tipo de ocupação atual (subutilizado, vago, abandonado, perigoso); e quanto a fase de desenvolvimento, necessária intervenção, em planejamento da remediação.

Como não havia consenso dos países participantes da iniciativa CABERNET, começando pelo conceito comum de brownfield, e incluindo a forma de armazenar as informações e a compreensão da dinâmica dessas áreas, a CABERNET, com a finalidade de facilitar o desenvolvimento de soluções integradas para a refuncionalização, desenvolveu cinco modelos conceituais, com diferentes focos para melhorar a compreensão do tema. O Modelo 2, CABERNET A-B-C *Model*, trata-se de um modelo cuja meta é classificar economicamente os *brownfields*, pois a viabilidade econômica de cada processo é uma questão importante no planejamento e na execução dos projetos. No modelo desenvolvido, diferentes áreas foram caracterizadas em termos de viabilidade econômica, como os custos diretos e indiretos com a remediação da área, as receitas previstas e o retorno proveniente da área, o tipo de financiamento e os riscos financeiros associados, impostos e outras condições econômicas relevantes (FERBER et al., 2006). Na Figura 19, a seguir é apresentada uma ilustração da classificação:

Figura 19 Modelo A-B-C



Fonte: FERBER et al., 2006

Este modelo identifica três tipos de áreas, conforme sua avaliação econômica: *Brownfield A* - são altamente viáveis economicamente e os projetos de desenvolvimento são impulsionados por financiamento privado; *Brownfield B* - estão na fronteira da rentabilidade. Esses projetos tendem a receber financiamento por meio de cooperação público-privada ou parcerias; e *Brownfield C* - não estão em condições de regeneração. Nestes casos a refuncionalização depende, principalmente, de projetos de setor público (FERBER et al., 2006).

Esse tipo de modelo possibilita a análise de áreas e possíveis fatores que impedem a reutilização. Para Oliver et. Al (2005), a rede CABERNET identificou uma clara necessidade de dados que descrevessem a escala e a natureza dos *brownfields* em toda a Europa e que, até aquele momento, apresentava poucos trabalhos cujo objetivo era classificar as áreas contaminadas, seja com base no seu uso original ou de outra forma (OLIVER et al., 2005).

A CABERNET produziu o "Modelo ABC" para classificar amplamente os *brownfields* em termos econômicos, entretanto o desenvolvimento de classificações adicionais com base em fatores sociais ou ambientais seria de grande valor para qualquer autoridade na tomada de decisão, haja vista que, desde 1987, com a edição do relatório Brundtland, no qual foi definido o conceito de desenvolvimento sustentável, as soluções econômicas para um empreendimento só têm validade se, além de economicamente viáveis, forem ambientalmente corretas e socialmente justas.

2.6.3 Classificação TIMBRE

Seguindo na mesma diretriz, na busca por classificar as áreas conforme sua viabilidade econômica para reutilização, outro projeto foi desenvolvido na Europa, o *Tailored Improvement of Brownfield Regeneration in Europe* (TIMBRE). A classificação de áreas contaminadas, realizada por meio da ferramenta desenvolvida pelo projeto TIMBRE, tem como objetivo a priorização das áreas conforme os fatores de sucesso identificados e que podem ajudar os investidores a selecionar os locais mais críticos, urgentes ou lucrativos para investir dinheiro, tempo e energia, e ter as melhores perspectivas para desenvolver um processo de refuncionalização bem-sucedido. A classificação por meio de seu potencial de reutilização é realizada por meio de uma metodologia de avaliação multifatorial, *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA), utilizando diferentes componentes como

Dimensões, Fatores (de sucesso) e Indicadores. As Dimensões são aspectos específicos do potencial de refuncionalização, tais como:

- potencial de desenvolvimento local;
- atratividade e comercialização do local;
- riscos ambientais;
- e outros critérios específicos que são definidos pelo usuário final e que apoiam a classificação de fatores da perspectiva do usuário final.

Portanto para cada dimensão, alguns fatores são identificados. Os fatores de sucesso representam as condições, circunstâncias, atores e as agências que são decisivos e contribuem para um projeto bem-sucedido nas áreas. Esses fatores são as causas do interesse de investidores, políticos, especialistas ou outros atores por determinadas áreas. Os fatores de sucesso são a expressão de fenômenos complexos que podem ser expressos em termos gerais (qualitativos) ou variáveis nominais e precisam ser medidos. Os indicadores representam simplificações e quantificações de fatores complexos em variáveis mensuráveis. Normalmente, um fator pode ser medido aplicando-se mais indicadores alternativos ou complementares (PIZZOL et al., 2016).

2.6.4 National Classification System for Contaminated Sites

O Sistema Nacional de Classificação de Áreas Contaminadas, (*National Classification System for Contaminated Sites - NCSCS*) do Conselho Canadense dos Ministros de Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment's - CCME*). A NCSCS é um método para avaliar áreas contaminadas de acordo com seu impacto atual ou potencial adverso à saúde humana e ao meio ambiente. O NCSCS foi desenvolvido para estabelecer um sistema racional e cientificamente defensável para avaliação comparável de áreas contaminadas em todo o Canadá, e uma importante ferramenta de gerenciamento para priorizar a investigação e remediação de locais contaminados desde 1992 (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008).

O NCSCS não foi desenvolvido para fornecer uma avaliação qualitativa ou quantitativa dos riscos, mas é uma ferramenta específica para a classificação e priorização de áreas contaminadas. O sistema rastreia os sites com relação à necessidade de ações adicionais (por exemplo, caracterização, avaliação de riscos etc.) para proteger a saúde humana e o meio ambiente. Embora muitos dos fatores

envolvidos em um estudo de avaliação de risco sejam abordados neste sistema, a ferramenta não tem como objetivo ser empregada para realizar análises de risco.

Para a realização da classificação são usados atributos que consideram três categorias: características do contaminante, potencial de migração da substância e a exposição. De acordo com o compartimento ambiental afetado também são considerados diferentes atributos, dadas as especificidades de cada meio. Cada atributo possui um peso, e quando a resposta do atributo não é conhecida, também existe um peso para a informação desconhecida. Os atributos são somados e, para cada categoria, é aplicado um fator de ajuste, de forma que, ao fim, o valor máximo seja de 33 para características do contaminante, 33 para potencial de migração e 34 para exposição. No Quadro 10 são apresentados os grupos dos atributos.

Quadro 10 Atributos da classificação do método NCSCS

Características dos contaminantes	Potencial de Migração	Exposição
Meio impactado pelo contaminante	Mobilidade em água subterrânea	Receptores humanos
Risco associado a substância química existente	Mobilidade em águas superficiais	Fatores modificadores para receptores humanos
Fator de excedência de contaminantes	Solo	Receptores ecológicos
Quantidade do contaminante	Vapor	Fatores modificadores para receptores ecológicos
Fatores modificadores (ex:contaminantes persistentes)	Mobilidade em Sedimentos	Outros receptores

Fonte: (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008)

Após a realização dos cálculos, o NCSCS classifica as áreas contaminadas em cinco diferentes classes, apresentadas no Quadro 11 abaixo:

Quadro 11 Classes NCSCS

Classe	Descrição
Classe 1	Prioridade alta para ação: pontuação total do NCSCS maior que 70. As informações disponíveis indicam que é necessária uma ação (por exemplo, caracterização adicional do local, gerenciamento de riscos, correção etc.) para atender às preocupações existentes. Tipicamente, os locais de Classe 1 mostram uma propensão a grande preocupação por vários fatores, e os impactos medidos ou observados foram documentados.

Classe	Descrição
Classe 2	Prioridade média para ação: pontuação total do NCSCS entre 50 e 69,9. As informações disponíveis indicam que existe um alto potencial de impactos adversos, embora a ameaça à saúde humana e ao meio ambiente geralmente não seja iminente. Normalmente, para a classe 2, não há indicação direta de contaminação externa; no entanto, o potencial de migração para fora do local tende a ser classificado como alto e, portanto, é provável que seja necessária alguma ação.
Classe 3	Prioridade baixa para ação: pontuação total do NCSCS entre 37 e 49,9. As informações disponíveis indicam que o site atualmente não é uma preocupação alta. No entanto, uma investigação adicional pode ser realizada para confirmar a classificação atual
Classe N	Não é uma prioridade para ação: pontuação total do NCSCS menor que 37. As informações disponíveis indicam que provavelmente não há impacto ambiental significativo ou ameaças à saúde humana. Provavelmente, não há necessidade de ação, a menos que novas informações estejam disponíveis indicando maiores preocupações; nesse caso, o site deve ser reexaminado.
Classe INS	Informações Insuficientes: ≥15% das Respostas são “Não Sei”. Embora tenha sido realizada no mínimo uma avaliação ambiental da área, parece haver informações insuficientes para classificar o Site. Nesse caso, são necessárias informações adicionais para corrigir as lacunas de dados.

Fonte: CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008

2.6.5 Classificação do Centro de Vigilância Sanitária do estado de São Paulo

Com base na Lista de Áreas Contaminadas e Remediadas do Estado de São Paulo publicada anualmente pela CETESB, foi desenvolvido no Centro de Vigilância Sanitária (CVS) o Banco de Referências Básicas para Vigilância Sanitária em Áreas Contaminadas (BRBAC). Este banco objetiva agrupar as informações das áreas contaminadas de cada município pertencentes aos 28 Grupos de Vigilância Sanitária do Estado. Consultando o BRBAC é possível identificar uma classificação de áreas contaminadas voltada para ações de saúde pública.

Considerando três atributos, com valores diferentes para cada um, foram estabelecidos três níveis. O nível 3 para locais em que a contaminação impactou o meio além dos limites do site; o nível 2 corresponde a locais em que foram adotadas medidas emergenciais e ou medidas de controle institucional; e o nível 1 se refere a locais em que houve medidas de remediação, presença de fase livre do contaminante e ou existência de poluentes orgânicos persistentes (POPs) (CVS, 2019b). Observando as informações que são consideradas nessa classificação, é

possível notar que o principal fator considerado é a possível exposição a contaminação.

É possível compreender que as áreas contaminadas podem ocasionar diferentes níveis de risco à saúde humana ou à biota, e que esse risco será mensurado conforme a rota de exposição considerada e os possíveis receptores estimados nas investigações. Contudo, apesar das etapas do processo de GAC já estarem bem definidos no estado de São Paulo e em alguns outros estados da região sul e sudeste do Brasil, é relevante considerar um outro ponto de abordagem nesse tema: como podemos prevenir a geração de áreas contaminadas? Existem hoje, iniciativas que busquem a proteção desses compartimentos ambientais, que foram e ainda são sistematicamente contaminados? O tópico seguinte abordará esse assunto.

2.7 Desenvolvimento Sustentável e os ODS

Na última metade do século XX, quatro temas-chave emergiram das preocupações e aspirações coletivas da sociedade mundial: paz, liberdade, desenvolvimento e meio ambiente. A paz que se pensava estar assegurada no mundo pós-guerra de 1945, durante o período Guerra Fria, foi sustentada globalmente, mas lutada localmente, muitas vezes por representantes das superpotências. A liberdade foi buscada no início do mundo pós-guerra na luta para deter a regimes totalitários e, posteriormente para estender a governança democrática, os direitos humanos e os direitos das mulheres, dos povos indígenas e das minorias. Já o foco no desenvolvimento econômico objetivava atender as necessidades básicas da população. Finalmente, apenas nos últimos 50 anos que o meio ambiente, pensando por meio da ótica do local ao global, tornou-se um foco fundamental do direito e das instituições nacionais e internacionais. Embora constantemente reinterpretado ao longo do tempo, a busca pela paz, liberdade, desenvolvimento e meio ambiente continuam sendo questões e aspirações proeminentes (KATES et al., 2005).

O termo sustentável surgiu de uma expressão presente no idioma alemão “*Nachhaltend*” ou “*Nachhaltig*” que significa, sustentar ou duradouro, trazendo o sentido de longevidade, e que, dado o contexto, refletia a solução dada à escassez de recursos naturais, relatada desde a antiguidade, e que consolida-se ao longo do

tempo na cultura humana, que busca utilizar os recursos de forma contínua e perpétua (HOFER, 2009 apud FEIL; SCHREIBER, 2017) . Essa consideração nos traz a ideia de sustentabilidade não como um tópico ambientalista moderno, mas como uma forma de pensar e de agir intrínseco à cultura das sociedades, mas que vem evoluindo ao longo dos séculos.

Nas décadas de 1970 e 1980, comissões mundiais de especialistas foram criadas a fim de estudar tais preocupações internacionais, elaborando documentos relevantes e que muitas vezes eram seguidos por conferências globais. O propósito dessas comissões internacionais era unir as aspirações da humanidade, demonstrando como esses valores estavam intrinsicamente ligados. O desenvolvimento sustentável, com sua dupla ênfase nas preocupações mais recentes, desenvolvimento e meio ambiente, é típico de tais esforços (KATES et al., 2005).

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD), realizada pela Assembleia Geral das Nações Unidas, teve seu primeiro encontro em outubro de 1984 e cujo objetivo era a elaboração de uma agenda global para mudanças. O resultado do encontro da CMMD é o célebre relatório, Nosso Futuro Comum, também conhecido como Relatório Brundtland, pois a comissão foi presidida pela norueguesa Gro Haalen Brundtland, e foi publicado em abril de 1987, contendo a definição mais difundida sobre desenvolvimento sustentável como “desenvolvimento que atenda às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (UN WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Passados quase 30 anos da publicação que deu visibilidade ao desenvolvimento sustentável, em reunião realizada em 2015, em Nova York, foram anunciados os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) para o mundo, um conjunto de 17 metas para lidar com os desafios ambientais, econômicos e políticos mais urgentes enfrentados globalmente. Focando apenas nos ODS diretamente ligados as questões ambientais, temos cinco objetivos principais:

- Objetivo 2 acabar com a fome alcançar segurança alimentar e nutrição melhorada e promover a agricultura sustentável;
- O Objetivo 6 garantir a disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos;

- O Objetivo 11 tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
- Objetivo 13 tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos;
- Objetivo 15, proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação e deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade (UNITED NATIONS, 2015).

Das 05 metas identificadas, as metas 02, 06, 11 e 15 podem ser diretamente impactadas pelas políticas de uso do solo e pela presença de áreas contaminadas. Assim, as questões sobre ACs não estão expressamente indicadas nos ODS, mas seu conhecimento e gestão são essenciais para o cumprimento das metas (UNITED NATIONS, 2015).

Segundo Feil & Schreiber (2017), o desenvolvimento sustentável “é o processo que entra em cena com base em estratégias para aproximar o sistema ambiental humano ao nível de sustentabilidade com vistas a que a vida deste complexo sistema se harmonize e perpetue ao longo do tempo.” Os autores ressaltam que, esta abordagem estratégica objetiva a quebra de paradigmas, por meio de mudanças no entendimento e no posicionamento cultural da sociedade, a fim de desenvolver ações e atitudes que reposicionem os aspectos negativos identificados pelos indicadores em direção à sustentabilidade (FEIL; SCHREIBER, 2017).

Gallopin (2003) explica que todos os sistemas vivos estão mudando e o fundamental não é eliminar as mudanças, mas evitar a destruição das fontes de renovação, as quais o sistema pode utilizar para se recuperar das inevitáveis tensões e perturbações, a que está exposto por sua condição de sistema aberto (GALLOPÍN, 2003).

Ao elaborar uma síntese sobre o termo sustentabilidade, Feil & Schreiber (2017) defendem que o termo sustentabilidade expressa a preocupação com a qualidade de um sistema e diz respeito à integração indissociável (ambiental e humano), buscando avaliar suas propriedades e características, abrangendo aspectos ambientais, sociais e econômicos. Tal avaliação é elaborada em um dado momento, como em uma fotografia do sistema, desta forma representando, sua qualidade naquele instante, conquanto o sistema seja dinâmico e complexo. A partir

deste ponto, um processo mensurará o grau ou nível da qualidade deste sistema com o intuito de avaliar a distância deste em relação ao sustentável. A ferramenta empregada nessa análise, com propriedades quantitativas, são os indicadores e índices de sustentabilidade. Estes, por sua vez, têm a função de identificar quais os aspectos – ambiental, social ou econômico – dentro de um sistema, não está atingindo um nível sustentável desejado, possibilitando o estabelecimento de objetivos ou metas a serem alcançados por meio de estratégias de longo prazo (FEIL; SCHREIBER, 2017).

2.7.1 Indicadores de Sustentabilidade

Medir o progresso das nações em direção ao desenvolvimento sustentável ou insustentável requer quantificar os fenômenos que representam esse progresso. Esse processo é feito por meio de indicadores. Os indicadores podem ser desde simples como o Produto Interno Bruto (PIB), per capita, para medir o desenvolvimento econômico, até mais complexos como a imunização contra doenças infecciosas infantis para medir as ações de atenção à saúde. Os indicadores são necessários em todos os níveis das metas de desenvolvimento orientadas para resultados. Fornecem as informações necessárias para medir o progresso ambiental, econômico e social, ajudam a alcançar as metas de sustentabilidade e informam os formuladores de políticas, bem como as partes interessadas sobre o estado atual do meio ambiente, suas fraquezas e pontos fortes, e destacam as áreas prioritárias. Os indicadores não apenas validam uma estrutura, mas também fornecem uma visão dos fenômenos que estão sendo monitorados (VERMA; RAGHUBANSHI, 2018).

Um indicador é um parâmetro ou valor derivado de outros parâmetros. Ele pode selecionar, fornecer informações ou descrever um dado fenômeno, um ambiente ou uma área. Cada indicador reflete a relação entre uma ação e suas consequências, servindo assim como uma ferramenta conceitual que se manifesta em termos claros e precisos, medindo o progresso em direção a uma meta. Um indicador pode, desta forma, ser definido como uma variável que é útil para descrever realidades complexas em relação a características individuais ou a todo um sistema ambiental. Os indicadores podem ser classificados em absolutos ou relativos. Os absolutos expressam os níveis absolutos de variáveis individuais que

são consideradas significativas, enquanto os relativos são baseados em relações entre indicadores absolutos. (DELSANTE, 2016).

Na busca pelo desenvolvimento sustentável, os indicadores são ferramentas de extrema importância, pois é por meio destes que se pode agregar parâmetros ambientais, aos sociais e econômicos, e com os resultados encontrados, auxiliar na busca de soluções e políticas para os dados observados. Segundo Tayra & Ribeiro (2006), os indicadores econômicos e sociais possuem uma história mais longa e, de certa forma, já podem ser considerados sedimentados. Contudo, os indicadores ambientais, possuem uma trajetória mais recente e que pode gerar dúvidas nas metodologias empregadas bem como nos resultados obtidos. Outro ponto de destaque é o fato que os objetivos do desenvolvimento sustentável indicam a necessidade da adição de uma variável institucional, que transmite a capacidade de organização social e de resposta política à questão no trato do tema.

Em um indicador de sustentabilidade consolidado, os quatro fatores devem ser abrangidos e somados, traduzindo o quadro da situação abordada. Dentre os quatro aspectos, podem existir inúmeras variáveis, todavia identificar quais os mais importantes para a melhor qualificação da realidade é um desafio presente, além do peso e a importância de cada um. Entretanto, entender como todas as dimensões se relacionam entre si é o maior desafio (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

Segundo Briassoulis (2001) indicadores podem ser classificados como unidimensionais, descrevendo uma única dimensão do desenvolvimento sustentável, como os indicadores ambientais, por exemplo, e multidimensionais, que agregam dados de mais de uma dimensão, como econômico e ambiental (BRIASSOULIS, 2001).

Conforme a classificação dada por Quiroga-Martínez (2003), os indicadores dividem-se em 3 classes: 1ª geração, são indicadores setoriais ou ambientais clássicos, não incorporam a relação entre os componentes de um sistema, tais como o indicador de qualidade das águas, manejo de resíduos sólidos, emissões atmosféricas; 2ª geração, ou Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, são formados por 4 dimensões, ambiental, social, econômica e institucional, contudo ainda não conseguem estabelecer fortes vínculos e/ou transversalidade entre os temas; e 3ª geração, ainda não foram elaborados, devem ser vinculantes e transversais, para que incorporem simultaneamente todas as dimensões do desenvolvimento sustentável (QUIROGA-MARTINEZ, 2001).

Para Tayra & Ribeiro, na última década existiram inúmeras iniciativas de construção de indicadores de sustentabilidade, mas, em sua grande maioria, as variáveis não se encontravam necessariamente integradas e ordenadas, a não ser em situações que se objetivava responder temas bem específicos, como, a qualidade de água e do ar, biodiversidade ou desertificação, e tais indicadores, geralmente, eram em escala local. Os indicadores de nível regional, ou nacional, requerem um grande esforço para apresentarem agregação, harmonização e regionalização dos dados que alimentam os indicadores (TAYRA; RIBEIRO, 2006).

2.7.2 Princípios e critérios de sustentabilidade na elaboração de indicadores

Para elaboração de um indicador, é necessário, iniciar o processo estabelecendo quais são os princípios que nortearão a construção do indicador. Princípios são conceitos fundamentais que servem de base para ações e como uma estrutura essencial para o estabelecimento de um sistema mais complexo (GLAVIČ; LUKMAN, 2007).

No ano de 1996, um grupo internacional de profissionais desenvolveu os Princípios de Bellagio, objetivando fornecer orientações de alto nível aos processos de medição e avaliação do progresso rumo ao DS. A fim de manter os princípios atualizados e refletindo as mudanças no contexto de medição, foi organizada uma revisão e atualização. A reunião se deu em abril de 2009, no Bellagio Center da *Rockefeller Foundation* em Bellagio, Itália, mesmo local em que o grupo original havia se reunido. Como resultado da reunião, os Princípios foram redigidos de forma mais sucinta, eliminando algumas ambiguidades e duplicações que estavam presentes no conjunto original, além de fornecer novos enfoques. O oito princípios são apresentados no Quadro 12, abaixo (PINTÉR et al., 2012).

Quadro 12 Princípio de Bellagio

Princípio	Definição
Princípio 1: Visão orientadora	A avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável será guiada pelo objetivo de proporcionar bem-estar dentro da capacidade da biosfera para sustentá-la para as gerações futuras.

Princípio	Definição
Princípio 2: Considerações essenciais	Deve-se considerar: o sistema social, econômico e ambiental subjacente como um todo e as interações entre seus componentes, incluindo questões relacionadas à governança; as dinâmicas e interações entre tendências atuais e motores de mudança; riscos, incertezas e atividades que podem ter um impacto além das fronteiras; implicações para a tomada de decisões, incluindo <i>trade-offs</i> e sinergias.
Princípio 3: Escopo adequado	A avaliação deve adotar: um horizonte de tempo adequado que capture os efeitos de curto e longo prazo das atuais decisões políticas e atividades humanas; um âmbito geográfico adequado.
Princípio 4: Ferramentas e indicadores	A avaliação deve se basear em: uma ferramenta conceitual que identifique os domínios que os indicadores principais têm para cobrir os dados com projeções e modelos confiáveis; métodos de medição padronizados, sempre que possível, objetivando a comparabilidade; comparação dos valores dos indicadores com as metas do desenvolvimento sustentável, na medida do possível.
Princípio 5: Transparência	A avaliação irá: garantir que os dados, indicadores e resultados das avaliações sejam acessíveis ao público; explicar as escolhas, pressupostos e incertezas que determinaram os resultados da avaliação; divulgar as fontes e metodologias de dados; divulgar todas as fontes de financiamento e potenciais conflitos de interesse.
Princípio 6: Comunicação efetiva	Para uma comunicação eficaz, deve-se atrair o público mais amplo possível e minimizar o risco de uso indevido das informações: usar linguagem clara e simples; apresentar informações de forma justa e objetiva que ajude a construir confiança; usar

Princípio	Definição
	ferramentas visuais e gráficos inovadores para auxiliar a interpretação e contar uma história; disponibilizar os dados com o máximo de detalhes possível.
Princípio 7: Ampla participação	Para fortalecer sua legitimidade e relevância, a avaliação deve: encontrar formas adequadas de refletir os pontos de vista do público, ao mesmo tempo em que fornece liderança ativa; envolver-se desde o início com os usuários da avaliação, para que ela se adapte melhor às suas necessidades.
Princípio 8: Continuidade e capacidade	A avaliação exigirá: medição repetida; capacidade de resposta à mudança; investimento para desenvolver e manter a capacidade adequada; aprendizado e aperfeiçoamento contínuos.

Fonte: PINTÉR et al., 2012

Focado no desenvolvimento sustentável, os princípios de Bellagio baseiam-se em uma rica e crescente tradição de ciência, política e gestão, que cresceu após o relatório da Comissão Brundtland em 1987. Os princípios favorecem o processo de desenvolvimento de indicadores, através das lentes da sustentabilidade e ressaltam a importância em alcançar as diferentes partes interessadas, quando da realização de qualquer medição com o uso de indicadores.

Outro importante processo que auxilia na concepção e na elaboração de indicadores são os critérios de Gibson, para avaliação de sustentabilidade. A partir de um conjunto de 08 critérios, é possível avaliar em quais critérios o indicador se enquadra, ou considerar quais indicadores podem ser desenvolvidos a fim de se avaliar a sustentabilidade de um sistema (GIBSON et al., 2005). No Quadro 13, a seguir, são descritos os critérios.

Quadro 13 Critérios de Gibson

Critério	Descrição
Integridade do sistema socioecológico	Construir relações sociedade-meio ambiente, que estabeleçam e mantenham a integridade dos sistemas socioambientais em longo prazo, protegendo as funções ecológicas, que são insubstituíveis, e das quais dependem a vida humana e a qualidade ambiental.
Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades	Garantir que cada indivíduo e cada comunidade possuam sustento suficiente para uma vida digna, e que todos tenham condições de buscar melhorias, não comprometendo a capacidade de sustento das gerações futuras.
Equidade intrageracional	Garantir que suficiência e oportunidade de escolha estão sendo buscadas para todos de modo a reduzir lacunas entre os ricos e pobres.
Equidade intergeracional	Favorecer a existência de opções e ações no presente que são passíveis de manter ou aumentar as oportunidades e as capacidades das gerações futuras em viver sustentavelmente.
Manutenção de recursos naturais e eficiência	Proporcionar uma ampla base de recursos naturais para garantir meios de subsistência sustentáveis à todos, enquanto reduz ameaças em longo prazo para a integridade de sistemas socioambientais, evitando resíduos e reduzindo o consumo de matéria e energia.
Civilidade socioambiental e governança democrática	Criar a capacidade, a motivação e a inclinação em indivíduos, em comunidades e em órgãos de decisão a fim de aplicar requisitos de sustentabilidade, por meio de decisões mais abertas e baseadas em boas informações, de estímulos à conscientização mútua e à responsabilidade coletiva, além do emprego de práticas mais integradas em decisões administrativas, de mercado e pessoais.
Precaução e adaptação	Respeitar incertezas, evitar os riscos de danos graves ou irreversíveis, para os fundamentos da sustentabilidade, mesmo que sejam pouco compreendidos. O planejamento deve ser orientado à aprendizagem, deve haver preparo para situações inesperadas e desenvolvimento de uma gestão adaptativa.
Integração entre situação atual e de longo prazo	Aplicar todos os princípios de sustentabilidade ao mesmo tempo, buscando benefícios mútuos e ganhos múltiplos.

Fonte: GIBSON et al., 2005; MALHEIROS, 2019

A elaboração de indicadores, baseando-se nos critérios de Gibson e nos princípios de Bellagio, favorece a adequada seleção de variáveis bem como a

metodologia para desenvolvimento deles, uma vez que se parte de uma série de princípios norteadores sobre o tema. Nardo et al. (2005) destaca que “O que é mal definido provavelmente será mal medido...”. Portanto, um arcabouço teórico sólido é o ponto de partida para a construção de indicadores. A estrutura deve definir claramente qual o fenômeno a ser medido e seus subcomponentes e selecionar indicadores que reflitam sua importância relativa e as dimensões do composto geral. Idealmente, esse processo seria baseado no que é desejável medir e não em quais indicadores estão disponíveis (NARDO et al., 2008).

2.7.3 Indicadores ambientais

Os indicadores ambientais são conceituados como representantes de diversos elementos-chave, tais como processos físicos, químicos ou biológicos, que provoquem uma alteração em um ecossistema complexo, tal qual um parâmetro que fornece medidas da magnitude do impacto ou uma medida das condições ambientais de uma área ou ecossistema. Sua função consiste em fornecer informações ao longo do tempo, em uma variedade de escalas espaciais, podendo proporcionar informações acerca de tendências ambientais e, por essa razão, cada vez mais usados como uma maneira simples de observar o complexo ambiente, sendo de fundamental importância na formulação dos indicadores de sustentabilidade (GOMES; MALHEIROS, 2012).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), no campo de sua política ambiental, busca, entre outros aspectos, a promoção do investimento no desenvolvimento sustentável. Os trabalhos desenvolvidos dentro do âmbito de indicadores ambientais visa atender três grandes objetivos: acompanhar progressos realizados, no que se refere ao meio ambiente; zelar para que seja considerada a variável ambiental quando da elaboração e da execução de políticas setoriais; e promover a integração da variável ambiental nas políticas econômicas.

A metodologia de indicadores ambientais, Pressão – Estado – Resposta (PSR) é baseada no conceito de relações de causa e efeito e foi desenvolvida pela OCDE, em 1994, para medir a dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável. A abordagem PSR identifica, prioritariamente, as pressões antropogênicas sobre o meio ambiente, avalia o estado em que ele se encontra e define as respostas tomadas pela sociedade em reação a esse estado. Cada

indicador nesta estrutura é classificado como uma pressão, estado ou resposta, que permite os formuladores de políticas e ao público a visualizar as ligações entre o crescimento econômico e as implicações ambientais. No caso da poluição, por exemplo, esta é uma pressão fundamental sobre a biodiversidade terrestre e marinha (KWATRA et al., 2020; OECD, 2019).

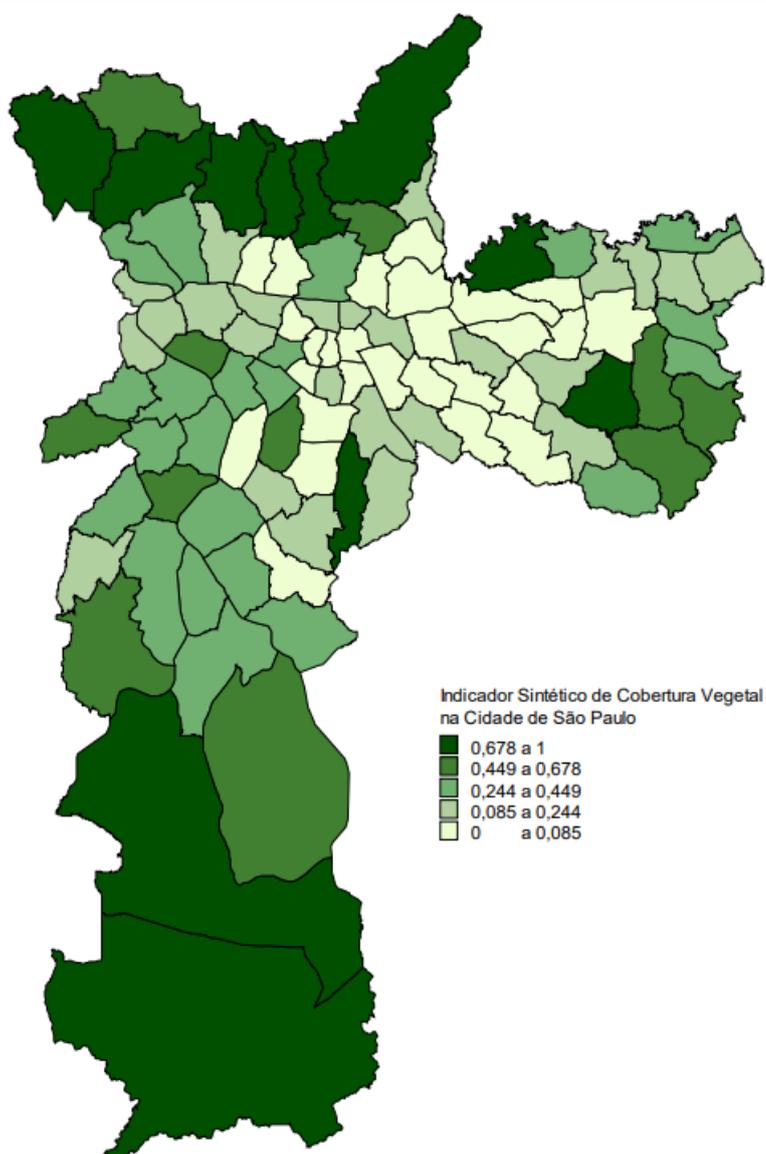
No ano de 2009 foi realizada uma publicação que apresentava um conjunto de indicadores ambientais e de gestão urbana do município de São Paulo. Foram apresentados indicadores produzidos para o município, com base na metodologia PEIR (Pressão, Estado, Impacto e Resposta) editada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 2007. Os indicadores sintéticos adotados à época foram os seguintes: Pressão 1, Adensamento Vertical; Pressão 2, Precariedade Urbana; Estado 1, Cobertura Vegetal; Resposta 1, Controle Urbano da Secretaria; e Resposta 2, Conservação da Biodiversidade.

Contudo, nesse estudo foi ressaltado que, no que se refere a indicação da condição atual do meio ambiente, este pode ser um desafio, uma vez que medir essa dimensão requer grande quantidade de dados e informações, mais específicas da área ambiental, que é justamente onde se observa a maior carência de informações estruturadas em um sistema de indicadores ambientais.

Foi apresentado, então, dados sobre o indicador que havia mais informações disponíveis, o de cobertura vegetal. Este é composto por três variáveis descritas a seguir:

- proporção de cobertura vegetal na área total do distrito;
- proporção de vegetação nativa na área total do distrito;
- e proporção de áreas de parques (estaduais e municipais) na área total do distrito.

Os valores encontrados para esse indicador são apresentados por meio de um mapa, que favorece a compreensão e a interpretação dos dados encontrados (SVMA; CEM, 2008). A Figura 20 apresenta a distribuição espacial do Indicador Sintético de Cobertura Vegetal no município de São Paulo.

Figura 20 Indicador Sintético de Cobertura Vegetal

Fonte:(SVMA; CEM, 2008)

O indicador de cobertura vegetal, além de medir e expressar de forma direta a ocorrência significativa de cobertura vegetal (pública ou particular), bem como onde estas ocorrências se encontram protegidas, também propicia uma leitura geral das áreas prestadoras de serviços ambientais ou ecossistêmicos para a metrópole.

No ano de 2015, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizou a publicação dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Nesta publicação, os indicadores ambientais estão presentes na parte dedicada a dimensão ambiental do DS. O documento destaca que a dimensão ambiental trata dos fatores de pressão e impacto, estando intrinsecamente ligada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais para a

qualidade de vida das gerações atuais e em benefício das gerações futuras. Os indicadores são organizados em temas como atmosfera, terra, água doce, oceanos, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento, contemplando 19 indicadores. A maioria desses temas reúne indicadores que expressam pressões sobre o ambiente, envolvendo questões relacionadas à política ambiental. Adicionalmente, tais aspectos apresentam forte influência na saúde e na qualidade de vida da população. Um exemplo, são as questões ligadas ao saneamento, pois quando se toma como paradigma o desenvolvimento sustentável, é possível seu enquadramento e análise também na dimensão social. Da mesma forma, as dimensões econômica e institucional contemplam indicadores que poderiam estar presentes na dimensão ambiental.

Fica evidente que a elaboração de indicadores ambientais, embora busque revelar informações sobre uma dimensão, pode atuar como ferramenta na compreensão de fenômenos que ocorrem em outras dimensões do desenvolvimento sustentável, além de contribuir na criação de indicadores mais complexos e abrangentes, colaborando assim para compreensão dos fenômenos ambientais, bem como atuando como ferramenta estratégica para melhor entender o ambiente que estamos inseridos. Com essa premissa em mente, e recordando como as áreas contaminadas impactam o meio ambiente, nos capítulos seguintes abordaremos o desenvolvimento de um índice ambiental para analisar e classificar as ACs, proposto na presente pesquisa.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho parte de uma pesquisa exploratória, sendo assim delineado por meio de uma extensa pesquisa bibliográfica. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar uma visão mais ampla do assunto abordado, aumentando o nível de compreensão do mesmo e permitindo que o pesquisador delimite seu enfoque (CERVO et al., 2007; GIL, 2022).

O trabalho avança para uma pesquisa documental, para obtenção de dados secundários quantitativos e qualitativos, haja vista que a pesquisa documental é uma técnica em que são utilizados documentos diversos, elaborados para diferentes finalidades, como autorizações, assentamentos, relatórios técnicos, e que possuem, em sua natureza, a utilização interna por parte de uma organização, diferentemente das fontes bibliográficas que podem ser obtidas em bibliotecas ou bases de dados. Tais dados, empregados neste estudo, são oriundos do Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas, publicado pela CETESB (CETESB, 2020b) e de processos de licenciamento ambiental e de reutilização de áreas, disponibilizados para vistas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), após solicitação prévia e cujo acesso é garantido com base em duas legislações, uma em esfera federal e outra em esfera estadual. Na esfera federal temos a Lei 10.650, de 16 de abril de 2003, que traz em seus parágrafos iniciais o seguinte texto:

“Art. 1º Esta lei dispõe sobre o acesso público aos dados e informações ambientais existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama, instituído pela Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Art. 2º Os órgãos e entidades da Administração Pública, direta, indireta e fundacional, integrantes do Sisnama, ficam obrigados a permitir o acesso público aos documentos, expedientes e processos administrativos que tratem de matéria ambiental e a fornecer todas as informações ambientais que estejam sob sua guarda, em meio escrito, visual, sonoro ou eletrônico...” (BRASIL, 2003).

A lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente e cria o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), que é formado pelos “órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder

Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental” (BRASIL, 1981), sendo, portanto, a CETESB integrante do SISNAMA.

Em esfera estadual, temos, a Lei paulista 13.577, de 08 de julho de 2009, que “Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.” (SÃO PAULO (ESTADO), 2009), em seu artigo 19 que possui a seguinte redação:

“Classificada a área como Área Contaminada sob Investigação, os órgãos ambientais e de saúde deverão implementar programa que garanta à população afetada, por meio de seus representantes, o acesso às informações disponíveis e a participação no processo de avaliação e remediação da área.”

Portanto, as duas legislações apresentadas acima fornecem o embasamento para o acesso e utilização das informações empregadas nesta pesquisa.

Importante ressaltar que, por se tratar de dados secundários, pode ocorrer que os dados, disponibilizados nos relatórios consultados, tenham sido coletados ou processados de forma inadequada e, por conseguinte, o trabalho tenderá a reproduzir esses erros. Contudo, no que se refere aos dados presentes nos processos vistos, estes foram coletados e consolidados com a finalidade de identificar e catalogar quais são as informações tradicionalmente apresentadas a agência ambiental durante as etapas de investigações e monitoramentos ambientais, de forma que a classificação aqui desenvolvida, não se distancie da realidade. A utilização destes dados, para a aplicação hipotética da classificação aqui desenvolvida, não objetiva apresentar a situação atual de cada área, mas, um recorte de um momento que cada área passou.

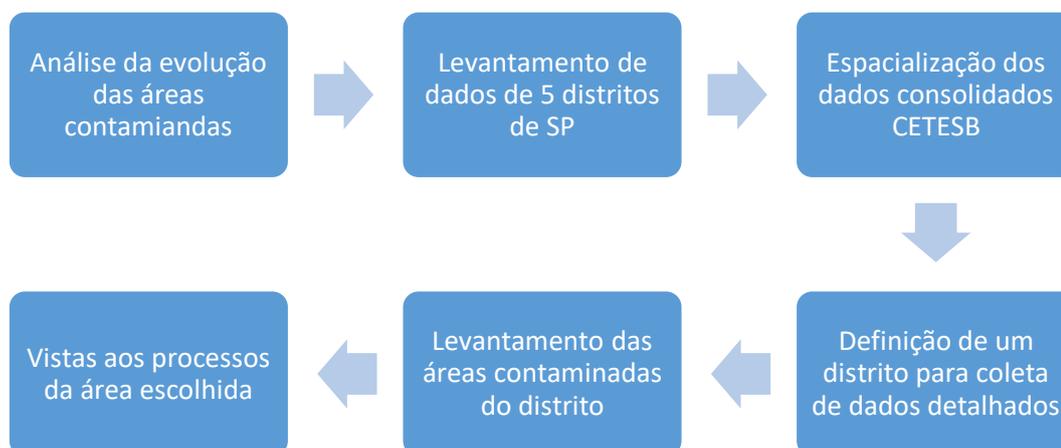
Finda a coleta e a consolidação dos dados e, sustentando-se em uma nova pesquisa bibliográfica, elaborou-se uma metodologia de classificação para as áreas contaminadas que se baseia nos princípios dos indicadores de sustentabilidade, apresentados no capítulo anterior, com enfoque nos indicadores ambientais.

Para o desenvolvimento do plano de trabalho a pesquisa foi dividida em dois momentos: pesquisa bibliográfica, coleta, análise e espacialização de dados sobre as áreas contaminadas; e a elaboração da metodologia de classificação com a aplicação da classificação aos dados coletados. O texto foi redigido conforme as orientações do Guia para elaboração de teses e dissertações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IGAMI; VIEIRA, 2017).

3.1 Coleta, análise e espacialização de dados sobre as áreas

Na Figura 21, as etapas para essa parte da pesquisa são apresentadas por meio de um fluxograma

Figura 21 Fluxograma das etapas do trabalho



3.1.1 Análise da evolução das áreas contaminadas

O método adotado para analisar a evolução no número de áreas contaminadas no município de São Paulo, foi a análise de conteúdo, que visa descrever, de forma objetiva e sistemática o conteúdo presente em textos, tais como matérias publicadas em jornais, revistas ou relatórios, como é o presente caso (GIL, 2022). Assim, para a identificação e elaboração de uma série histórica do número de áreas contaminadas no município de São Paulo, foi realizada uma consolidação das informações presentes na publicação “Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo”, publicados pela CETESB, entre os anos de 2002 e 2016 (CETESB, 2020a). A ferramenta empregada na elaboração dos gráficos foi o *software* Tableau Desktop, por meio de uma licença estudantil (TABLEAU SOFTWARE LLC, 2022).

No município de São Paulo, a Secretaria do Verde e Meio Ambiente, também disponibiliza um relatório de áreas contaminadas próprio. Esse relatório é constituído por meio de um banco de dados que consolida informações que são prestadas quando da solicitação de uma aprovação de projeto de parcelamento do solo, edificação, mudança de uso ou instalação de equipamentos em terrenos

públicos ou privados que previamente sejam considerados contaminados ou suspeitos de contaminação. Entretanto, para efeito da análise da evolução das áreas contaminadas no município de São Paulo não é possível utilizar os dados da SVMA, haja vista que só fica disponível para consulta o último relatório publicado.

3.1.2 Levantamento de dados de 5 distritos de São Paulo

Para a entender a diferença entre os tipos de atividade causadoras da contaminação, os grupos de substâncias presentes e a influência da ocupação anterior nas áreas contaminadas foram selecionados cinco distritos do município de São Paulo, cuja divisão territorial é composta por 96 distritos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), distrito é definido como:

“unidades administrativas dos municípios, cuja criação, desmembramento ou fusão se faz por lei municipal, observada a continuidade territorial e os requisitos previstos em lei complementar estadual. Dependendo da legislação estadual, poderão ser subdivididos, conforme o caso, em subdistritos, regiões administrativas, zonas e similares (IBGE, 2016) .

Conforme a definição do Dicionário de Língua Portuguesa Michaelis, distrito é definido, ainda, como “uma divisão administrativa de um território; cada uma das partes em que se subdivide administrativamente o território de um município e que pode abranger diversos bairros” (MICHAELIS, 2022). Para cada um dos cinco distritos selecionados, foram analisadas as fichas presentes no Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, publicado no ano de 2017, que contém informações resumidas sobre cada site (CETESB, 2017b).

Para a visualização dos dados espacializados, utilizou-se a ferramenta de infraestrutura de dados ambientais do estado de São Paulo, DATAGEO (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018).

A ficha, presente nos relatórios, contém informações resumidas sobre a origem da contaminação, os compartimentos ambientais afetados, grupo ao qual a substância contaminante pertence, classificação da área conforme a etapa do GAC e a medidas de remediação adotadas. Cada distrito escolhido está localizado em uma região do município de São Paulo: Santo Amaro (zona sul), Butantã (zona oeste), Casa Verde (zona norte), Aricanduva (zona leste) e Cambuci (zona central).

Foram adicionadas informações suplementares sobre cada distrito, com o objetivo de melhorar a compreensão de onde estão inseridas as áreas, tais como: o número de habitantes por distrito, dado obtido pelo Portal Estatístico do Estado

de São Paulo, mantido pelo governo do estado de São Paulo (FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS [SEADE], 2018); a área total de cada distrito, com informações da prefeitura da cidade de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017); o preço médio do metro quadrado, cujos valores foram extraídos do FIPE ZAP, Índice de Preços de Imóveis Anunciados, um indicador com abrangência nacional, que acompanha os preços de venda e locação de imóveis nos Brasil e que é calculado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas-Fipe (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS [FIPE]; ZAP IMOVEIS, [S.d.]); e para o zoneamento aplicado aos locais estudados foi utilizado uma ferramenta que disponibiliza dados de georreferenciamento da prefeitura de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2018).

3.1.3 Espacialização dos dados consolidados da CETESB e elaboração do Indicador de Áreas Contaminadas

Partindo de uma base de dados, em formato Microsoft® Excel, contendo as informações das fichas presentes no Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas de 2017 (CETESB, 2017b) buscou-se uma nova forma de espacializar os dados, diferentemente da metodologia adotada pela CETESB, em que cada área é representada por um ponto. Assim sendo, a base de dados foi tratada, com a inclusão das informações relativas a unidade territorial distrito, a que pertencia cada área, e código do distrito, de acordo com a base de dados do município de São Paulo do sistema GeoSampa (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2019), para que assim, fosse possível uma análise considerando o número de áreas presentes em cada distrito.

Os arquivos com os limites territoriais do município e dos distritos (*shapes*) utilizados na elaboração dos mapas, também foram consultados no sistema GeoSampa. Foi elaborado um mapa, apresentando dados absolutos, de círculos proporcionais, com o objetivo de compreender como as áreas contaminadas se distribuíam no território do município de São Paulo.

Após essa etapa, acrescentou-se à base de dados, informações sobre a área territorial de cada distrito, medida em quilômetros quadrados. Com a inclusão dessa informação, foi desenvolvido o primeiro indicador deste trabalho. O indicador ambiental de primeira geração, denominado Indicador de Áreas Contaminadas (IAC), utiliza dados relativos, calculados com o objetivo de mensurar a

concentração de áreas contaminadas, considerando-se a relação entre a área territorial de um dado distrito e o número de ACs existentes nesse território, obtendo-se assim a densidade de áreas contaminadas por distrito.

O cálculo do IAC utiliza duas variáveis: número de áreas contaminadas e reabilitadas por distrito, (AC); e área de cada distrito, em quilômetros (A). Adotou-se a Equação 2 para o cálculo:

Equação 2 Cálculo do IAC

$$IAC = \frac{AC}{A}$$

Os resultados do cálculo do IAC foram inseridos no *software* ArcGIS 10.8.1 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2020), gerando um mapa coroplético, que separou os dados em 06 classes, utilizando como método os Intervalos Iguais. Este método divide a série de valores de atributo em subintervalos de tamanhos iguais (MALCZEWSKI, 1999). As diferentes classes são representadas utilizando uma escala de cores.

3.1.4 Definição do distrito para coleta de dados detalhados e levantamento das ACs

A fim de que os dados das áreas contaminadas empregados no estudo fossem heterogêneos, com base nas informações levantadas sobre a concentração de áreas contaminadas por distrito, no histórico de uso industrial da região, adicionado a um processo de revitalização em curso, o distrito escolhido para a pesquisa documental, por meio da consulta aos processos administrativos, foi o distrito da Lapa. Este, situado na zona oeste do município de São Paulo, compreende os bairros Vila Anastácio, Alto da Lapa, Vila Ipojuca, Vila Argentina, Vila Romana, Bairro Siciliano e Água Branca e, conforme a lista de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB de 2017, possuía 70 áreas contaminadas, o terceiro distrito com mais áreas contaminadas no município de São Paulo.

As informações que foram utilizadas nesse estudo, e que constam nos processos físicos e eletrônicos vistos também estão disponíveis no Sistema de Informações sobre Áreas Contaminadas e Reabilitadas (SIACR) que é empregado pela CETESB no gerenciamento das áreas. Esse sistema não é disponível para consultas externas, de forma que as informações das áreas contaminadas podem

ser acessadas pelos seguintes meios, conforme publicação eletrônica da CETESB (GLOEDEN et al., 2021):

- publicação de uma Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas em forma de lista ou tabela, contendo um resumo das informações sobre cada uma delas;
- disponibilização de informações georreferenciadas das áreas em mapas;
- averbação da contaminação e reabilitação na matrícula do imóvel;
- e a disponibilização de vista ao processo administrativo no Órgão Ambiental Gerenciador.

Com base nas listas de áreas contaminadas disponibilizadas pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e da CETESB, foi elaborada uma lista com áreas de interesse, para solicitação de vista aos processos, considerando-se que as informações publicadas são resumidas, e não contém todas as informações necessárias para utilização na metodologia de classificação. Importante ressaltar que as informações disponíveis nos dois relatórios publicados, SVMA e CETESB, possuem divergências, como classificação atual da área e número de áreas cadastradas, 20 áreas contaminadas constavam na lista da SVMA em setembro de 2018 e 70 áreas na lista da CETESB de 2017, sendo que apenas 04 áreas que constam na lista da SVMA não constam na lista da CETESB. Outra informação relevante é sobre a forma como o dado é divulgado. Na lista da SVMA não consta a razão social ou o proprietário da área, a identificação é feita apenas com o código “Setor, Quadra, Lote” (SQL) da área e com o endereço. Já na lista da CETESB as informações relacionadas ao proprietário estão disponíveis.

3.1.5 Vistas aos processos selecionados

Foi elaborada e entregue uma lista à SVMA de 20 áreas, na qual constavam as informações relacionadas à razão social (que foi pesquisada a partir do SQL da área), o SQL e o endereço de cada área (anexo 1). A solicitação de vista aos processos foi realizada presencialmente em 13/09/2018 e o pedido foi negado em 25/09/2018.

No que se refere as informações da CETESB, uma solicitação de vistas a 56 processos foi feita por e-mail na data de 01/10/2018 e autorizada em 02/10/2018 (anexo 2). Em cada visita agendada foi permitido realizar vistas de até 5 processos,

dada a grande quantidade de volumes em cada processo. As visitas para coleta dos dados se iniciaram em 24/10/2018, na Agência Ambiental de Pinheiros e no Setor de Áreas Contaminadas. Em 15/05/2019 foi realizada uma nova solicitação de vista a 12 processos. Essa nova solicitação se deu pois, após o processo de análise dos dados já coletados, foi possível identificar mais áreas dentro da área de estudo. A autorização para as vistas foi dada na mesma data. No total, 63 processos foram vistos em 13 visitas a Agência Ambiental, que encerraram em 26/06/2019. No Quadro 14, a seguir, um resumo da coleta de dados é apresentado.

Quadro 14 Dados coletados

Processos Áreas Contaminadas	Quantidade
Lista CETESB 2017	70
Lista SVMA 2018	20
Áreas contaminadas lista SVMA que não constam na lista da CETESB	4
Dados duplicados CETESB	1
Cadastros diferente para a mesma área CETESB	1
Processo não localizado CETESB	3
Processo arquivado em outra agência CETESB	2
Total processos vistos na CETESB	63

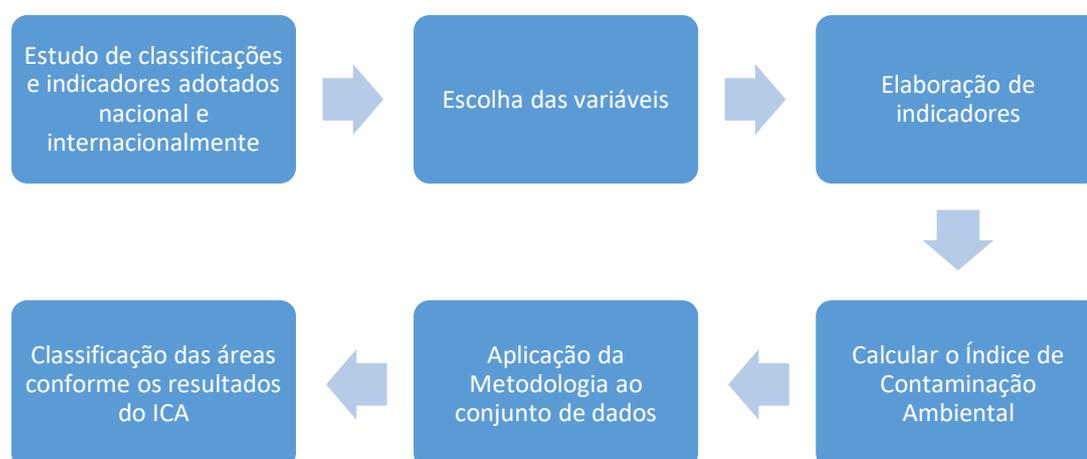
As consultas aos processos incluíram os relatórios relativos as etapas de investigações confirmatória e detalhada de cada processo. Nos casos das áreas reabilitadas e em processo de reabilitação, foram analisados também os relatórios de monitoramento das águas subterrâneas, quando havia comprometimento deste compartimento. Em decorrência do número de volumes de alguns processos e da dificuldade na mobilização dos mesmos, para algumas áreas, foram consultados apenas os relatórios mais recentes apresentados à agência ambiental.

3.2 Elaboração de uma metodologia baseada em indicadores, para classificação e aplicação aos dados coletados

Para a elaboração da metodologia de classificação, baseada em indicadores de sustentabilidade, foi realizado o estudo de diversos tipos de classificações para ACs adotados, tais como: o modelo conceitual desenvolvido pela iniciativa

CABERNET para *brownfields* (FERBER et al., 2006); a metodologia de avaliação multifatorial, *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) desenvolvida na União Européia (BARTKE et al., 2016); o *Hazardous Ranking System*, utilizado pela Agência de Proteção Ambiental americana (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992); o *National Classification System for Contaminated Sites*, adotado no Canadá (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); além de literatura sobre o processo de construção de indicadores (NARDO et al., 2008), adotando os critérios de Gibson para elaboração de indicadores (GIBSON et al., 2005) e os princípios de Bellagio (PINTÉR et al., 2012). A Figura 22 apresenta o Fluxograma da etapa 2.

Figura 22 Fluxograma da etapa 2



Conforme a classificação dada por Quiroga-Martínez (2003), e apresentada no capítulo anterior os indicadores dividem-se em 3 classes. Neste trabalho, é proposto um indicador de sustentabilidade ambiental de 1ª geração.

Na elaboração do índice foram selecionadas 15 variáveis primárias, que darão origem a 3 indicadores. Estes indicadores reúnem informações, respectivamente, acerca da concentração ambiental de um poluente, quais matrizes ambientais foram afetadas e o comportamento ambiental da substância presente. Tais indicadores, por sua vez, agregados resultarão no Índice de Contaminação Ambiental (ICA), que visa indicar e mensurar o comprometimento ambiental das áreas analisadas, sendo assim um indicador ambiental unidimensional, de acordo com a definição de Briassoulis (BRIASSOULIS, 2001).

O conceito de indicador e índice, adotados neste trabalho, considera que indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, podendo ser um dado individual ou um agregado de informações, comunicando eficientemente o estado de fenômeno observado. Já no que se refere a termo índice, este revela o estado de um sistema ou fenômeno, contudo este traz o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo, em que se adotam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem (KWATRA et al., 2020; SICHE et al., 2007).

O conjunto de indicadores e o índice propostos estão relacionado aos seguintes critérios de Gibson: Integridade do sistema socioecológico, Manutenção de recursos naturais e eficiência e Civilidade socioambiental e governança democrática(GIBSON et al., 2005).

Para a definição das classes presentes no ICA, foi aplicada uma escala categórica, em um processo que agrupa as informações por quartis. Cada quartil representa um nível de contaminação da área: baixo para o primeiro quartil, moderado para segundo, alto para o terceiro e muito alto para os valores superiores. De acordo com Diez et al., (2016), as definições para cada quartil são:

primeiro quartil (Q1): pelo menos 25% das observações são iguais ou inferiores ao valor Q1 e pelo menos 75% das observações são iguais ou superiores ao valor Q1;

segundo quartil (ou mediana) (Q2): pelo menos 50% das observações são iguais ou inferiores ao valor Q2 e pelo menos 50% das observações são iguais ou superiores ao valor Q1;

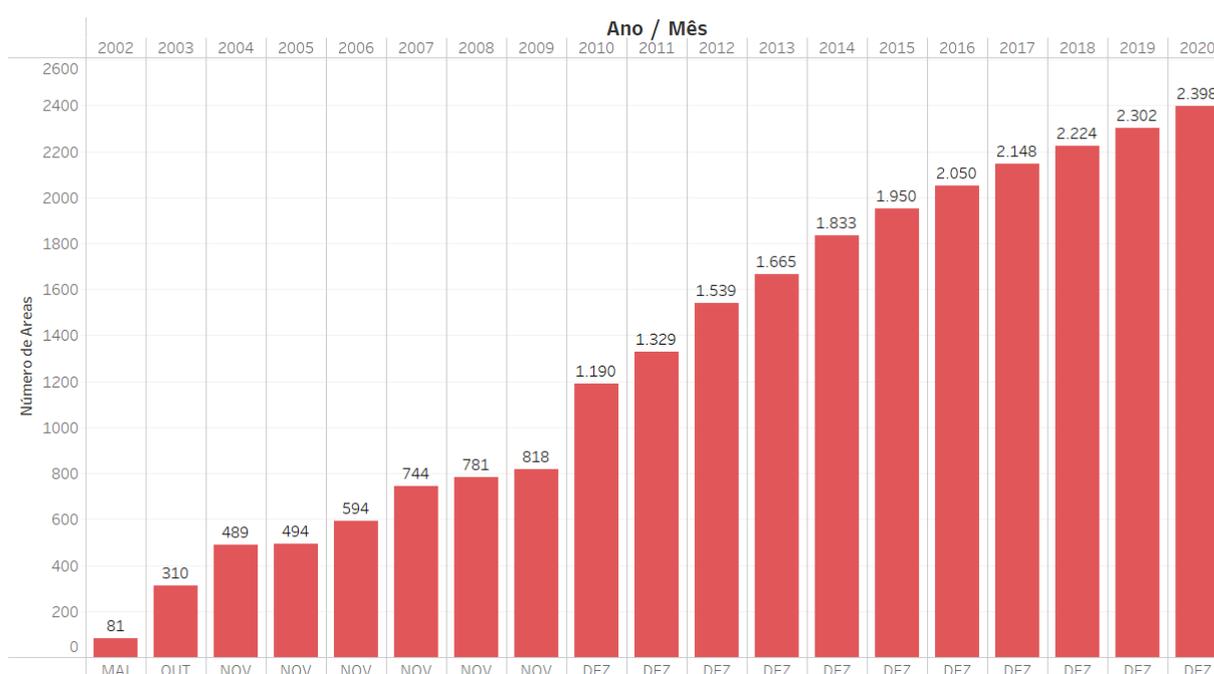
e o terceiro quartil (Q3): pelo menos 75% das observações são iguais ou inferiores ao valor Q3 e pelo menos 25% das observações são iguais ou superiores ao valor Q3 (DIEZ et al., 2016).

A descrição completa das variáveis escolhidas para elaboração dos indicadores e do ICA, bem como a aplicação deste método, para classificar as ACs do conjunto de dados delineado, será apresentada a seguir, na etapa de resultados.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Gráfico 3, abaixo, foi elaborado com o intuito de criar uma série histórica do número de áreas contaminadas identificadas no município de São Paulo. Estão presentes dados dos Relatórios de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do estado de São Paulo, entre os anos de 2002 e 2020.

Gráfico 3 Série histórica das áreas contaminadas no município de São Paulo de 2002 a 2020



Fonte: Elaborado pela autora

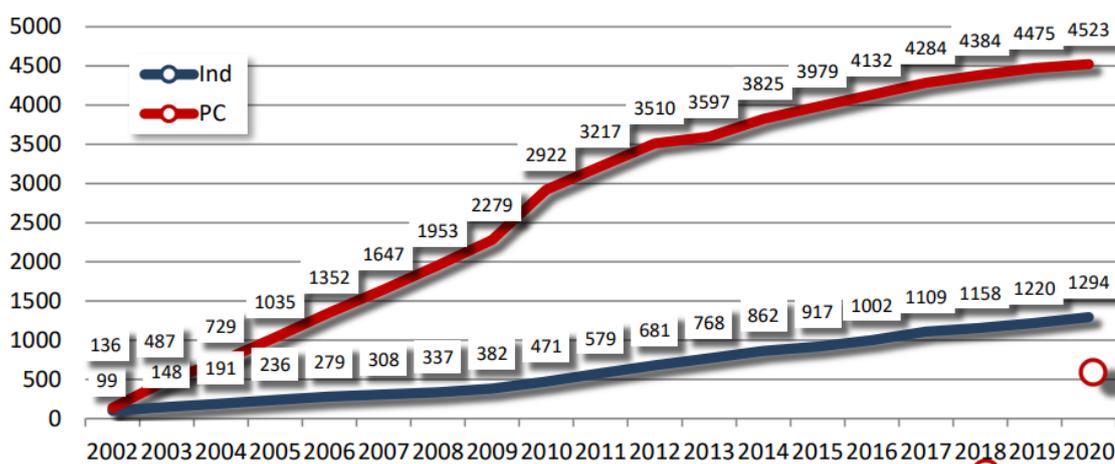
De acordo com as informações apresentadas no gráfico acima, no ano de 2020 a cidade possuía 2398 áreas contaminadas, 37% do total de ACs existentes no estado de São Paulo. É possível perceber o crescimento acelerado, desde que iniciou a divulgação, há 18 anos. Conforme o relatório técnico, publicado pelo Centro Vigilância Sanitária (CVS) do estado de São Paulo, em 2021, sobre os dados das áreas contaminadas e reabilitadas de 2020, dos 645 municípios do estado, 66,67%, 430 municípios possuem AC, demonstrando assim a relevância do tema dentro de políticas públicas estaduais e municipais. Outra informação extremamente relevante é no que se refere a áreas cuja contaminação, comprovadamente, ultrapassou os limites do terreno de origem, um total de 584

áreas na capital paulista e, por essa razão, merecem atenção especial dado os riscos que podem provocar em seu entorno (CVS, 2021a).

Embora o estado de São Paulo disponha de uma lei específica para ACs, não há programas estaduais ou municipais estabelecidos focados em tratar e reaproveitar esses locais. O Plano Diretor do município de São Paulo, por exemplo, prevê apenas ações voltadas à conservação e ao reflorestamento de áreas públicas degradadas, como parques, nascentes e áreas de proteção ambiental (SÃO PAULO (CIDADE), 2014b). Logo, geralmente uma área contaminada é identificada e inicia-se o processo de gestão com base na necessidade de reaproveitamento do solo, como antigas áreas industriais (SILVA, T. B., 2016) e em processos que envolvem a obtenção de licenças ambientais ou convocações da agência ambiental.

Do número total de ACs existentes no município, 1674, são provenientes de atividades ligadas a postos de combustíveis e corresponde a 70% do total (CETESB, 2020a). O município segue a mesma tendência encontrada nos dados relacionadas ao estado de São Paulo, que das 6434 áreas contaminadas e reabilitadas, 4523 são oriundas de postos de combustíveis. Em relatório explicativo do CVS (CVS, 2021a), é apresentado um gráfico em que é possível perceber como a identificação de áreas contaminadas por postos de combustíveis é substancialmente maior do que outras atividades poluidoras.

Gráfico 4 Comparativo da evolução das Áreas Contaminadas oriundas da Indústria e Postos de Combustíveis dos anos 2002 a 2020



Fonte: CVS, 2021

No Gráfico 4, apresentado, a linha vermelha indica as ACs cuja origem é relacionada a postos de combustíveis, já a linha azul, atividades industriais. Conforme o Banco de Referências Básicas para Vigilância Sanitária em Áreas Contaminadas (BRBAC), do CVS, que utiliza dados de 2020 (CVS, 2021b), o município de São Paulo, no ano de 2020, possuía 1634 postos de combustíveis e, destes, 549 estavam cadastrados junto a CETESB como AC. Esse perfil de AC predominantemente originado por postos de combustíveis é resultante do desenvolvimento do programa de licenciamento, conduzido pela CETESB desde 2001 (CETESB, 2020a), em atendimento a Resolução CONAMA nº 273, de 2000, que previa que todas as instalações e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis configuram-se como empreendimento potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de impactos ambientais por meio de possíveis vazamentos que podem ocasionar a contaminação de corpos de águas subterrâneas e superficiais e do solo (BRASIL, 2000b).

A próxima etapa deste processo, foi a convocação, por parte da CETESB, dos proprietários dos empreendimentos cadastrados e em operação objetivando dar início ao licenciamento ambiental. No período compreendido entre julho de 2002 e abril de 2008, foram feitas um total de oito convocações, incluindo todos os 8516 empreendimentos cadastrados no estado de São Paulo à época. A priorização para as convocações se fundamentou nas informações cadastrais prestadas, referentes às características das instalações e equipamentos, à proximidade com os corpos d'água e à ocupação do entorno dos empreendimentos, além de registros de ocorrência de eventos de contaminação do solo ou das águas subterrâneas (CETESB, 2008). Grande parte das áreas apresentadas neste estudo se cadastraram e iniciaram suas investigações em decorrência desta legislação.

Para Alharbi et al. (2018) e Kao et al (2019), vazamentos de tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis, em postos de combustíveis e derramamentos de óleo, são incidentes comuns na sociedade moderna, mas constituem um grave problema ambiental, de preocupação global, devido à sua alta toxicidade. As consequências ambientais incluem prejuízos a diversas matrizes ambientais, tais como as águas subterrâneas, além de acarretar impactos a vegetação e a disponibilidade de água potável. Quando esses poluentes são lançados no meio ambiente, podem induzir efeitos adversos à saúde humana, tão logo suas concentrações atinjam níveis suficientemente elevados em águas

superficiais, subterrâneas, solo e ar. Muitos desses compostos orgânicos são cancerígenos e mutagênicos (ALHARBI et al., 2018; KAO et al., 2019).

Os hidrocarbonetos totais de petróleo, também conhecido pela sigla, em inglês TPH (*total petroleum hydrocarbons*), são uma mescla de substâncias formadas quase inteiramente de átomos de hidrogênio e carbono e que diferem em sua configuração estrutural, sendo divididos em dois grupos: compostos alifáticos (alcanos, alcenos, alcinos e alcanos cíclicos) e os aromáticos. Os hidrocarbonetos com pesos moleculares mais baixos tendem a ser mais solúveis em água e mais voláteis do que os hidrocarbonetos com pesos moleculares mais elevados. Alguns TPHs são líquidos incolores ou de cor clara que evaporam facilmente, enquanto outros são líquidos espessos de cor escura ou semissólidos que não evaporam. Muitos desses produtos possuem um odor característico de gasolina, querosene ou óleo (ALHARBI et al., 2018; ATSDR, 1999).

Quando o TPH vaza ou derrama diretamente na água, algumas frações do TPH flutuam na água formando uma camada fina na superfície. Outras frações mais pesadas se acumularão no sedimento do fundo. Alguns organismos na água (principalmente bactérias e fungos) podem degradar algumas das frações de TPH. Os TPH que são liberados no solo podem se mover para as águas subterrâneas, através do solo. Lá, os componentes individuais podem ser separados da mistura original, dependendo das propriedades químicas de cada componente. Alguns desses componentes evaporarão no ar e outros se dissolverão nas águas subterrâneas e se afastarão da área onde foram liberados. Outros compostos aderem às partículas no solo e podem permanecer no solo por muito tempo, enquanto outros serão decompostos por microorganismos no solo. A quantidade de TPH encontrada em uma amostra serve como indicador geral do tipo de contaminação que existe no local (ATSDR, 1999).

Em algumas situações, os processos de decomposição microbiana degradam os hidrocarbonetos com pesos moleculares mais baixos, e o produto decomposto pode consistir em novos compostos que não estavam presentes na contaminação original (ALHARBI et al., 2018). Estima-se que a principal fonte de contaminação dos solos urbanos e das águas subterrâneas seja a gasolina que vaza dos tanques de armazenamento subterrâneos. A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos. No entanto, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) são os mais ambientalmente relevantes em eventos de contaminação,

principalmente devido à sua maior solubilidade em água e mobilidade no solo (FREITAS et al., 2011; SANTOS, A. et al., 2018).

Contudo, a tendência na prevalência das ACs originadas por postos de combustíveis observado no município de São Paulo poderá ser modificada ou, ao menos, minimizada com a publicação das Resoluções da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, SMA nº 10, de 2017 (SÃO PAULO (estado), 2017a) e da SMA, nº 11, de 2017 (SÃO PAULO (estado), 2017b). Tais resoluções apresentam uma lista de todas as atividades que devem ser consideradas contaminadoras e estabelecem regiões do município de São Paulo como prioritárias para efeito de identificação de áreas contaminadas. Os empreendimentos localizados nas regiões Mooca, Barra Funda, Chácara Santo Antônio e Jurubatuba, e enquadrados, conforme texto da resolução, deverão realizar Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, em um prazo de 180 (cento e oitenta) dias após da data de convocação pela CETESB (SÃO PAULO, 2017), gerando assim uma nova etapa de convocações e para realização de investigações.

4.1 Estudo dos 5 distritos

Durante essa etapa do estudo, foram analisados os dados resumidos, presentes na ficha de áreas contaminadas da CETESB do ano de 2017, das áreas presentes em 05 distritos do município de São Paulo, totalizando 166 áreas. No Quadro 15 são apresentados os dados obtidos por distrito, bem como área de cada distrito em quilômetros quadrados, número de habitantes, preço do metro quadrado, total de áreas contaminadas, total de reabilitadas, percentual de reabilitação para distritos e o número de locais reaproveitados ou em processo de reutilização.

Quadro 15 Dados dos 5 distritos

Distrito	Aricanduva	Butantã	Cambuci	Casa Verde	Santo Amaro	Total
Habitantes	86.501	53.970	40.049	86.009	74.139	340.668
Área em km ²	6,60	12,50	3,90	7,10	15,60	45,70
Preço do m ²	R\$ 4718,00	R\$ 5965,00	R\$ 6878,00	R\$ 6927,00	R\$ 8242,00	R\$ 6546,00 (média)

Distrito	Aricanduva	Butantã	Cambuci	Casa Verde	Santo Amaro	Total
Áreas contaminadas	16	26	28	17	79	166
Áreas remediadas	4	7	6	4	26	47
Percentual de áreas remediadas	25%	26.92%	21.43%	23,53%	32,50%	28,14%
Áreas reutilizadas	4	3	11	3	34	55

Elaborado pela autora consultando: COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO [CETESB], 2017; FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS [FIPE]; ZAP IMOVEIS, [S.d.]; FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS [SEADE], 2018; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017

Conforme os dados apresentados no quadro 15, é possível identificar a existência de áreas revitalizadas em todos os distritos avaliados. No entanto, Santo Amaro apresenta o maior percentual, além de deter o preço do metro quadrado mais alto dentre os distritos analisados. Áreas localizadas em regiões de alto valor fundiário são usufruídas por pessoas com maior poder aquisitivo e, portanto, maior poder de pressão política. Esse fenômeno foi observado, anteriormente, em estudo de Habermann & Gouveia, cujos resultados encontrados para a cidade de São Paulo apontaram que os setores censitários que apresentavam o maior número de áreas contaminadas possuíam também população de rendimento mais elevado. O autor explica que a forma de ocupação do município de São Paulo gerou esse resultado, uma vez que essas regiões e seu entorno imediato, concentram grande parte das infraestruturas de comércio, lazer, bem como locais de trabalho, promovendo maior valorização e habitada por pessoas de maior poder aquisitivo (HABERMANN; GOUVEIA, 2014).

Segundo Bravi et al. (2014), as decisões de investimento na aquisição e remediação de uma área contaminada, em suma, são afetadas por duas variáveis: os custos de remediação e o valor de mercado da área após a recuperação ambiental ter sido concluída. O valor do terreno irá se basear no valor de uma estrutura que poderá ser construída na área, a fim de que a utilização econômica desta dada estrutura defina seu valor num mercado específico. Obtém-se o chamado valor de transformação, estimando-se assim o valor de um terreno urbano (BRAVI et al., 2014).

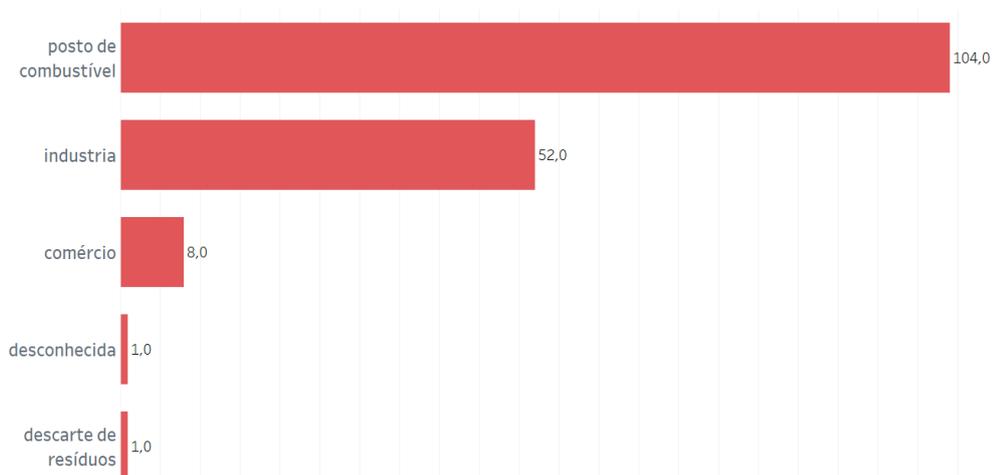
Um estudo realizado por Jackson & Yost-Bremm e publicado em 2018, permitiu que os autores estimassem que o valor de um terreno, classificado como uma área contaminada e comercializado antes da remediação, pode apresentar uma redução entre 12,80% e 30,28%. Contudo, após finalizado o processo de remediação essa desvalorização da área desaparece (JACKSON; YOST-BREMM, 2018). Essa questão pode, ainda, ser abordada sob a ótica da temática da valoração ambiental, que, segundo Motta (1997), indica que “o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos e que estes atributos podem estar ou não associados a um uso” (MOTTA, 1997).

Para Atkinson et al., (2018) a valoração ambiental é entendida como uma variedade de técnicas para atribuir valores monetários aos impactos ambientais, especialmente se tratando de impactos não comerciais, uma vez que a maioria dos bens e serviços fornecidos pelo meio ambiente não têm um mercado óbvio. Como resultado, há uma subvalorização, ou até mesmo a desvalorização dos serviços ambientais durante processos avaliativos (ATKINSON et al., 2018).

É possível, portanto, considerar a hipótese de que a questão econômica poderá influenciar a questão ecológica, uma vez que quanto o maior o valor econômico atribuído a uma dada área, maior o seu potencial de remediação e reutilização. Essa discussão poderá ser aprofundada em trabalhos futuros.

Após análise do documento intitulado Relatório de Áreas Contaminadas e Remediadas do estado de São Paulo, publicado pela CETESB no ano de 2017(CETESB, 2017c), a Figura 23 apresenta informações sobre as atividades poluidoras que ocasionaram as ACs, nos cinco distritos avaliados.

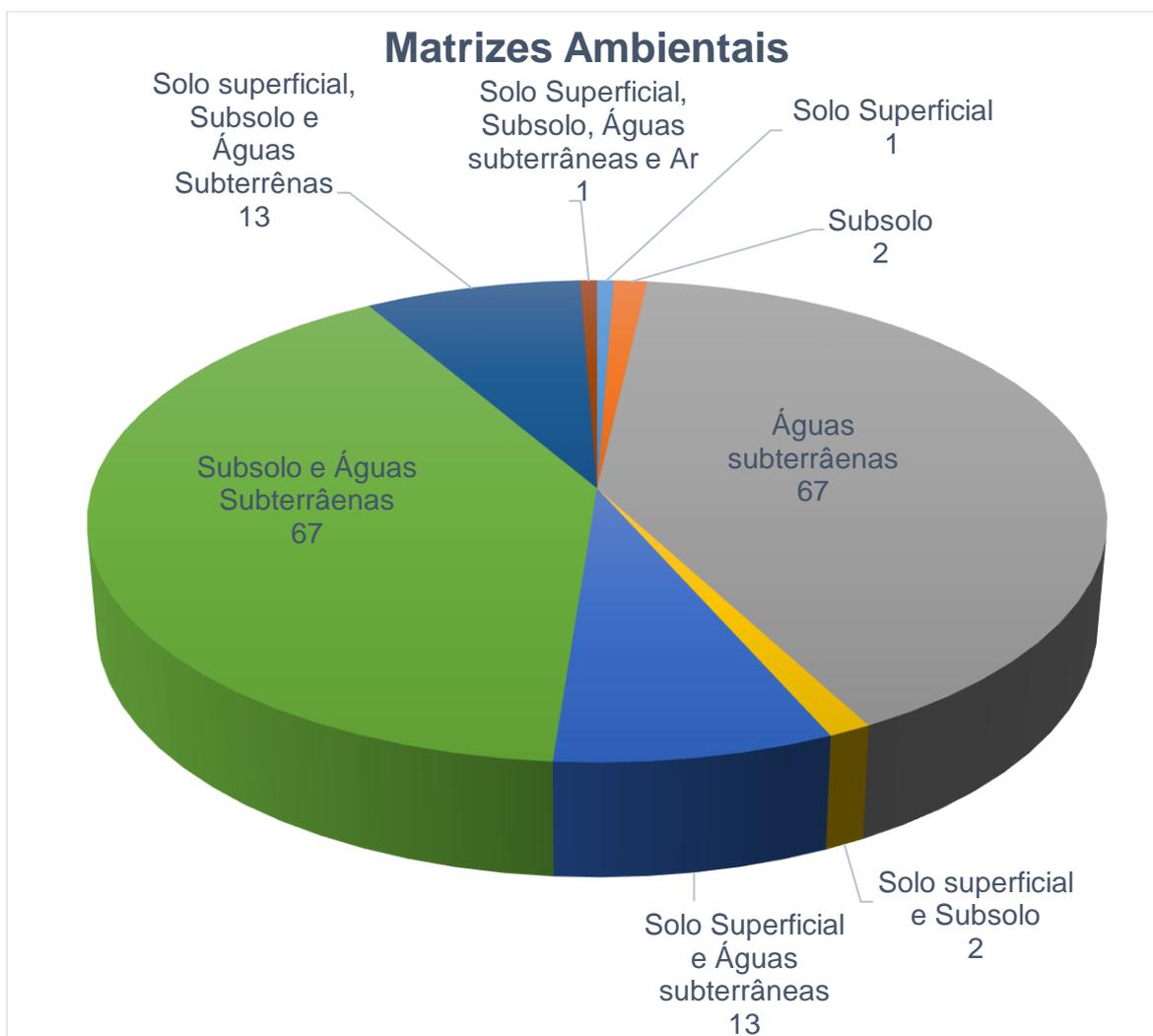
Figura 23 Atividades poluidoras nos cinco distritos



Contagem de Lista das áreas CETESB 2017 para cada Atividade Poluidora.

Em relação aos principais compartimentos ambientais afetados nos locais estudados, o Gráfico 5 apresenta a seguir resultados encontrados.

Gráfico 5 Matrizes ambientais afetadas



Na Figura 23, foram apresentados os dados relativos as atividades poluidoras presentes nas ACs dos cinco distritos analisados. É possível identificar uma leve variação entre os valores absolutos encontrados para o município de São Paulo, no que se refere à contaminação por postos de gasolina e nos bairros analisados. O resultado para este tipo de atividade, nas áreas analisadas foi de 62%.

Em relação as principais matrizes ambientais afetadas nos locais estudados, o Gráfico 5 apresentou os resultados, indicando a água subterrânea com a maior ocorrência. A contaminação das águas subterrâneas é um tema que vem sendo amplamente discutido atualmente. Na Itália, um estudo de 2009 destacou que, do custo de investimento estimado para tratar 17 ACs, 41% do valor foi destinado para

estações de tratamento de águas subterrâneas novas. O alto custo de operação deveu-se principalmente ao uso mais frequente de tratamentos físico-químicos e níveis de limiar muito baixos a serem alcançados, embora a reinjeção de águas subterrâneas tratadas raramente fosse preferida. Outro dado importante é o fato de que os prazos dos sistemas de bombeamento e tratamento eram geralmente indefinidos (MAJONE et al., 2015).

Conforme indica Piga & Moschini (2017), os recursos hídricos subterrâneos têm seu uso crescente devido ao abastecimento de comunidades humanas, estima-se que 20% dos aquíferos do mundo, estejam sendo superexplorados. A expansão das atividades humanas modifica a qualidade e a disponibilidade das águas subterrâneas. Em condições normais, as águas subterrâneas possuem um certo grau de proteção aos contaminantes, que é dado pelo ambiente em que estão inseridas. A vulnerabilidade de um aquífero pode variar de acordo com as características geológicas, tais como a composição, textura e estrutura da rocha; os processos hidrogeológicos, como recarga e profundidade do lençol freático; os contaminantes existentes; e as atividades humanas relacionadas ao uso/cobertura do solo (PIGA et al., 2017).

Li et al.(2017), em um estudo publicado em 2017 destaca que a água subterrânea é um recurso hídrico primário para consumo, irrigação e usos industriais em muitos países, particularmente em regiões áridas com chuvas e águas superficiais limitadas. Contudo, as mudanças climáticas globais, as atividades antrópicas e a má gestão das águas subterrâneas resultaram na diminuição da quantidade e na degradação da qualidade das águas subterrâneas ameaçando a sobrevivência e a saúde humana. O estudo também compartilha informações sobre a situação chinesa, cujos relatórios recentes mostram que a qualidade das águas subterrâneas está degradando. O Relatório sobre o Estado do Meio Ambiente na China, publicado em 2015 relatou que de todos os poços subterrâneos monitorados 42,5% são considerados de qualidade ruim e 18,8% são classificados como muito ruim. A água freática está mais seriamente contaminada do que a água subterrânea confinada (LI et al., 2017). Este é um problema significativo porque o acesso a um recurso essencial, como a água, pode ser impactado. Os custos do tratamento também podem aumentar.

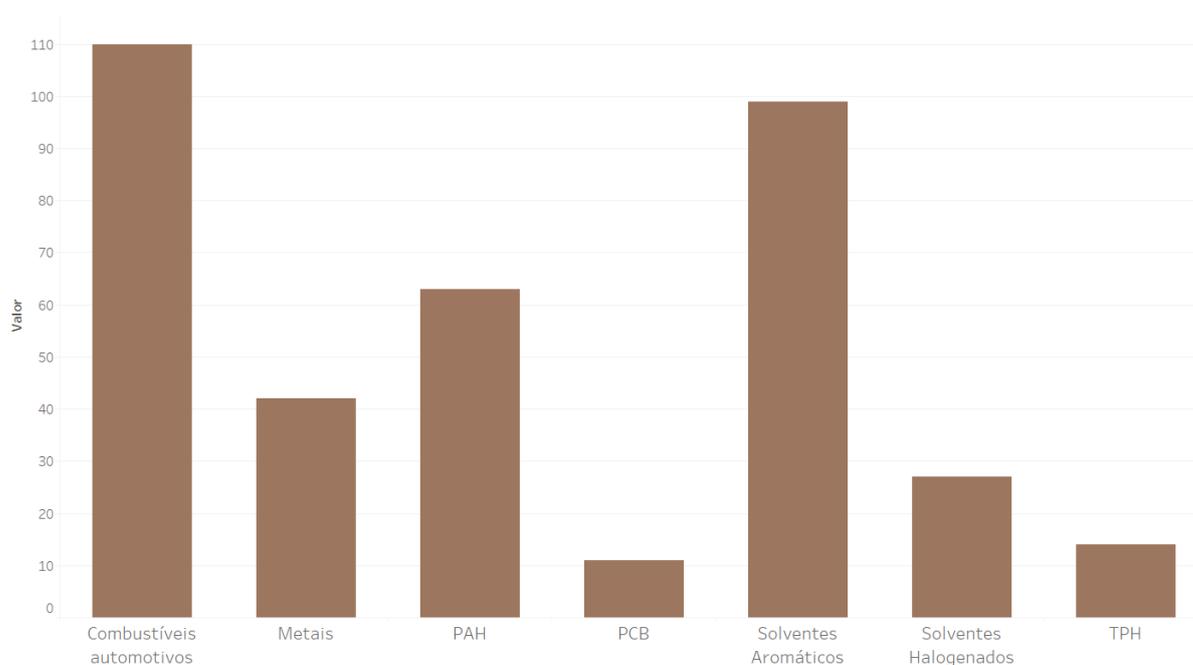
No Estado de São Paulo, atualmente, aproximadamente 80% dos municípios são abastecidos total ou parcialmente por águas subterrâneas (COMPANHIA

AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO [CETESB], 2018). Para Bertolo et al. (2015), a existência de um crescente número de áreas contaminadas pode prejudicar o uso das águas subterrâneas para abastecimento público, mesmo que em muitos casos a contaminação não atinja aquíferos profundos, ainda assim é uma questão relevante de preocupação (BERTOLO et al., 2015).

4.1.1 Poluentes encontrados

No Gráfico 6 apresentado abaixo, seguem os resultados referentes aos grupos de contaminantes químicos encontrados nas áreas.

Gráfico 6 Grupos de contaminantes encontrados



Combustíveis automotivos, Metais, PAH, PCB, Solventes Aromáticos, Solventes Halogenados e TPH.

Conforme apresentado no Gráfico 6, estão evidenciados os grupos de poluentes presentes nas áreas estudadas. As informações sobre concentração e tipo específico da substância química não estão disponíveis na ficha do Relatório de Áreas Contaminadas e Remediadas no Estado de São Paulo publicado pela CETESB. Todos os dados relacionados aos estudos ambientais, as análises e evolução histórica dos sítios são armazenados em arquivos físicos, arquivos eletrônicos e em PDF ou planilhas, e para ter acesso é necessária a solicitação de vistas a cada processo individual. Tal situação já foi abordada anteriormente por Barbosa et al. (2017), ressaltando que cada um desses recursos, separados em

registros individuais, pode tornar as informações fragmentadas e até inacessíveis (BARBOSA et al., 2017).

Dos grupos de substâncias encontradas nas áreas estudadas, os combustíveis automotivos, juntamente com os TPH e os solventes aromáticos (grupo BTEX) foram mencionados anteriormente, quando da abordagem a contaminação por atividades de postos de combustíveis.

No que se refere ao grupo dos PAHs, da sigla em inglês para *polycyclic aromatic hydrocarbons* (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos), Gitipour, et al. (2018), indica que estes são considerados uma das formas mais estáveis de hidrocarbonetos e estão amplamente concentrados em solos contaminados. As fontes naturais e antropogênicas são significativas e devem ser avaliadas (GITIPOUR et al., 2018).

São compostos de anéis de benzeno fundidos, dispostos em configurações estruturais que podem variar de moléculas simples a complexas, de forma que suas características físico-químicas e toxicológicas variam conforme seu peso molecular. Com base em suas fontes de emissão, os PAHs são classificados em três grupos: fitogênicos (naturais), petrogênicos e pirogênicos. Ocorrem naturalmente no carvão, petróleo bruto e na gasolina. Também são produzidos quando carvão, petróleo, gás, madeira, lixo e tabaco são queimados (CDC, 2013).

Existem mais de 100 PAHs diferentes, amplamente distribuídos e encontrados de forma ubíqua no meio ambiente, contudo 16 destas substâncias foram classificados e identificados como poluentes prioritários, devido aos seus efeitos tóxicos, pela USEPA, são eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benz(a)antraceno, naftaleno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(ghi)perileno, criseno, dibenz(a,h)antraceno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, fenantreno e pireno (U.S.EPA, 2014).

De acordo com a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), existe forte e extensa evidência experimental para a carcinogenicidade da substância benzo[a]pireno em muitas espécies animais, apoiada por evidências que fornecem plausibilidade biológica para apoiar a classificação geral do benzo[a]pireno como cancerígeno humano, Grupo 1. Acredita-se que os PAHs antropogênicos petrogênicos, sejam predominantemente provenientes de derramamentos de óleo combustível e resíduos domésticos e industriais (ATSDR, 1995; CIARKOWSKA et al., 2019; IARC, 2018; SAKSHI et al., 2019).

Outro grupo de contaminante presente nas áreas é dos metais. Ciarkowska et al., (2019) relata que os metais, em especial o grupo de metais pesados, são contaminantes típicos em áreas urbanas e se originam principalmente da construção, combustão de carvão e emissões de veículos (CIARKOWSKA et al., 2019). Fazeli et al.(2019), conduziu um estudo na cidade de Teerã, capital do Irã, e destaca que as áreas urbanas superlotadas estão expostas a cargas cotidianas de metais tóxicos e PAHs (FAZELI et al., 2019). Segundo Gaşiorek et al., (2017), a poluição por metais pesados tem sido estudada nos últimos 100 anos, cujo ponto de grande interesse tem sido a distribuição de metais pesados no perfil do solo, o grau de contaminação, bem como suas fontes (GAŞIOREK et al., 2017).

Os solventes halogenados, também presente nas áreas estudadas, são uma classe de substâncias de solventes orgânicos, cujas moléculas contêm átomos de halógenos: cloro, flúor, bromo ou iodo. Os solventes clorados, por sua vez, são compostos orgânicos artificiais, incluindo tetracloroetano (PCE); tricloroetano (TCE); clorofórmio (CF); cloreto de metileno (MC); cloreto de vinila (VC); e outros metanos, etanos, etenos e benzenos clorados. São tipicamente fabricados a partir de constituintes de hidrocarbonetos naturais (metano, etano e eteno) e cloro por meio de vários processos que substituem um ou mais átomos de cloro por átomos de hidrogênio. Os solventes clorados têm sido historicamente usados em uma ampla variedade de aplicações, incluindo usos como solventes e desengraxantes e na fabricação de outros produtos químicos (U.S.EPA, 2004).

Os solventes clorados tetracloroetano (PCE) e tricloroetano (TCE) e seus metabólitos, dicloroetano (DCE) e cloreto de vinila (VC), são contaminantes persistentes das águas subterrâneas, exigindo remediação devido aos riscos à saúde humana (DANG et al., 2018). Para Schiefler et al., (2018) o uso extensivo de solventes clorados, particularmente percloro e tricloroetileno (PCE, TCE), como agentes de limpeza e desengordurantes, levou à sua liberação generalizada em solos e aquíferos. Os autores ressaltam que, mesmo em baixas concentrações (< 5 µg/l), eles são considerados nocivos devido à sua persistência e potencial carcinogênico, tornando-os ameaças duradouras para a segurança das águas subterrâneas(ANDRIĆ et al., 2018).

O último grupo de substâncias presentes nas áreas estudadas são das bifenilas policloradas, conhecidas pela sua sigla em inglês PCB (*Polychlorinated Biphenyls*). Os PCBs são um grupo de compostos orgânicos, sintetizados pelo

homem e que consistem em átomos de carbono, hidrogênio e cloro. O número de átomos de cloro e sua localização em uma molécula de PCB determinam muitas de suas propriedades físicas e químicas. Os PCBs não têm sabor ou cheiro conhecidos e variam em consistência, de um óleo a um sólido ceroso. Nos Estados Unidos, os PCBs foram fabricados internamente de 1929 até a proibição de fabricação em 1979. Devido à sua não inflamabilidade, estabilidade química, alto ponto de ebulição e propriedades de isolamento elétrico, os PCBs foram usados em centenas de aplicações industriais e comerciais, incluindo: equipamentos elétricos, de transferência de calor e hidráulicos; plastificantes em tintas, plásticos e produtos de borracha; e pigmentos, corantes e papel (U.S.EPA, 2022).

De acordo com publicação da Agência para Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças dos Estados Unidos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR), em 2014, os efeitos para a saúde que têm sido associados à exposição a PCBs incluem condições de pele semelhantes à acne em adultos e alterações neurocomportamentais e imunológicas em crianças. O documento destaca também que PCBs são conhecidos por causar câncer em animais e foram encontrados em pelo menos 500 dos 1.598 locais da Lista de Prioridades Nacionais (NPL) identificados pela U.S.EPA. Embora a substância esteja proibida há anos nos Estados Unidos, ela pode continuar sendo liberada no meio ambiente a partir de locais em resíduos perigosos estão dispostos; descarte ilegal ou impróprio de resíduos industriais e produtos de consumo; vazamentos de transformadores elétricos antigos contendo PCBs; e a queima de alguns resíduos em incineradores (ATSDR, 2014).

Os PCBs fazem parte das substâncias classificadas como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) pela Convenção de Estocolmo e são substâncias que têm sido utilizadas para fins industriais ou liberados de modo não intencional em atividades antropogênicas. Possuem características de alta persistência no meio ambiente (não são facilmente degradadas), são capazes de serem transportadas por longas distâncias através das várias matrizes ambientais, e de se bioacumularem em tecidos gordurosos dos organismos vivos (BRASIL, 2005).

De acordo com Penteado & Vaz (2001) os PCBs nunca foram fabricados no Brasil, entretanto, aqui chegaram por importação, essencialmente vindos da Alemanha e dos Estados Unidos, sob diferentes nomes comerciais. Durante muito

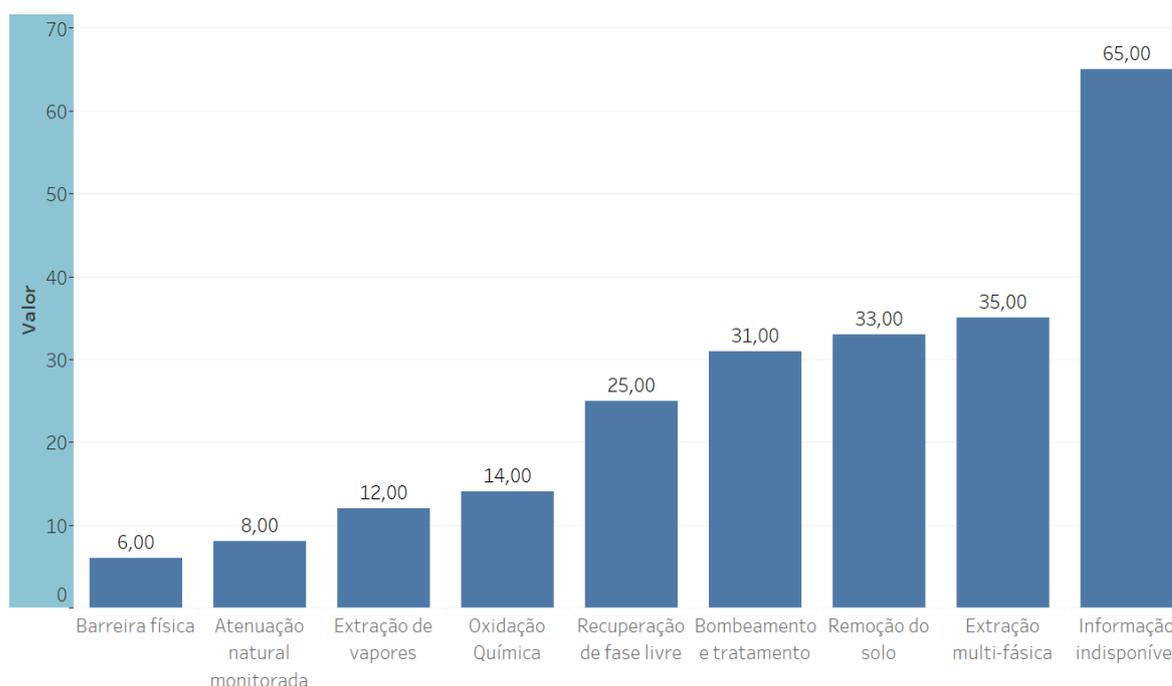
tempo, os PCBs foram utilizados principalmente em transformadores de alta tensão. Não são conhecidos outros registros de utilizações diretas na construção civil, sendo a sua maior aplicação no setor elétrico (PENTEADO; VAZ, 2001).

Devido à crescente preocupação com PCBs no mundo, a partir da década de 1970, o Brasil seguiu a intenção ambiental, e no ano de 1981, seu uso foi proibido. Equipamentos já instalados deveriam manter o funcionamento até que fosse possível a substituição integral, e o descarte, quando realizado de forma inadequada, foi condenado. O Brasil ratificou a Convenção de Estocolmo em 24 de fevereiro de 2004, por meio do Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005 se responsabilizando, internacionalmente, a retirar o PCB de uso até o ano de 2025, além de promover sua completa destruição até 2028 (BRASIL, 2015).

4.1.2 Processos de remediação aplicados

O Gráfico 7, a seguir, é o consolidado dos dados referentes ao processo de remediação adotado, lembrando que para uma mesma área, podem ser adotados mais de um processo de remediação.

Gráfico 7 Tipo de Remediação adotada



Conforme apresentado no Gráfico 7, os processos de remediação empregados nas áreas estudadas foram, nesta ordem: extração multifásica, remoção de solo, bombeamento e tratamento, recuperação de fase livre, oxidação

química, extração de vapores do solo e atenuação natural monitorada. Embora esteja relatada como um processo de remediação, a recuperação de fase livre está relacionada a um comportamento do contaminante, que consiste em hidrocarbonetos que não são miscíveis em água e menos densos que ela, flutuarem no topo do aquífero livre. A fase livre pode ser mais espessa onde o lençol freático apresenta poucas oscilações, em áreas de baixa permeabilidade e de acordo com o volume de produto derramado. Para remediar esse tipo de situação, ou seja, recuperar a fase livre do contaminante, podem ser adotadas técnicas como bombeamento e tratamento e extração multifásica, que serão descritas abaixo (MARQUES; GUERRA, 2018).

A descontaminação do solo e das águas subterrâneas, por meio da implantação e operação de sistemas de remediação, tem sido objeto de grande discussão nas últimas décadas em diversos países, sejam eles industrializados ou em desenvolvimento. Atualmente, em todo o mundo, busca-se adotar técnicas de remediação *in situ*, por questões relacionadas aos custos e ao fato de não provocarem contaminações secundárias, fato observado na remediação *ex situ*, uma vez que ocorre o transporte do material contaminado até o local de tratamento.

A preocupação nos casos em que há contaminações com hidrocarbonetos objetiva, em suma, remover a fase livre não miscível em água, e a fase dissolvida dos compostos orgânicos voláteis, tais como os do grupo BTEX, PAHs e PCBs presentes no solo e na água subterrânea. Para alcançar esse objetivo, classicamente empregou-se uma técnica de remediação que foi considerada pioneira na descontaminação de água subterrânea, o sistema de bombeamento e tratamento (*pump and treat*), tecnologia essa que promove a extração da água subterrânea contaminada do aquífero e seu posterior tratamento em módulo externo (RUAS et al., 2018; TAVARES, 2013).

Na técnica de bombeamento e tratamento o sistema de contenção hidráulica convencional é provido de bombas, que podem ser elétricas ou pneumáticas, para captação da água subterrânea impactada. Essa técnica também pode ser utilizada como espécie de barreira de contenção, utilizando uma linha de poços de bombeamento, conhecida como barreira hidráulica, que altera as condições hidrológicas do local e impede que a contaminação siga o fluxo subterrâneo natural (SIMÕES DA SILVA; MESQUITA, 2019).

A Extração Multifásica (MPE) é um sistema que combina as técnicas de bioventilação e remoção de massa a vácuo, permitindo a extração, de forma simultânea, da fase livre, da fase vapor e da fase dissolvida na matriz do solo, além de favorecer a degradação aeróbia, realizada por microrganismos, em decorrência da aeração proporcionada nas áreas adjacentes aos poços de extração, facilitando ainda, a atenuação natural. O processo ocorre por meio da instalação de poços de extração, distribuídos de acordo com os pontos de maior ocorrência de contaminação na área. Os poços de extração instalados criam um gradiente de pressão que obriga os poluentes a se conduzirem aos pontos onde será possível efetuar a remoção dos mesmos (SIMÕES DA SILVA; MESQUITA, 2019; SOUZA; HOFFMANN, 2020).

A extração de vapores do solo (SVE) é uma tecnologia de remediação de solo, *in situ*, na qual um vácuo é aplicado ao solo para induzir um fluxo controlado de ar e eliminar contaminantes voláteis e alguns semivoláteis do solo. O gás que sai do solo pode ser tratado para recuperar ou destruir os contaminantes, dependendo dos regulamentos locais e estaduais de descarga de ar (USEPA, U. S. E. P. A., 2018).

Outro processo de remediação identificado nas áreas analisadas é a oxidação química, que consiste na utilização de produtos químicos para ajudar a transformar contaminantes nocivos em menos tóxicos. Geralmente é descrito como “processo *in situ*” porque é realizado no local, sem ter que escavar o solo ou bombear água subterrânea para limpeza acima do solo. A oxidação química *in situ*, ou “ISCO”, pode ser aplicada para tratar muitos tipos de contaminantes como combustíveis, solventes e pesticidas (USEPA, U. S. E. P. E., 2012).

A atenuação natural depende dos processos naturais para eliminar ou atenuar a poluição no solo e nas águas subterrâneas. No entanto, as condições certas devem existir no subsolo ou nas águas para que o processo seja realizado adequadamente. Caso contrário, a remediação não será suficientemente rápida ou completa. É possível monitorar ou testar essas condições para garantir que a atenuação natural esteja funcionando, esse processo é denominado atenuação natural monitorada ou MNA (USEPA, U. S. E. P. A., 1999).

A remoção do solo ou a escavação de solo contaminado de um local envolve sua escavação para tratamento “*ex situ*”, fora do site, ou para descarte em um

aterro (USEPA, U. S. E. A., 2012). Nas áreas estudadas, quando se optou pela remoção do solo, este foi depositado em aterro.

4.1.3 Análise dos resultados da origem da contaminação

Na Figura 24, foi feita uma matriz para apresentação dos dados de atividade poluidora, segregados por distrito.

Figura 24 Atividade poluidora por distrito

Distrito	posto de combustível	industria	comércio	descarte de resíduos	desconhecida
ARICANDUVA	11	4	1		
CASA VERDE	15	1	1		
BUTANTÃ	24	1	1		
CAMBUCCI	12	14	2		
SANTO AMARO	42	32	3	1	1

Contagem de Lista..

 1 42

De acordo com a Figura 24, nota-se um perfil contrastivo para os distritos do Cambuci e de Santo Amaro. Diferentemente do que se observa nos dados consolidados do município e do estado de São Paulo, bem como nos outros três distritos avaliados, Santo Amaro, o distrito com mais áreas contaminadas dentre os analisados, das 79 áreas, 32 eram de origem de atividade industrial, ou seja, 40% do total de áreas.

O distrito do Cambuci, por sua vez, possui mais ACs de origem industrial, 14 locais, do que ACs cuja origem da contaminação é a atividade postos de combustíveis, 12 áreas. Ambos os distritos possuem, em seu histórico de uso e ocupação do solo, forte presença da atividade industrial.

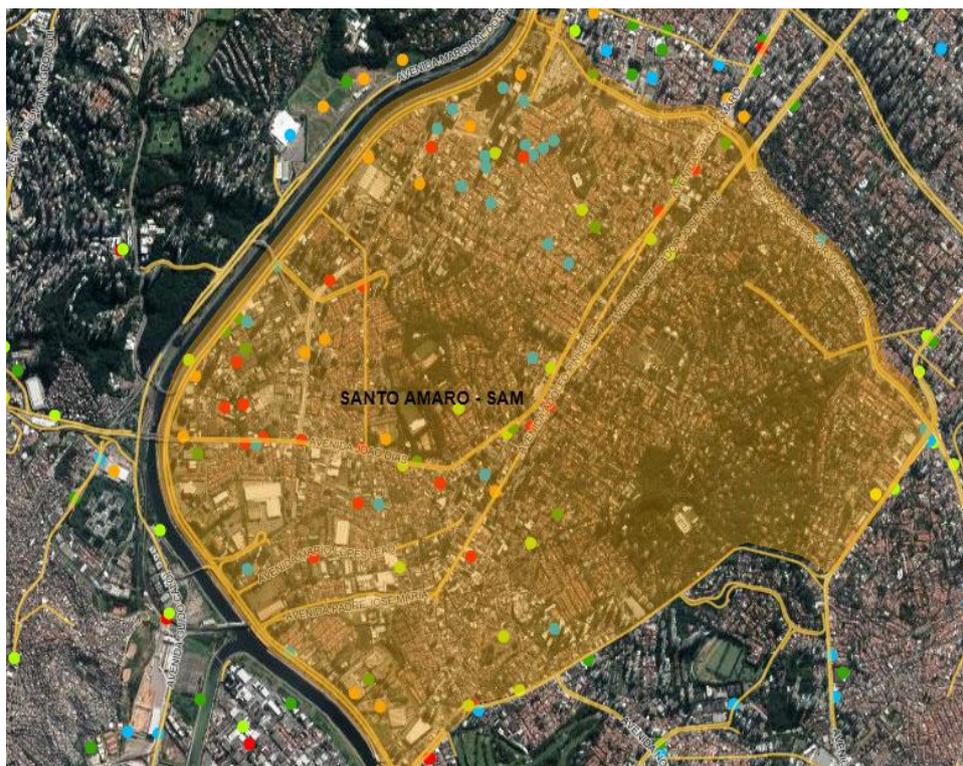
Para De Padua (2011), a industrialização do bairro de Santo Amaro começou na década de 1940, provocado sobretudo pela falta de espaço para a instalação de indústrias no perímetro da cidade e pela busca por lugares com condições mais adequadas à instalação industrial. A infraestrutura de transportes chegou nos anos

seguintes, por vias distintas, o ferroviário, com ramal de Jurubatuba, e rodoviário, com a construção da Marginal Pinheiros na década de 1970. Nesse período, Santo Amaro se destacaria como segundo maior parque industrial do município de São Paulo, abrigando indústrias de vários segmentos, com importante presença das indústrias têxteis e as químico-farmacêutica, sendo assim um distrito industrial e operário. Contudo, assim como o município, a região também passa por um processo de desindustrialização, onde os grandes galpões que antes tinham funções industriais se tornam shoppings centers, faculdades, igrejas, lugares da indústria cultural, armazéns, e galpões que continuam vazios (BORBA, 2019; DE PADUA, 2011).

Os achados De Padua e Borba, vão ao encontro com as informações identificadas neste estudo. Santo Amaro, de acordo com o Quadro 15 Dados dos 5 distritos, é o distrito com mais ACs, apesar disso também possui a maior porcentagem de áreas remediadas.

Atualmente o distrito, de acordo com a lei de zoneamento (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2016b), é um local bem diversificado e possui duas grandes áreas. Uma área predominantemente residencial e outra que mescla diferentes usos: territórios de transformação, cujo objetivo é a densidade construtiva, populacional e de atividades econômicas e serviços públicos; e áreas de desenvolvimento econômico, visando a manutenção dos usos não residenciais existentes. Essa divisão pode ser notada na Figura 25, que mostra a distribuição das áreas contaminadas no distrito.

Figura 25 Áreas Contaminadas no distrito Santo Amaro em 2017



Elaborado pela autora na plataforma DATAGEO com dados da CETESB, 2017

Na Figura 25, pode-se distinguir facilmente a zona residencial e a zona mista do bairro de São Amaro. As áreas contaminadas e remediadas estão localizadas predominantemente no lado esquerdo da imagem, enquanto a área residencial está localizada à direita.

Abordando o caso do distrito de Cambuci, trata-se de um dos bairros mais antigos do município de São Paulo e tem tradição industrial, iniciada com a construção de um conjunto de oficinas, na Rua do Lavapés, erguido a partir de 1913 pela Light & Co. Abrigaria ainda diversas fábricas, como a Tecidos Cambuci, Chapéus Ramenzoni, a Nadir Figueiredo e a Villares, (ALVES, [S.d.]; CORREA, 2015). O distrito está em segundo lugar no número de ACs, com 28 áreas, no entanto, possui o menor percentual de áreas remediadas em todos os bairros avaliados, 21,43%, que poderia indicar que, apesar do histórico industrial, a região ainda não passou pelo processo de revitalização, ocorrido após a desativação das indústrias, como no caso de Santo Amaro. Atualmente, possui uma zona de território de qualificação: onde há o incentivo para manutenção dos usos não residenciais existentes, promoção de atividades produtivas e diversificação de usos; e territórios de transformação, que objetivam a promoção do adensamento populacional, atividades econômicas e serviços público. Na Figura 26, a seguir, são

apresentadas as ACs presente neste distrito (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2016a).

Figura 26 Áreas Contaminadas no distrito Cambuci em 2017



Elaborado pela autora na plataforma DATAGEO

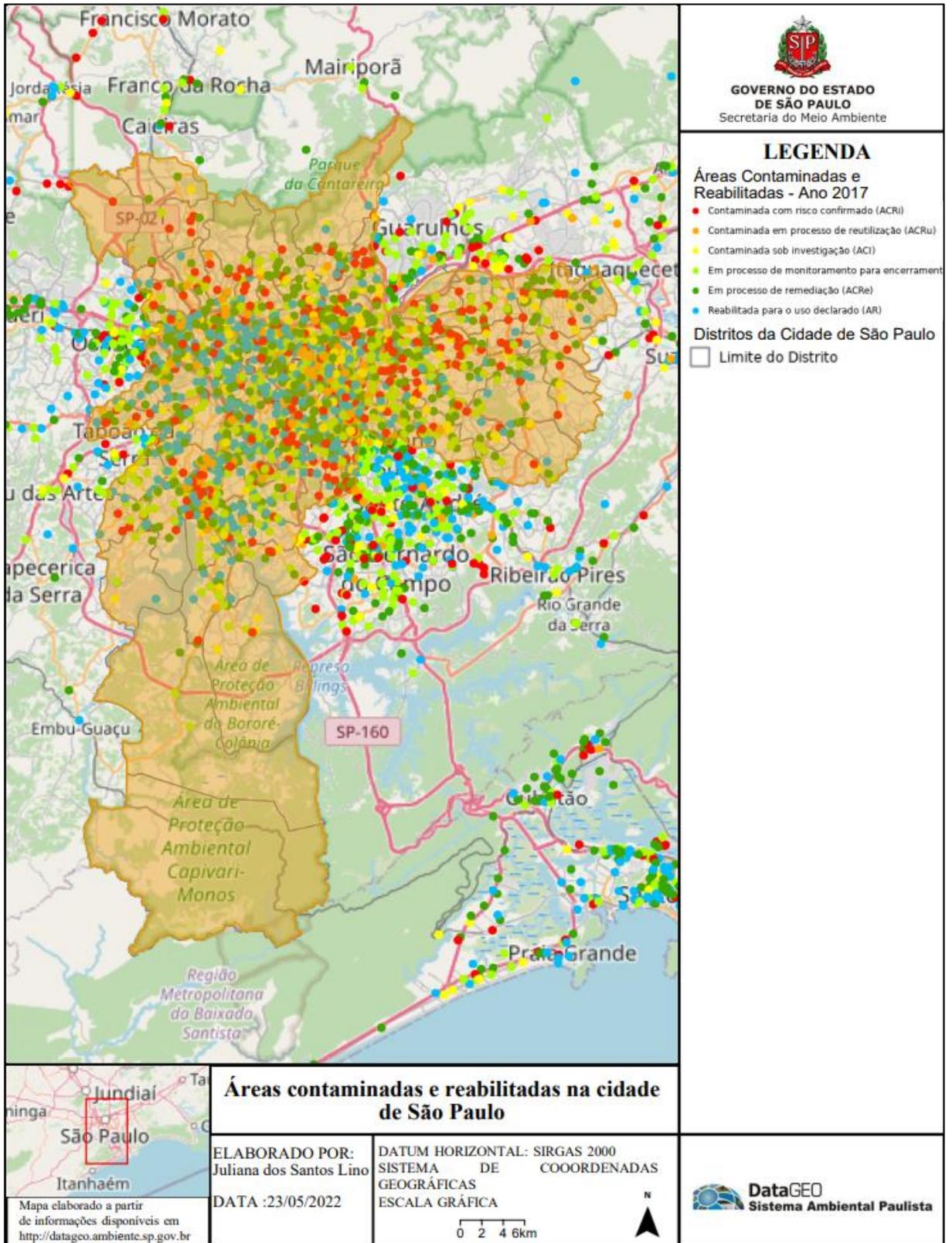
As ACs, encontradas nos distritos da Casa Verde, Butantã e Aricanduva seguem o perfil da capital, sendo predominantemente originadas por postos de combustíveis. Esse dado reforça a necessidade de um olhar mais atento ao histórico de ocupação dos distritos do município, uma vez que esse terá uma influência direta sobre as ACs.

4.2 Espacialização dos dados e elaboração do IAC

A partir das informações que são fornecidas durante o GAC, a CETESB publica anualmente a Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, um documento em formato PDF. Adicionalmente, são disponibilizados os dados georreferenciados destas áreas, por meio da plataforma DATAGEO, e que permite a elaboração de mapas pelos usuários. A Figura 27

adiante, apresenta as áreas contaminadas e reabilitadas do município de São Paulo no ano de 2017, no formato mapa de pontos de contagem.

Figura 27 Áreas contaminadas e reabilitadas do município de São Paulo 2017



Elaborado pela autora na plataforma DATAGEO (SÃO PAULO (ESTADO), 2022)

Na Figura 27, é exibido um mapa de pontos de contagem elaborado na plataforma DATAGEO e que utiliza a metodologia adotada pela CETESB, em que cada área contaminada corresponde a um ponto no mapa. Verifica-se então uma nuvem de pontos, espalhados ao redor do estado e do município de São Paulo. As cores dos pontos representam a classificação das áreas, conforme estabelecido no Decreto Estadual 59.623 publicado no ano de 2013 (SÃO PAULO (ESTADO), 2013). Contudo, essa verificação visual das ACs pode ser confusa, principalmente nos casos em que há diversas ACs na mesma região observada, uma vez que dada a quantidade de pontos, muitos se sobrepõem e, ao analisar o mapa apresentado, não é possível identificar quais regiões do município paulista abrigam o maior número de ACs.

Com a finalidade de alcançar o objetivo proposto neste trabalho, para a etapa de análise dos dados das ACs no município de São Paulo e por meio de uma nova abordagem para espacialização dos dados, conforme descrito previamente na seção de metodologia, os dados aqui apresentados representam as ACs no município de São Paulo, no ano de 2017 e foram agregados por meio da unidade territorial distrito, após a inserção dessa informação a base de dados. No Quadro 16 constam as informações relativas aos códigos e nomes de cada distrito, o número de áreas contaminadas existentes e sua área territorial em quilômetros quadrados. A última coluna é referente aos resultados para o IAC, indicador ambiental de primeira geração que indica a densidade de ACs por distrito do município.

Quadro 16 Informações dos distritos e resultado do IAC

Código do Distrito	Distrito	Número de Áreas Contaminadas	Área distrito em Km ²	IAC
1	Água rasa	28	6,9	4,06
2	Alto de Pinheiros	20	7,7	2,60
3	Anhanguera	1	33,3	0,03
4	Aricanduva	18	6,6	2,73
5	Artur Alvim	16	6,6	2,42
6	Barra Funda	35	5,6	6,25

Código do Distrito	Distrito	Número de Áreas Contaminadas	Área distrito em Km²	IAC
7	Bela Vista	19	2,6	7,31
8	Belém	32	6	5,33
9	Bom Retiro	23	4	5,75
10	Brás	32	3,5	9,14
11	Brasilândia	4	21	0,19
12	Butantã	27	12,5	2,16
13	Cachoeirinha	11	13,3	0,83
14	Cambuci	29	3,9	7,44
15	Campo Belo	37	8,8	4,20
16	Campo Grande	65	13,1	4,96
17	Campo Limpo	15	12,8	1,17
18	Cangaíba	12	16	0,75
19	Capão Redondo	16	13,6	1,18
20	Carrão	24	7,5	3,20
21	Casa Verde	17	7,1	2,39
22	Cidade Ademar	26	12	2,17
23	Cidade Dutra	20	29,3	0,68
24	Cidade Líder	8	10,2	0,78
25	Cidade Tirandentes	3	15	0,20
26	Consolação	13	3,7	3,51
27	Cursino	27	12,8	2,11
28	Ermelino Matarazzo	14	8,7	1,61
29	Freguesia do Ó	17	10,5	1,62
30	Grajaú	9	92	0,10
31	Guaianases	3	8,6	0,35

Código do Distrito	Distrito	Número de Áreas Contaminadas	Área distrito em Km²	IAC
33	Iguatemi	11	19,6	0,56
34	Ipiranga	72	10,5	6,86
35	Itaim bibi	48	9,9	4,85
36	Itaim paulista	13	12	1,08
37	Itaquera	19	14,6	1,30
38	Jabaquara	25	14,1	1,77
39	Jaçanã	17	7,8	2,18
40	Jaguara	10	4,6	2,17
41	Jaguaré	28	6,6	4,24
42	Jaraguá	8	27,6	0,29
43	Jardim Ângela	9	37,4	0,24
44	Jardim Helena	8	9,1	0,88
45	Jardim Paulista	19	6,1	3,11
46	Jardim São Luís	23	24,7	0,93
47	José Bonifácio	7	14,1	0,50
96	Lajeado	5	9,2	0,54
48	Lapa	70	10	7,00
49	Liberdade	22	3,7	5,95
50	Limão	19	6,3	3,02
51	Mandaqui	10	13,1	0,76
52	Marsilac	0	200	0,00
32	Moema	37	9	4,11
53	Mooca	58	7,7	7,53
54	Morumbi	12	11,4	1,05
55	Parelheiros	4	153,5	0,03

Código do Distrito	Distrito	Número de Áreas Contaminadas	Área distrito em Km²	IAC
56	Pari	13	2,9	4,48
57	Parque do Carmo	10	15,4	0,65
58	Pedreira	12	18,7	0,64
59	Penha	33	11,3	2,92
60	Perdizes	29	6,1	4,75
61	Perus	3	23,9	0,13
62	Pinheiros	31	8	3,88
63	Pirituba	13	17,1	0,76
64	Ponte Rasa	11	6,4	1,72
65	Raposo Tavares	18	12,6	1,43
66	República	14	2,3	6,09
67	Rio pequeno	18	9,7	1,86
68	Sacomã	53	14,2	3,73
69	Santa Cecília	38	3,9	9,74
70	Santana	32	12,6	2,54
71	Santo Amaro	83	15,6	5,32
95	São Domingos	8	10	0,80
72	São Lucas	27	9,9	2,73
73	São Mateus	19	13,2	1,44
74	São Miguel	14	7,5	1,87
75	São Rafael	8	13	0,62
76	Sapopemba	24	13,5	1,78
77	Saúde	38	8,9	4,27
78	Sé	9	2,1	4,29
79	Socorro	33	12,9	2,56

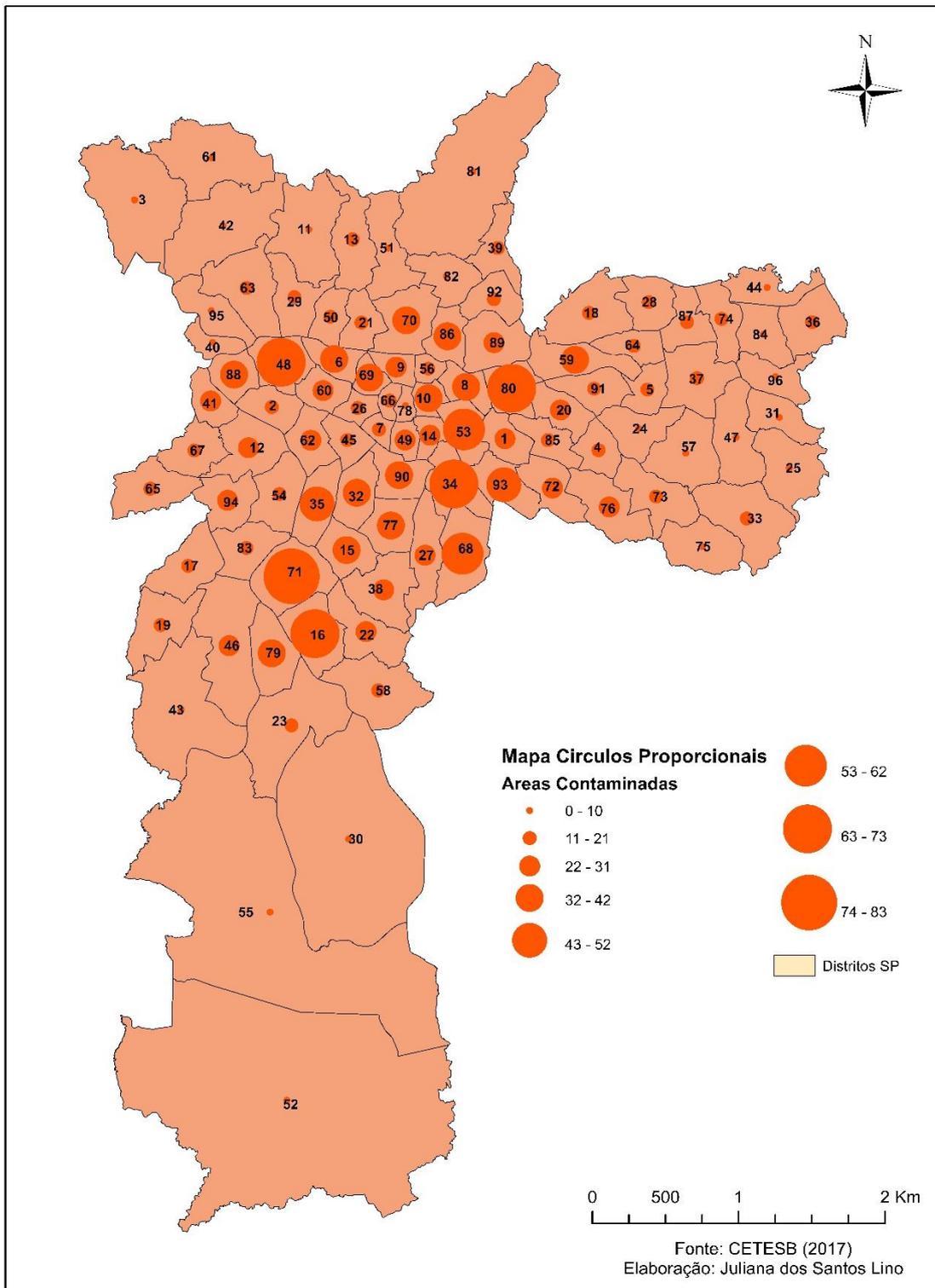
Código do Distrito	Distrito	Número de Áreas Contaminadas	Área distrito em Km²	IAC
80	Tatuapé	64	8,2	7,80
81	Tremembé	10	56,3	0,18
82	Tucuruvi	9	9	1,00
83	Vila Andrade	14	10,3	1,36
84	Vila Curuçá	10	9,7	1,03
85	Vila Formosa	20	7,4	2,70
86	Vila Guilherme	36	6,9	5,22
87	Vila Jacuí	14	7,7	1,82
88	Vila Leopoldina	41	7,2	5,69
89	Vila Maria	30	11,8	2,54
90	Vila Mariana	36	8,6	4,19
91	Vila Matilde	16	8,9	1,80
92	Vila Medeiros	15	7,7	1,95
93	Vila Prudente	43	9,9	4,34
94	Vila Sônia	24	9,9	2,42

Elaborado pela autora com base da lista de Áreas Contaminadas da CETESB de 2017

Ainda com base nos resultados do Quadro 16, na Figura 28, a seguir, é apresentado um mapa de círculos proporcionais das áreas contaminadas, considerando os dados absolutos agregados por distritos. Cada distrito é identificado por meio de um número e pode ser consultado no Quadro 16.

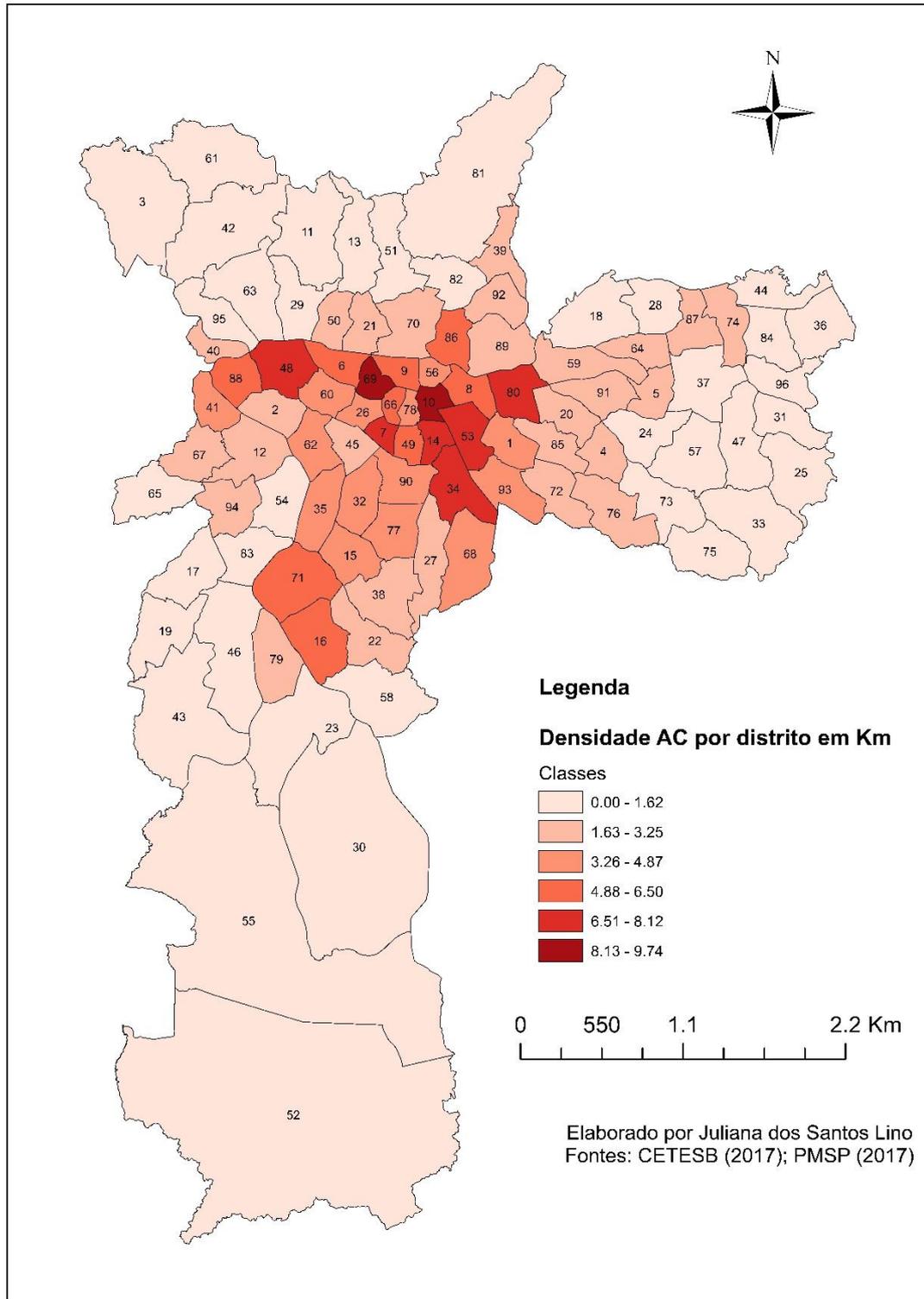
Já na Figura 29, adiante, os dados apresentados referem-se aos resultados IAC aplicado ao município de São Paulo.

Figura 28 Mapa de áreas contaminadas no município de São Paulo por distritos



Elaborado pela autora na plataforma ArcGIS (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2020)

Figura 29 Indicador de Áreas Contaminadas aplicado ao município de São Paulo



Elaborado pela autora na plataforma ArcGIS (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2020)

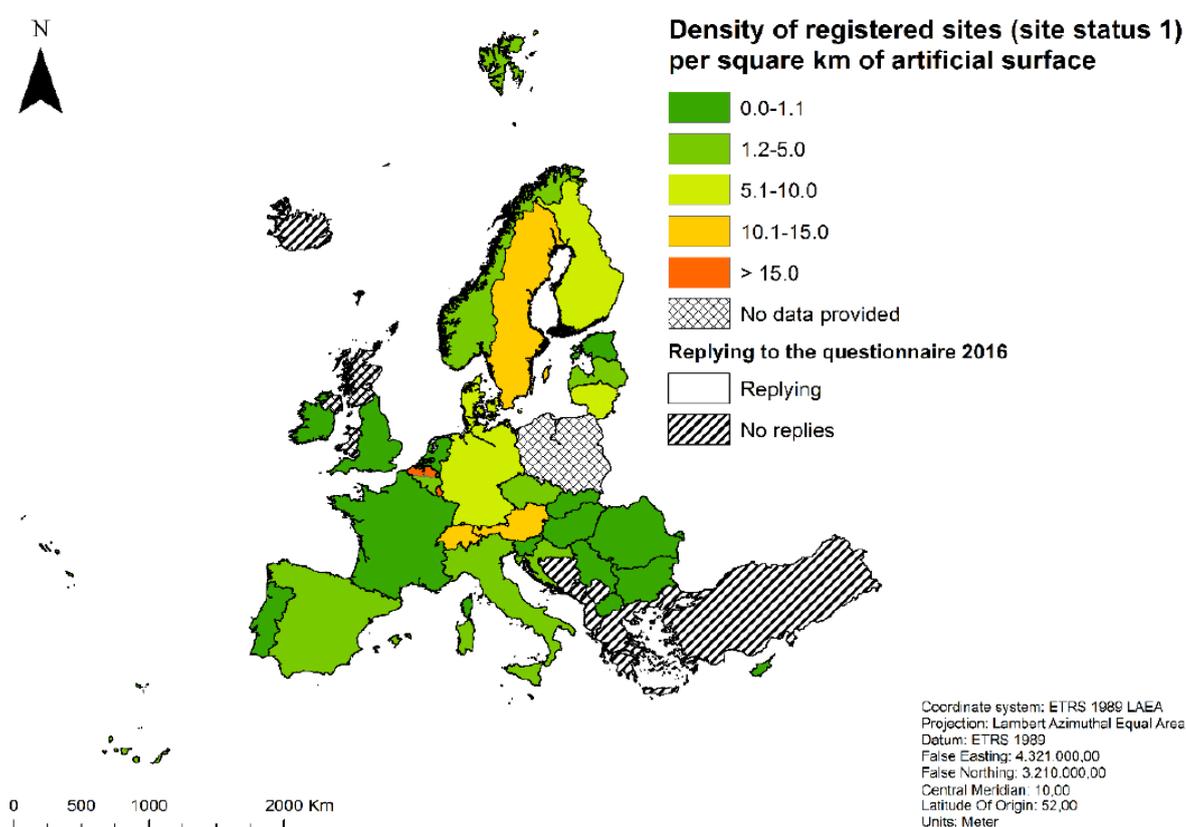
Por meio da segregação das informações das ACs, para o município de São Paulo, pela unidade territorial distrito, o primeiro resultado encontrado foi a identificação do distrito que abriga o maior número de ACs. Santo Amaro possui 83 áreas, seguido do Ipiranga com 72 áreas e Lapa, com 70 áreas. Os três são antigos distritos industriais. O caso do distrito de Santo Amaro já foi abordado anteriormente neste estudo. No que se refere ao distrito do Ipiranga, vários estudos foram realizados para identificar e delimitar a contaminação existente na região (SALINAS, 2015, 2016; VILAR et al., 2018). Salinas destaca, em estudo de 2016, em que foi abordada uma área dentro da região da Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí (OUCBT), que as propostas trazidas pelo projeto de lei, e que incentivam o adensamento na região conflitam com a ausência de diretrizes para como será tratada a questão da contaminação presentes em diversas áreas da região. Ressalta ainda que, algumas áreas abordadas no estudo possuíam, como agravante, a proximidade com o córrego e a presença de lençol freático muito próximo à superfície, facilitando o transporte dos contaminantes, podendo aumentar rapidamente a pluma de contaminação e impactando terrenos sem contaminação, além da própria água. Em relação ao distrito da Lapa, não foram encontrados estudos publicados.

Outro dado relevante identificado é que apenas um distrito do município de São Paulo não possui ACs, o distrito de Marsilac. Por outro lado, esta região está localizada no extremo sul da cidade, em uma área de proteção ambiental (SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE, 2019), e com baixa densidade populacional (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017).

Os resultados identificados com a elaboração de um indicador de áreas contaminadas, o IAC, aplicado ao município de São Paulo e apresentado no Quadro 16 e na Figura 29 são valiosos, uma vez que não se trata de uma informação intuitiva. O IAC permite dar destaque a diferentes distritos, não apenas aos que apresentam o maior número de ACs, mas adiciona distritos que concentram um número importante de áreas contaminadas, quando relacionado a sua área e que, por meio Figura 28 Mapa de áreas contaminadas no município de São Paulo por distritos, não ficaram em evidência. Os valores das taxas variaram entre 9,74 e 0. O maior resultado, 9,74 pertence a Santa Cecília, distrito 69, com 38 terrenos contaminados, em uma área de 3,9 km².

A utilização de indicadores para representação e compreensão de dados relacionados a distribuição das ACs em um dado território é, atualmente, uma prática adotada em relatórios técnicos publicados pelo *Joint Research Centre* (JRC), o serviço científico da União Europeia (UE), que realiza trabalhos de investigação, fornecendo bases para as políticas da UE, por meio de aconselhamento científico independente, fundamentado em dados. A Figura 30, a seguir mostra um parâmetro empregado na avaliação da extensão da contaminação do solo na Europa, a densidade de áreas potencialmente contaminadas registradas, em quilômetros quadrados, considerando a superfície artificial, semelhante ao IAC, desenvolvido nesta pesquisa.

Figura 30 Densidade das áreas potencialmente contaminadas da União Europeia



Fonte: PAYA PEREZ; RODRIGUEZ EUGENIO, 2018

Quando observamos a Figura 30 podemos identificar, as regiões cuja concentração de áreas potencialmente contaminadas é maior, ou seja, áreas que desenvolveram ou desenvolvem atividades potencialmente poluidoras (*status 1*), dado seu território, como Áustria, a Suécia e a Suíça. Contudo é importante ressaltar que os países que têm abordado sistematicamente a contaminação do solo e que possuem inventários, possuem uma densidade de áreas contaminadas

registradas mais elevadas do que os que só recentemente começaram a identificar e registrar. Ademais, como as informações são provenientes de respostas aos questionários enviados aos países membros da UE, os conceitos e as informações que cada país adota relacionado as ACs podem variar, impactando no resultado da pesquisa (PAYA PEREZ; RODRIGUEZ EUGENIO, 2018).

Informações como a do IAC, que apresenta a densidade de áreas contaminadas no município de São Paulo podem, ainda, contribuir como parâmetro na elaboração de um indicador de qualidade do solo urbano, uma contribuição a saúde ambiental da cidade. Atualmente existem critérios e parâmetros bem definidos para indicadores de qualidade do ar e das águas, mas no que se refere ao solo urbano, não há um consenso. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), a utilização de índices de qualidade da água surgiu da necessidade de sintetizar a informação acerca de diversos parâmetros físico-químicos, a fim de informar a população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água. O emprego desses índices favorece a comunicação com o público leigo, uma vez que permitem reunir uma gama de informações em um número único (BRASIL, [S.d.]). Os principais índices de qualidade da água adotados no Brasil são apresentados no Quadro 17 abaixo:

Quadro 17 Índices de Qualidade da Água

Índice	Descrição	Parâmetros
Índice de Qualidade das Águas (IQA)	Criado em 1970, nos Estados Unidos, pela <i>National Sanitation Foundation</i> e adotado pela CETESB no ano de 1975, sendo posteriormente empregado por outros Estados brasileiros. É o principal índice de qualidade da água utilizado no país e foi elaborado para avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento.	Oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, resíduo total.
Índice de Substâncias Tóxicas	Composto de variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e que afetam	Variáveis de toxicidade: cádmio, chumbo, cromo total, níquel, mercúrio,

Índice	Descrição	Parâmetros
e Organolépticas (ISTO)	a qualidade organoléptica da água	potencial de formação de trihalometanos. Variáveis organolépticas: alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco.
Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP)	Foi criado por um Grupo Técnico composto por integrantes da CETESB, SABESP, institutos de pesquisa e universidades para avaliar a qualidade da água bruta a ser utilizada no abastecimento público.	Composto pelos indicadores IQA e ISTO
Índice do estado trófico (IET)	Tem a finalidade de classificar os corpos d'água conforme a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.	Calculados a partir dos valores de fósforo, mensurando assim o potencial de eutrofização, uma vez que este nutriente atua como o agente causador do processo.
Contaminação por tóxicos	Em Minas Gerais o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) adota uma classificação dos corpos d'água em função das concentrações observadas para determinadas substâncias comparadas a legislação estadual e federal. A contaminação por tóxicos é classificada em baixa, média ou alta.	Amônia, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livres, cobre total, cobre dissolvido, cromo hexavalente, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitritos, nitratos e zinco total.
Índice de Balneabilidade	Avalia a qualidade dos corpos d'água para a recreação de contato primário, sendo utilizada	Quantificação da presença de coliformes fecais (termotolerantes),

Índice	Descrição	Parâmetros
	tanto em praias litorâneas quanto em águas interiores.	Escherichia coli e Enterococos
Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática	Empregado pela CETESB como o objetivo de avaliar a qualidade das águas, visando a proteção da fauna e flora aquáticas.	Composto por dois subíndices: Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) e o Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo (IET)

Fonte: (BRASIL, 2000a, [S.d.]; CETESB, 2022a; MINAS GERAIS, 2021)

Já no que se refere aos indicadores de qualidade do ar, estes são amplamente utilizados desde o início da década de 80 pela agência ambiental americana, proposto com a finalidade de apresentar de maneira fácil as informações sobre a qualidade do ar de uma determinada localidade para a população. É um índice de comunicação diária, que classifica a qualidade do ar em 5 classes diferentes conforme as concentrações dos poluentes registradas. Esta classificação retrata, ainda, os riscos e os efeitos adversos para a saúde da população exposta (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021). De acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler do estado do Rio Grande do Sul (FEPAM) o Índice de Qualidade do Ar fornece à população o entendimento sobre a qualidade do ar local, conforme parâmetros amostrados nas estações de monitoramento, sendo assim uma ferramenta capaz de transformar as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional, permitindo a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER RS, 2022).

No estado de São Paulo, os parâmetros adotados pela CETESB para elaboração do índice de qualidade do ar seguem o previsto na resolução CONAMA 491, de 19 de novembro de 2018, que dispõe sobre a qualidade do ar, e são os seguintes: partículas inaláveis (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), fumaça (FMC), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e dióxido de enxofre (SO_2). Para cada poluente mensurado, calcula-se um índice,

que é um valor adimensional e, conforme o índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que pode ser boa, moderada, ruim, muito ruim e péssima. Para a divulgação do índice final agregado, é utilizado a classificação recebida pelo índice mais elevado, isto é, embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada de acordo com o pior resultado medido (BRASIL, 2018; CETESB, 2022b).

No quesito indicador de qualidade do solo, para Silva et al., (2020), estes são atributos mensuráveis, ou seja, podem se apresentar de forma quantitativa ou qualitativa, sendo capazes de avaliar alterações ocorridas num dado ecossistema. O estudo destes atributos, em um espaço de tempo, permite quantificar a magnitude e a duração das alterações provocadas por diferentes usos do solo. A avaliação da qualidade do solo contribui para a compreensão dos limites de cada solo, fornecendo informações acerca das medidas necessárias para a sua recuperação em caso de degradação. Contudo essa avaliação não deve focar apenas na produtividade do solo, pois esse objetivo leva à degradação desse recurso. Uma avaliação correta deve visar à qualidade ambiental (SILVA, M. DE O. et al., 2020).

A cidade de São Paulo possui hoje uma plataforma online que reúne indicadores capazes de mensurar a qualidade de vida dos paulistanos, disponível no site do Observatório de Indicadores da Cidade de São Paulo (ObservaSampa). A plataforma possui hoje 577 indicadores, com 20 temáticas distintas, dos quais 281 são ligados aos ODS (SÃO PAULO (CIDADE), 2021). Os indicadores de meio ambiente, relacionados a contaminação do solo, disponíveis atualmente estão descritos no Quadro 18, abaixo:

Quadro 18 Indicadores ACs ObservaSampa

Indicador	Descrição	Resultado ano 2020
03.09.03 VigiSolo monitoramento de áreas contaminadas com mudança de uso	Descreve a quantidade de áreas do município de SP com mudança de uso certificadas e notificadas pela SVMA em um dado intervalo de tempo.	132
03.09.04 VigiSolo monitoramento de áreas contaminadas sem mudança de uso	Descreve a quantidade de áreas do município de SP sem mudança de uso certificadas e notificadas pela SVMA em um dado intervalo de tempo	110

Indicador	Descrição	Resultado ano 2020
03.09.05 VigiSolo Inspeções em Áreas Contaminadas com Risco Confirmado	Descreve a quantidade de áreas contaminadas com risco confirmado, com presença de contaminantes em aquífero subterrâneo, que extrapolou a área de contaminação (extra site), sendo o tipo de estabelecimento diferente de posto revendedor de combustível.	0
03.09.06 VigiQuim monitoramento de áreas contaminadas com substâncias químicas prioritárias	Descreve a quantidade de áreas contaminadas, com presença de contaminantes a substâncias químicas prioritárias selecionadas	21

Fonte: (SÃO PAULO (CIDADE), 2022b)

Conforme as informações disponíveis no Quadro 18, atualmente são adotados 4 indicadores para monitoramento das ACs no município de São Paulo, contudo não está disponível nenhuma representação espacial desses dados, sendo possível apenas acompanhar os indicadores sob uma ótica temporal, comparando os valores do indicador desde quando ele foi criado, no ano de 2017. O código 03.09 em cada título do indicador, é uma referência ao item do ODS cujo indicador está associado. O ODS 3 é intitulado de Saúde e Bem-Estar e possui a seguinte descrição “garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades”. O subtópico deste ODS, 3.9 oferece um detalhamento das metas associadas a esse objetivo “Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar, água e do solo”. Interessante observar que as áreas contaminadas, no ObservaSampa, estão associadas ao ODS de Saúde e Bem-estar, e não nenhuma menção ao ODS 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2022).

A publicação intitulada Relatório da Qualidade Ambiental, realizada pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, referente ao ano de 2021, apresenta as informações ambientais do estado de São Paulo. Neste documento, são apresentados diversos indicadores de qualidade ambiental. O tema Solo, abrange três subtemas: áreas contaminadas, desastres naturais e mineração. Neste

relatório os dados das ACs são apresentados utilizando o mesmo recurso empregado pela CETESB, na publicação da Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do estado de São Paulo, texto explicativo. São apresentados gráficos com o número total de áreas contaminadas, do ano de 2011 ao ano de 2020 e as ACs são segregadas por origem da contaminação. Portanto, a apresentação dessas informações como indicadores ambientais permite a análise temporal da evolução do número de ACs e as atividades fontes de contaminação. Não há agregação dos dados dos subtemas de indicadores relacionados a solo. Cada parâmetro é apresentado e analisado individualmente, sendo um indicador de qualidade do solo, ausente nesse publicação (SÃO PAULO (ESTADO), 2021).

Existem ainda outros indicadores, distribuídos entre as temáticas de meio ambiente, saúde e moradia e saneamento básico, disponíveis no ObservaSampa, que poderiam contribuir para a elaboração de um indicador de qualidade do solo urbano juntamente com o IAC, desenvolvido neste trabalho, como: cobertura vegetal por m²; número de árvores plantadas; área do município de São Paulo correspondente a unidades de conservação de proteção integral (%); área do município de São Paulo correspondente a unidades de conservação de uso sustentável(%); índice de cobertura arbórea; ocorrências de descarte irregular de resíduos; e a proporção de domicílios não conectados à rede geral de esgoto (%). Embora o desenvolvimento de um indicador de qualidade do solo urbano não seja o objetivo do presente trabalho, este poderia ser realizado em trabalhos futuros.

4.3 Conjunto de dados dos processos vistos

As vistas aos processos permitiram a coleta de diversas informações sobre as ACs. O conjunto de dados para aplicação do ICA é composto de 60 áreas, em decorrência da exclusão de três áreas, que apresentam complexidade ímpar e são investigadas de forma unificada, em decorrência de seu histórico de uso e ocupação do solo. Estas, serão apropriadamente descritas adiante.

As atividades que originaram a contaminação nas áreas que compõe o conjunto de dados estão indicadas na Figura 31, abaixo.

Figura 31 Atividade origem da contaminação

Atividade origem



Elaborada pela autora

No Quadro 19 são apresentadas informações sumarizadas acerca das áreas analisadas, contendo o resumo das substâncias encontradas e as matrizes ambientais afetadas.

Quadro 19 Resumo das informações do conjunto de dados

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
1	ACRu	bário, cromo, níquel	solo, subsolo e água subterrânea
2	AR	naftaleno, fenantreno, fluoranteno e criseno	água subterrânea
3	AME	benzeno, etilbenzeno, xileno, tolueno, naftaleno	água subterrânea
4	AR	tricloeteno e tetracloeteno	água subterrânea
5	AME	benzeno, etilbenzeno, xileno	água subterrânea
6	AR	benzeno, xileno, tph, etilbenzeno, fenantreno, cromo, antimônio, chumbo, níquel e cobre	solo, subsolo e água subterrânea
7	ACRe	tetracloeteno, tricloeteno, cloreto de vinila, benzeno, clorobenzeno, 1,2,3-triclorobenzeno, 1,1 dicloroetano	solo, subsolo e água subterrânea
8	ACRu	bário, dietilexil ftalato	água subterrânea

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
9	AR	chumbo, tph	solo, subsolo e água subterrânea
10	ACRu	bário, níquel, zinco, chumbo, tetracloreto, cloreto de vinila	solo, subsolo e água subterrânea
11	AR	chumbo, cobre, antimônio, alumínio, cobalto	solo, subsolo e água subterrânea
12	AR	etilbenzeno, naftaleno, fluoreno, fenantreno, tolueno	água subterrânea
13	AME	benzeno, xileno	solo, subsolo e água subterrânea
14	AR	benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos totais, naftaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno e pireno	subsolo e água subterrânea
15	AR	benzeno, xilenos, etilbenzeno, tolueno	água subterrânea
16	ACRe	fenantreno, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, tph, naftaleno, benzo-antraceno, criseno, benzo(a)pireno,	água subterrânea
17	AR	antimônio, bário, chumbo, arsênio, níquel, benzeno, etilbenzeno, benzo(a)antraceno, tetracloreto, dicloroetano, tricloroetano, naftaleno, cloreto de vinila	solo, subsolo e água subterrânea
19	AR	benzeno, tolueno, etilbenzeno, naftaleno	água subterrânea

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
20	ACRi	naftaleno, benzeno, etilbenzeno, xileno, tolueno,	água subterrânea
21	AR	benzeno, tolueno, etilbenzeno, naftaleno, etanol	água subterrânea
22	ACRe	benzeno, naftaleno, tolueno, etilbenzeno, xileno, tph, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno,	subsolo e água subterrânea
23	AR	benzeno, etilbenzeno, xilenos e naftaleno	água subterrânea
24	ACI	benzeno, naftaleno, tolueno e xileno	subsolo e água subterrânea
25	AR	naftaleno, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos	subsolo e água subterrânea
26	ACRe	etilbenzeno, naftaleno, benzeno, etilbenzeno, benzo(a) antraceno	subsolo e água subterrânea
27	AR	naftaleno, acenaftaleno, fluoreno, xileno e pireno	subsolo e água subterrânea
28	AME	naftaleno, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos e etanol	água subterrânea
29	ACRi	benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, naftaleno, tph	subsolo e água subterrânea
30	AR	benzeno, xileno, tolueno, etilbenzeno	subsolo e água subterrânea
31	AR	naftaleno, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno	água subterrânea
32	AR	benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, naftaleno	subsolo e água subterrânea

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
33	ACRe	benzeno, tolueno, fenantreno, xileno, naftaleno	subsolo e água subterrânea
34	AR	tph, etilbenzeno e xileno	subsolo e água subterrânea
35	AME	cádmio, chumbo, bário, cromo, níquel, zinco, boro, cobalto, cobre	água subterrânea
36	ACRi	naftaleno, acenaftaleno, acenaftileno, fluoreno, fenantreno, fluoranteno, antraceno, pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, criseno, tph	água subterrânea
37	ACRu	benzeno, cobalto e níquel e tph	água subterrânea
38	ACRe	benzeno, xilenos, naftaleno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a,h)antraceno, tolueno, etilbenzeno e benzo(b)fluoranteno	água subterrânea
39	ACRu	1,1-dicloroeteno, benzeno, tricloroeteno, bário, boro, antimônio, cromo, chumbo, cobalto, cobre, níquel, tph, antimônio	subsolo e água subterrânea
40	ACRe	etilbenzeno, naftaleno, tph, benzeno, benzo(a)antraceno	solo, subsolo e água subterrânea
41	ACRe	benzeno, xileno, etilbenzeno, benzo(a)antraceno	subsolo e água subterrânea

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
43	ACI	cis -1,2-dicloroeteno, tricloroeteno e tetracloroeteno.	água subterrânea
44	AR	benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, naftaleno, fluoreno, acenaftaleno, acenaftileno	água subterrânea
45	ACRu	tph, benzeno, naftaleno	água subterrânea
47	AME	benzeno, benzo(b)fluoranteno, dibenzo(a,h) antraceno"	água subterrânea
48	AME	1-metilnaftaleno, cloreto de vinila, tricloroeteno	água subterrânea
49	ACI	clorometano, cis-1,2-dicloroeteno, tetracloroeteno, cloreto de vinila, arsênio, bário, boro, cobalto, cobre, zinco, níquel, chumbo	subsolo e água subterrânea
50	AME	benzeno, etilbenzeno, tolueno, xileno, naftaleno	água subterrânea
51	ACRi	benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno, naftaleno	água subterrânea
52	AME	arsenio, tph, bario, boro, xileno, chumbo, cobalto, tolueno, etilbenzeno, xileno	solo, subsolo, água subterrânea
53	ACRe	benzeno, tolueno, xileno, etilbenzeno, etanol	subsolo e água subterrânea
54	ACI	benzeno, naftaleno, tolueno, tph, etilbenzeno,xileno	subsolo e água subterrânea

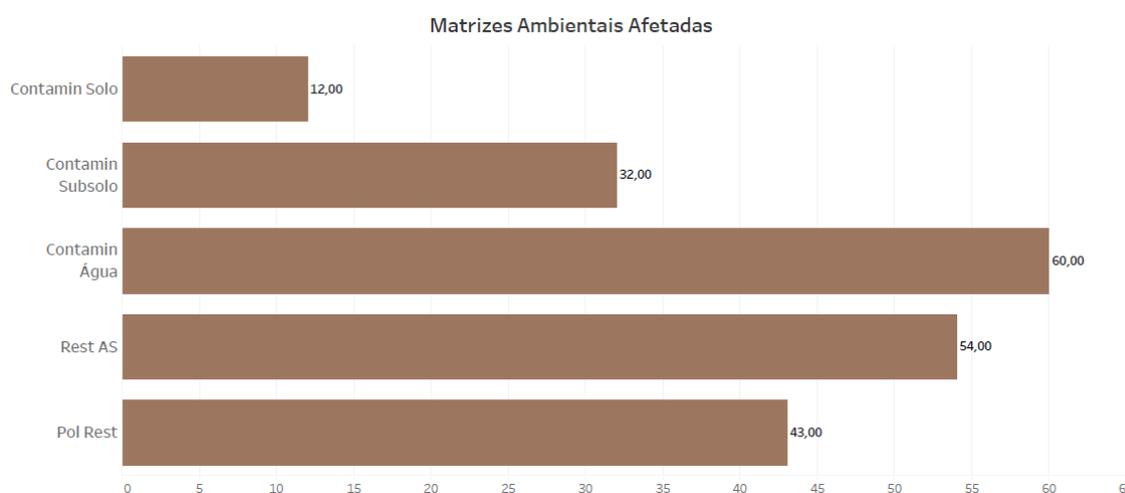
Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
55	ACRe	benzeno, naftaleno, acenaftaleno, fluoreno, fenantreno	subsolo e água subterrânea
56	AME	tricloeteno e tetracloeteno, cloreto de vinila, cis-1,2 dicloroeteno, mercurio, trans-1,2-dicloroeteno (trans-1,2-dce), boro, níquel, tph, antimônio e prata	solo, subsolo e água subterrânea
57	AR	1,2,4-trimetilbenzeno; bário dissolvido, tph, benzeno, benzo(a)antraceno; benzo(b)fluoranteno, cloreto de vinila	subsolo e água subterrânea
58	ACRe	benzeno, naftaleno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, tolueno, etilbenzeno	subsolo e água subterrânea
59	AR	tph, benzeno, naftaleno, tolueno, etilbenzeno	solo, subsolo e água subterrânea
60	ACRu	cloreto de vinila, cis-1,2 dicloroeteno, tetracloeteno, 1,1-dicloroetano, cloroformio, tricloroeteno, 1,4-diclobenzeno	água subterrânea
61	AR	1,2-dicloroeteno, cloreto de vinila, tetracloeteno	água subterrânea

Código da área	Classificação CETESB 2017	Principais substâncias encontradas	Matrizes ambientais afetadas
62	AME	naftaleno, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e tph	água subterrânea
63	AR	tph, benzeno, tolueno e etilbenzeno	subsolo e água subterrânea

Fonte: Elaborado pela autora com base nos processos vistos

Na Figura 32 é apresentado um gráfico com as matrizes ambientais afetadas e o número de áreas em que existe restrição ao uso de água subterrânea.

Figura 32 Matrizes ambientais afetadas e áreas com restrições ao uso de água subterrânea



Elabora pela autora

Nas 60 áreas consideradas e conforme os relatórios analisados, foi identificada a contaminação em águas subterrânea. Em 12 áreas todas as matrizes ambientais foram afetadas. O número máximo de substâncias encontradas em uma determinada área foi 13. Já a substância que teve maior ocorrência nas áreas analisadas é o Benzeno, presente em 41 das áreas.

Importante ressaltar que a situação descrita não corresponde à realidade presente do local, mas a um recorte de um dado momento de cada área, pois os relatórios vistos possuem datas distintas. O relatório mais recente data de agosto de 2018, enquanto o mais antigo é de março de 2004. Uma vez que o processo de remediação é finalizado, não existe obrigatoriedade de continuar o monitoramento.

Nas áreas 11, 17 e 37 os relatórios defendem que a origem da contaminação é relativa a uma fonte externa. Na Figura 33 é apresentada uma imagem de satélite das áreas 11 e 37 e outras áreas contaminadas vizinhas.

Figura 33 Imagem de satélite das áreas 11 e 17



Fonte: Elaborado pela autora no Google Earth

A área 35 e a área 52 possuem atividade industrial e são vizinhas, e a delimitação das plumas de contaminação é confusa, uma vez que ela se estende de um site a outro, sendo difícil compreender qual indústria contribuiu com qual substância.

A área 18, não está indicada no Quadro 19 Resumo das informações do conjunto de dados, pois não será utilizada no exemplo de aplicação do modelo por se tratar de uma área extremamente complexa. O local é conhecido como Pátio Lapa (CPTM), abrangendo uma área de aproximadamente 432.000 metros quadrados, em funcionamento há 120 anos, e cujo relatório de investigação detalhada foi elaborado pelo IPT. Conforme as informações dos relatórios, as principais fontes potenciais de contaminação estão associadas ao armazenamento inadequado de sucatas, resíduos e equipamentos a céu aberto; o descarte de efluentes, sem tratamento, na rede de esgoto; e a manutenção de máquinas e equipamentos e o desmonte de trens a céu aberto, em piso sem revestimento, e vazamentos nas redes de esgoto.

O atual uso e ocupação do Pátio Lapa é diverso, e inclui, áreas com casas de funcionários (moradias) e uma escola de ensino técnico do SENAI. No relatório são descritas 30 plumas no solo superficial por compostos inorgânicos, 22 plumas de compostos orgânicos, 7 no subsolo para compostos inorgânicos, 22 plumas em águas subterrâneas.

A exclusão da área 42, se deu uma vez que ela está inserida na área 18 e os relatórios indicam as substâncias: Bário, zinco, Antimônio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Níquel, zinco, 1,2-Dicloroetano, Cis-1,2-Dicloroetano, Tricloroetano, Cloreto de Vinila, Tetracloroetano, PCBs, 2,4,5 – Triclorofenol; 1,2,4,5, Tetraclorobenzeno. Porém, conforme os relatórios vistos não está clara a definição e delimitação das plumas presentes, nem a influência que a área sofre do local em que está inserida.

A área 46, está, igualmente, incluída na área 18. Nas investigações realizadas na área foram identificadas as seguintes substâncias, em relatório de monitoramento ambiental de maio de 2016: Tricloroetano, Cis-1,2-Dicloroetano, Bromodiclorometano, Antimonio e Selenio. Já em relatório de março 2017, Tetracloroetano, Tricloroetano, Cis-1,2-Dicloroetano, 1,2,3-Tricloroetano, Antimonio, Arsenio, Bário, Boro, Chumbo, Cobalto e Selênio. Na Figura 34, a seguir, é apresentada uma imagem de satélite das áreas 18, 42 e 46.

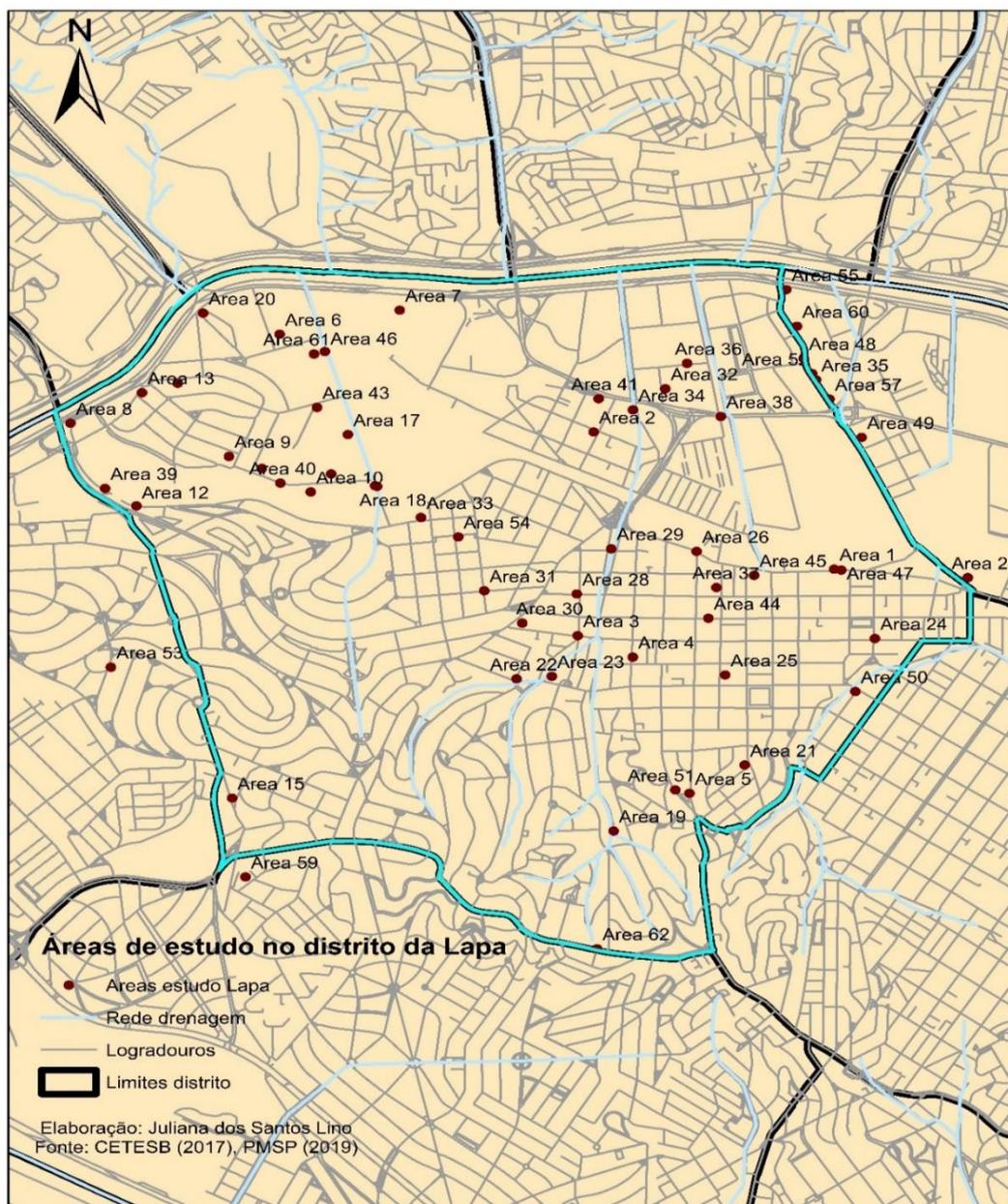
Figura 34 Imagem de satélite da área 18, 42 e 46



Fonte: Elaborado pela autora no Google Earth

A espacialização do conjunto dados, indicando a localização das áreas que compõe o conjunto, é apresentada na Figura 35.

Figura 35 Áreas de Estudo com identificação das ACs



Fonte: Elaborado pela autora

4.4 Elaboração do Índice de Contaminação Ambiental para classificação das áreas contaminadas

Para desenvolvimento do Índice de Contaminação Ambiental (ICA) que resultará na classificação das ACs, foram empregadas 15 variáveis primárias, que correspondem aos dados presentes nas investigações ambientais ou consultados em bases de dados. A próxima etapa adota 05 variáveis secundárias, calculadas com base nas variáveis primárias. A partir dessas variáveis secundárias são calculados os 3 indicadores, Indicador de Concentração da Substância (ICS), Indicador de Matrizes Ambientais Afetadas (IMA) e o Indicador de Comportamento Ambiental da Substância (ICAS). Apenas no caso do ICAS, são utilizadas apenas variáveis primárias. As variáveis escolhidas, as unidades de medida, e as fontes que contém os dados, estão apresentadas no Quadro 20. Na Figura 36, a seguir, é apresentado o fluxograma do processo de elaboração dos indicadores e do índice.

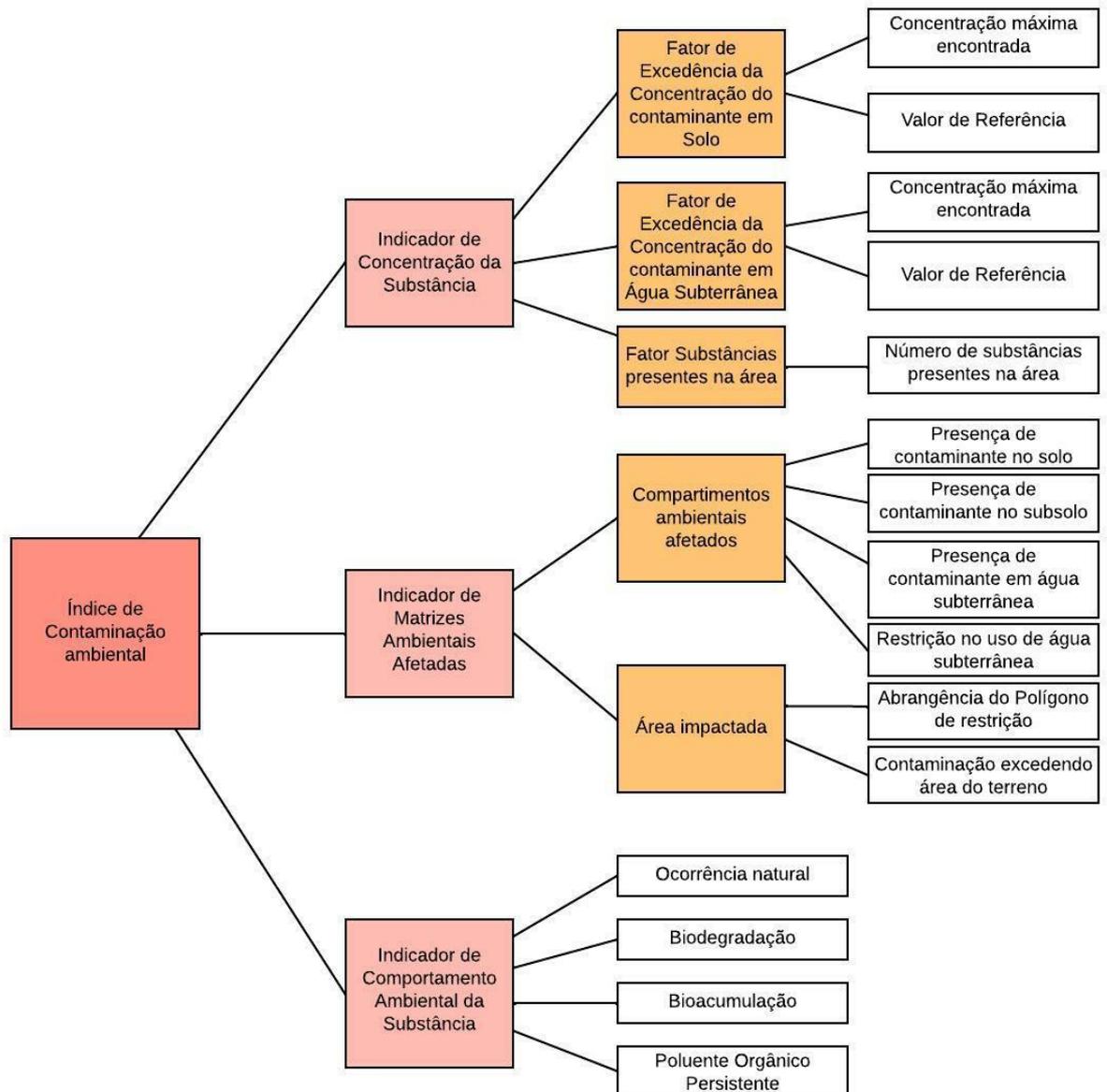
Quadro 20 Variáveis utilizadas

Variável	Unidade	Fonte	Resposta da variável
Concentração máxima encontrada no solo da SC1 e SC2	mg/kg	Processos	Concentrações máximas apresentadas pelas substâncias contaminantes 1 e 2, em miligramas por quilograma de solo.
Valor de referência intervenção da substância em Solo	mg/kg	CETESB, 2016	Valor de intervenção adotado para a substância contaminante. É considerado o valor de intervenção para o cenário residencial, quando há uma mudança de uso, para residencial; industrial quando se trata de postos de combustíveis ou manutenção de atividade industrial na área.
Fator de excedência de concentração em solo	não se aplica	Calculada	Quantas vezes o valor encontrado na área excede os valores de referência consultados. É a divisão do valor encontrado pelo valor de referência.
Concentração máxima encontrada em Água das SC1 e SC2	µg/L	Processos	Concentrações máximas encontradas das substâncias contaminantes 1 e 2, em microgramas por litro.
Valor de referência intervenção da substância em Água	µg/L	CETESB, 2016	Valor de intervenção adotado para a substância contaminante. É considerado o valor de intervenção para o cenário residencial, quando há

Variável	Unidade	Fonte	Resposta da variável
			uma mudança de uso para residencial; industrial quando se trata de postos de combustíveis ou manutenção de atividade industrial na área.
Fator de excedência de concentração em Água	não se aplica	Calculada	Quantas vezes o valor encontrado está acima dos valores de referência. É a divisão do valor encontrado pelo valor de referência.
Fator substâncias encontradas na área	não se aplica	Processos	A soma das substâncias contaminantes encontradas nas investigações realizadas, normalizado no intervalo 0 e 1.
Presença de contaminantes no solo	não se aplica	Processo	Existem contaminantes no solo? sim=01/não=0
Presença de contaminantes no subsolo	não se aplica	Processo	Existem contaminantes no subsolo? sim=01/não=0
Presença de contaminantes em água subterrânea	não se aplica	Processo	Existem contaminantes na água subterrânea? sim=01/não=0
Restrição de Água Subterrânea	não se aplica	Processo	Foi definida medida de restrição de uso de águas subterrâneas? sim=01/não=0
Matrizes Ambientais Afetadas	não se aplica	Calculada	A soma das variáveis: presença de contaminantes no solo, subsolo, água subterrânea e restrição de água subterrânea
Abrangência do Polígono de Restrição	não se aplica	Processo	A área do polígono de restrição para uso de água subterrânea excede o terreno? sim=01 / não= 0
Contaminação excede área do terreno	não se aplica	CETESB, 2017a; CVS, 2019a	A pluma de contaminação excede a área a área do terreno? sim=01 / não=0
Área impactada	não se aplica	Calculada	Soma das variáveis: abrangência do polígono de restrição e contaminação excede área do terreno
Ocorre naturalmente no meio ambiente	não se aplica	HSDB, ATSDR ToxGuides, eChemPortal e CETESB	O contaminante encontrado ocorre naturalmente no ambiente em que foi identificada? sim=0 / não= 01
Biodegradação da substância em solo ou água	não se aplica	HSDB, ATSDR ToxGuides, eChemPortal e CETESB	É esperado que o contaminante se biodegrade no ambiente em que está presente? sim=0 / não= 01

Variável	Unidade	Fonte	Resposta da variável
Bioacumulação da substância	não se aplica	HSDB, ATSDR, ToxGuides, eChemPortal e CETESB	É esperado que o contaminante se bioacumule em organismos presentes no ambiente? sim=1 / não=0
Poluente orgânico persistente	não se aplica	CETESB, Legislação POPs	A substância é classificada como um poluente orgânico persistente? sim=01/não=0.

Figura 36 Fluxograma do processo de elaboração do índice



Fonte: Elaborado pela autora

4.4.1 Cálculos dos indicadores para formulação do índice

Na Equação 3 é apresentado o cálculo do Indicador de Concentração da Substância (ICS).

Equação 3 Cálculo do Indicador de Concentração da Substância

$$I_{cs} = \frac{\sum \text{Fator exc Solo} + \sum \text{Fator exc água} + \text{Fator substâncias}}{3}$$

Na Equação 4 é apresentada a equação para o cálculo do Indicador de Matrizes Ambientais Afetadas (IMA).

Equação 4 Cálculo do Indicador de Matrizes Ambientais Afetadas

$$I_{ma} = \frac{\text{Compartimentos afetados} + \text{Área impactada}}{2}$$

Na Equação 5 é apresentado o cálculo para o Indicador de Comportamento Ambiental da Substância (ICAS).

Equação 5 Cálculo do Indicador de Comportamento Ambiental da Substância

$$I_{cas} = \frac{\sum \text{ocorrência} + \sum \text{biodegradação} + \sum \text{bioacumulação} + \sum \text{POP}}{4}$$

Na Equação 6 é apresentado o cálculo para o Índice de Contaminação Ambiental (ICA), que é formado utilizando os dados dos 3 indicadores apresentados acima.

Equação 6 Cálculo dos Índice de Contaminação Ambiental

$$I_{ca} = \frac{ICS + IMA + ICAS}{3}$$

Para o cálculo do Indicador de Concentração da Substância são utilizadas variáveis com dados quantitativos. Já para o cálculo dos Indicadores de Matrizes Ambientais Afetadas e o Indicador de Comportamento Ambiental da Substância, os dados são de natureza qualitativa, representados em escala 0 e 1. Neste trabalho optou-se por não atribuir pesos as variáveis encontradas, pois necessitaria de uma análise de dados mais complexa, que poderá ser feita em trabalhos futuros. Nos casos do ICS e do ICAS foram consideradas duas substâncias químicas para cada área analisada.

4.4.2 Normalização dos dados

Para realização dos cálculos relativos ao Índice de Contaminação Ambiental da Área proposto, adotou-se o processo de normalização para os dados

quantitativos. Segundo Nardo et al., (2008), a normalização é necessária antes de qualquer agregação de dados, pois os indicadores em um conjunto de dados geralmente têm unidades de medida diferentes. A técnica de normalização aplicada foi a de redimensionamento (*Re-scaling*) ou normalização Min-Max, na Equação 7, abaixo, é apresentada a fórmula para utilização da técnica.

Equação 7 Normalização min-max

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Fonte: BORKIN et al., 2019

Ao aplicar essa técnica, todos os recursos serão transformados no intervalo [0,1], o que significa que o valor mínimo e máximo de uma variável será 0 e 1, respectivamente. São consideradas duas casas decimais nos cálculos. No entanto, essa transformação não é estável, quando novos dados ficam disponíveis. Para manter a comparabilidade entre os dados existentes e os novos, o indicador composto para os dados existentes deverá ser recalculado, pois o novo dado pode afetar o mínimo e o máximo das variáveis presentes no cálculo do ICA. (NARDO et al., 2008).

4.4.3 Categorização dos dados

No estabelecimento das classes do Índice de Contaminação Ambiental a escala categórica foi adotada e agrupou os dados em quartis. Como resultado, serão atribuídas 4 classes aos resultados do índice: baixo para o primeiro quartil, representando um baixo comprometimento ambiental; moderado para o segundo, representando um comprometimento mais relevante; alto para o terceiro, requerendo uma observação mais atenta; e elevado para os valores superiores, que demandarão mais atenção e acompanhamento.

4.4.4 Relação das variáveis com classificações e indicadores existentes

As variáveis presentes nos indicadores elaborados, foram desenvolvidas com base em outras classificações e indicadores de poluição do solo estudados. Nas informações presentes no Quadro 21, abaixo, estão descritas as variáveis,

bem como quais outras classificações e índices elas também estão presentes ou dos quais foram adaptadas.

Quadro 21 Comparação das variáveis com outras classificações e ou indicadores

Variável	Indicador	Classificações ou indicadores que a empregam a variável
Concentração máxima encontrada no Solo ou água (primária)	Indicador Concentração da Substância	Metodologia de priorização da CETESB (CETESB, 2001); <i>Hazard Ranking System</i> (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h)b; <i>National Classification System</i> (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); <i>Single Pollution Index</i> ; <i>Contamination factor</i>
Fator de excedência de concentração em solo ou água (secundária)	Indicador Concentração da Substância	<i>National Classification System</i> (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); <i>Single Pollution Index</i> ; <i>Contamination factor</i>
Fator substâncias encontrada na área (secundária)	Indicador Concentração da Substância	<i>National Classification System</i> (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); <i>Sum of contamination</i> ; <i>Pollution Load Index</i>
Presença de contaminantes no solo, subsolo, água subterrânea (primária)	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Metodologia de priorização da CETESB; <i>Hazard Ranking System</i> (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h) ; <i>National Classification System</i> (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)
Restrição de Água Subterrânea (primária)	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Classificação risco CVS (CVS, 2021a); Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)
Matrizes Ambientais Afetadas (secundária)	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Metodologia de priorização da CETESB; <i>Hazard Ranking System</i> (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h) ; <i>National Classification System</i> (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008), Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)
Abrangência do Polígono de Restrição	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Classificação risco CVS (CVS, 2021a); Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)

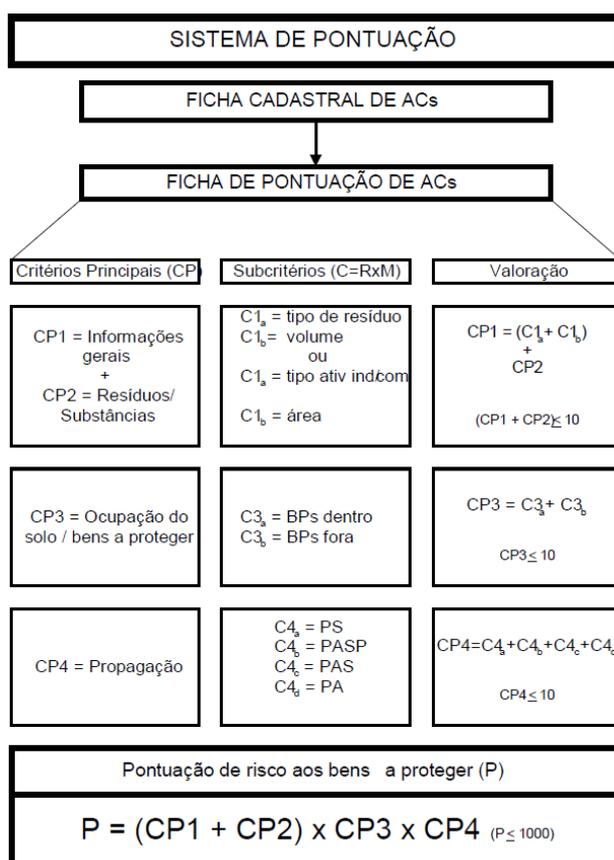
Variável	Indicador	Classificações ou indicadores que a empregam a variável
Contaminação excede área do terreno	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Classificação risco CVS (CVS, 2021a); Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)
Área impactada	Indicador de Matrizes Ambientais afetadas	Classificação risco CVS (CVS, 2021a); Ferramenta de avaliação multicritério (MCA)
Ocorre naturalmente no meio ambiente	Indicador de Comportamento Ambiental da Substância	Hazard Ranking System (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h); <i>National Classification System; Single Pollution Index; Contamination factor</i>
Biodegradação da substância em solo ou água	Indicador de Comportamento Ambiental da Substância	Hazard Ranking System (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h)
Bioacumulação da substância	Indicador de Comportamento Ambiental da Substância	Hazard Ranking System (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h)
Poluente orgânico persistente	Indicador de Comportamento Ambiental da Substância	<i>National Classification System (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S, 2008); Hazard Ranking System (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2022h); Classificação risco CVS (CVS, 2021a)</i>

Elaborado pela autora

As classificações *Hazard Ranking System* e *National Classification System* e a classificação baseada em riscos da CVS já foram apresentadas, anteriormente, no capítulo de referência teórica do presente trabalho. No que se refere a metodologia de priorização da CETESB, mencionada no quadro acima, conforme o Manual de áreas contaminadas da CETESB, edição publicada em 2001 (CETESB, 2001), a agência apresenta uma metodologia de priorização de ACs, aplicada para “identificar áreas com maior urgência de intervenção, dentro do universo de áreas potenciais”. A ficha de pontuação de ACs, foi criada com base no sistema de pontuação do estado de Nordrhein–Westfalen, Alemanha, e é a ferramenta adotada para avaliação de risco para áreas suspeitas e contaminadas,

visando à seleção de áreas prioritárias para remediação. Ainda segundo a CETESB a ficha é o principal instrumento utilizado para a realização da priorização de áreas suspeitas e de áreas contaminadas. A ferramenta permite a realização de avaliações comparativas entre as áreas, considerando as características da fonte de contaminação, das substâncias, das vias de propagação da contaminação e dos bens a proteger potenciais ou existentes. A ficha de pontuação de ACs é apresentada na Figura 37 abaixo.

Figura 37 Sistema de pontuação CETESB



PS = análise do solo (0-1m)+análise do solo (>1m)+eventos importantes+riscos impermeabilização de superfícies+indicações

PASP = qualidade da água superficial+influência sobre água superficial+possibilidade de

PAS = contaminação das águas subterrâneas+uso da água subterrânea afetada pela textura predominante do solo+impermeabilização inferior+destino final de líquidos substâncias e materiais+nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea+contexto

PA = qualidade do ar do solo+eventos importantes+presença de vapores/gases nas edificações +distância até a edificação mais

Fonte: CETESB, 2001

Vale ressaltar que, embora seja citado neste manual que este mecanismo de priorização atue diferenciando as áreas contaminadas entre si, possivelmente trata-se de uma ferramenta de utilização interna, visto que não há nenhuma

menção nos dados publicados anualmente, por meio dos Relatórios de Áreas Contaminadas e Reabilitadas. As classificações e ou priorizações que consideram o risco provocado por uma área, dada uma determinada circunstância, são e continuarão sendo extremamente importante no contexto do GAC, haja visto que são elas que norteiam a definição de metas de remediação para cada caso, além de permitir o adequado gerenciamento e fiscalização dos processos, por parte da equipe técnica da agência ambiental competente. Contudo, uma classificação que apresenta, de forma simplificada, a alteração ambiental presente na área, como desenvolvido neste trabalho, poderá contribuir no processo de desenvolvimento de indicadores ambientais para o município, mecanismos de educação ambiental e no acesso as informações relacionadas a qualidade ambiental das cidades.

O escopo dos indicadores de contaminação do solo estudados, e que se são apontados no Quadro 21 Comparação das variáveis com outras classificações e ou indicadores, consistem em avaliar a contaminação do solo por metais pesados. O *Single Pollution Index* (PI) é um indicador que avalia o grau de contaminação individualmente, por metais pesados no solo superficial e é calculado pela divisão entre o valor encontrado para um determinado metal pelo valor de referência esperado para o metal avaliado. O *Contamination factor* (Cf) é um indicador que objetiva avaliar a contaminação do solo, adotando dois parâmetros, os valores encontrados para metais pesados na superfície do solo e os níveis de referência pré-industriais, previamente definidos para esses mesmos metais. Ele é calculado dividindo-se o primeiro parâmetro pelo segundo. Já o *Sum of contamination* (PIsum) avalia a contaminação global do grupo dos metais pesados. É a soma de todos os conteúdos determinados de metais pesados no solo, expressos no indicador PI. O *Pollution Load Index* (PLI), é empregado para avaliar o grau de deterioração causado pela contaminação do solo, em resultado da acumulação de metais pesados. É calculado como uma média geométrica da indicador PI (ABASI et al., 2015; KOWALSKA et al., 2018; KWATRA et al., 2020).

A ferramenta de avaliação multicritério (*Multi-criteria Assessment – MCA*) analisada foi a desenvolvida por Søndergaard et al., em estudo publicado no ano de 2017, cujo objetivo era a seleção das melhores técnicas de remediação para áreas contaminadas, considerando-se a sustentabilidade de cada alternativa. Trata-se de uma ferramenta que permite a agregação de diversos indicadores, quantitativos e qualitativos. No estudo desenvolvido pela equipe, foram

considerados 5 critérios: ambientais, dentro os quais há um indicador para avaliar os impactos ao solo e as águas subterrâneas; sociais, em que há um indicador para avaliar os impactos do processo de avaliação e remediação da área à população do entorno; econômicos, tais como a estimativa dos custos de cada técnica; efeitos da remediação, que busca avaliar o progresso da remediação na redução dos contaminantes presentes na área; e uso do tempo, que visa estimar o tempo requerido para alcançar as metas de remediação estabelecidas (SØNDERGAARD et al., 2018).

4.5 Aplicação da metodologia ao conjunto de dados

A metodologia desenvolvida foi aplicada ao conjunto de dados, que foi elaborado com as vistas aos processos das áreas contaminadas do distrito da Lapa. A seguir, nos Quadro 22 Resultados das variáveis do ICS parte 1,

Quadro 23 Resultados das variáveis para o ICS parte 2, Quadro 24 Resultados das variáveis do IMA e Quadro 25 Resultados das variáveis do ICAS são apresentados os resultados resumidos das variáveis calculadas e no Quadro 26 Indicadores e Índices calculados, os indicadores e o índice aplicados o conjunto de dados de 60 áreas contaminadas e reabilitadas.

Quadro 22 Resultados das variáveis do ICS parte 1

Código área	SC1	SC2	Fator Excedência Solo SC1	Fator Excedência Água SC1	Fator Excedência Solo SC2	Fator Excedência Água SC2
1	Bário		86,86	2,65	0,00	0,00
2	Criseno		0,00	0,21	0,00	0,00
3	Benzeno		0,00	30,24	0,00	0,00
4	Tricloro eteno	Tetracloro eteno	0,00	0,38	0,00	0,19
5	Benzeno	Xileno	0,00	42,60	0,00	1,81
6	Cobre	Chumbo	1,09	0,00	47,82	0,00
7	Tetracloro eteno	Cloreto de Vinila	681,25	228,37	31,60	1569,45
8	Bário	Dietilexil ftalato	0,00	3,71	0,00	31,13

Código área	SC1	SC2	Fator Excedência Solo SC1	Fator Excedência Água SC1	Fator Excedência Solo SC2	Fator Excedência Água SC2
9	Chumbo	TPH	1,65	0,00	0,00	11,83
10	Tetracloro eteno	Bário	0,00	12,00	0,41	3,21
11	Chumbo	Cobalto	18,82	1,03	0,00	0,79
12	Etilbenzeno	Naftaleno	0,00	0,06,	0,00	0,05
13	Benzeno	Xileno	0,14	1,28	0,00	1,11
14	Tolueno	Benzeno	0,22	1,65	0,00	1454,32
15	Benzeno	Xilenos	0,00	43,60	0,00	3,81
16	Benzeno	Etilbenzeno	0,00	26,00	0,00	4,86
17	Antimônio	Tetracloro eteno	1,40	0,00	0,00	9,05
19	Benzeno	Naftaleno	0,00	124,00	0,00	19,68
20	Benzeno	Tolueno	0,00	2269,00	0,00	37,81
21	Benzeno	Tolueno	0,00	15,78	0,00	0,04
22	Benzeno	Naftaleno	2,90	1688,80	0,00	11,60
23	Benzeno	Etilbenzeno	0,00	13,60	0,00	0,26
24	Benzeno	Naftaleno	0,00	1341,13	0,00	11,86
25	Naftaleno	Benzeno	9,72	4,70	0,00	28,92
26	Benzeno	Etilbenzeno	0,00	163,40	0,00	3,97
27	Naftaleno	Xileno	0,00	0,04	0,00	0,41
28	Naftaleno	Benzeno	0,00	2,70	0,00	329,00
29	Benzeno	Tolueno	0,00	445,80	0,00	6,54
30	Benzeno	Xileno	0,00	23,40	0,00	1,33
31	Benzeno	Tolueno	0,00	49,20	0,00	1,21
32	Benzeno	Naftaleno	0,00	1,38	0,00	0,58
33	Benzeno	Naftaleno	0,00	96,20	0,00	1,38
34	TPH (Hidrocarbonetos totais de petróleo)		0,00	29,52		
35	Boro	Cadmio	0,00	2,84	0,01	75,68

Código área	SC1	SC2	Fator Excedência Solo SC1	Fator Excedência Água SC1	Fator Excedência Solo SC2	Fator Excedência Água SC2
36	Benzo(a)antraceno	Benzo(b)fluoranteno	0,00	15,25	0,00	11,50
37	Benzeno	TPH (Hidrocarbonetos totais de petróleo)	0,00	20,60	0,00	14,49
38	Benzeno	Naftaleno	0,00	109,80	0,00	2,28
39	Tricloroeteno	Benzeno	0,00	20,43	0,00	2,22
40	Benzeno	TPH (Hidrocarbonetos totais de petróleo)	0,27	1,70	9,55	2,90
41	Benzo(a)antraceno	Etilbenzeno	0,18	0,00	1,00	0,03
43	Tricloroeteno	Tetracloroetano	0,00	6,80	0,00	9,18
44	Benzeno		0,00	7,40	0,00	0,00
45	TPH (Hidrocarbonetos totais de petróleo)		0,00	7,37	0,00	0,00
47	Benzeno	Benzo(b)Fluoranteno	0,00	5,80	0,00	1,25
48	Cloreto de Vinila	Tricloroeteno	0,00	37,00	0,00	1,35
49	Cloreto de Vinila	Tetracloroetano	0,00	55,00	0,00	1,65
50	Benzeno	Etilbenzeno	0,00	35,56	0,00	1,45
51	Tolueno	Etilbenzeno	0,00	0,03	0,00	0,13
52	Arsênio	Boro	0,00	12,10	0,00	33,22
53	Benzeno	Xileno	0,00	34,36	0,00	0,26
54	Benzeno	Xileno	0,00	44,20	0,00	0,60
55	Benzeno		0,00	52,20	0,00	0,00
56	Cloreto de Vinila	Tetracloroetano	0,00	844,50	0,00	1,36
57	Benzeno	Cloreto de Vinila	0,00	9,23	0,00	1,76
58	Naftaleno	Benzeno	0,00	4,65	0,00	2,52
59	Benzeno		0,00	116,00	0,00	0,00

Código área	SC1	SC2	Fator Excedência Solo SC1	Fator Excedência Água SC1	Fator Excedência Solo SC2	Fator Excedência Água SC2
60	Tetracloroeteno	Cloreto de Vinila	0,00	5,15	0,00	245,00
61	Cloreto de Vinila	Tetracloroetano	0,00	298,50	0,00	5,75
62	Benzeno	Naftaleno	0,00	36,60	0,00	0,35
63	Benzeno		0,00	0,40	0,00	0,00

Quadro 23 Resultados das variáveis para o ICS parte 2

Código área	SC1Excede Solo Normalização	SC1Excede Água Normalização	SQ2Excede Solo Normalização	SQ2Excede Água Normalização	Total de SC	Total SQ Normalizado
1	0,13	0,001	0,000	0,00	3	0,09
2	0,00	0,000	0,000	0,00	4	0,18
3	0,00	0,013	0,000	0,00	5	0,27
4	0,00	0,000	0,000	0,00	2	0,00
5	0,00	0,019	0,000	0,00	3	0,09
6	0,00	0,000	1,000	0,00	10	0,73
7	1,00	0,101	0,661	1,00	7	0,45
8	0,00	0,002	0,000	0,02	2	0,00
9	0,00	0,000	0,000	0,01	2	0,00
10	0,00	0,005	0,008	0,00	5	0,27
11	0,03	0,000	0,000	0,00	5	0,27
12	0,00	0,000	0,000	0,00	5	0,27
13	0,00	0,001	0,000	0,00	2	0,00
14	0,00	0,001	0,000	0,93	9	0,64
15	0,00	0,019	0,000	0,00	4	0,18
16	0,00	0,011	0,000	0,00	5	0,27
17	0,00	0,000	0,000	0,01	13	1,00
19	0,00	0,055	0,000	0,01	4	0,18
20	0,00	1,000	0,000	0,02	5	0,27
21	0,00	0,007	0,000	0,00	5	0,27
22	0,00	0,744	0,000	0,01	8	0,55
23	0,00	0,006	0,000	0,00	4	0,18
24	0,00	0,591	0,000	0,01	4	0,18
25	0,01	0,002	0,000	0,02	5	0,27

Código área	SC1Excede Solo Normalização	SC1Excede Água Normalização	SQ2Excede Solo Normalização	SQ2Excede Água Normalização	Total de SC	Total SQ Normalizado
26	0,00	0,072	0,000	0,00	5	0,27
27	0,00	0,000	0,000	0,00	5	0,27
28	0,00	0,001	0,000	0,21	6	0,36
29	0,00	0,196	0,000	0,00	6	0,36
30	0,00	0,010	0,000	0,00	4	0,18
31	0,00	0,022	0,000	0,00	5	0,27
32	0,00	0,001	0,000	0,00	5	0,27
33	0,00	0,042	0,000	0,00	5	0,27
34	0,00	0,013	0,000	0,00	3	0,09
35	0,00	0,001	0,000	0,05	9	0,64
36	0,00	0,007	0,000	0,01	12	0,91
37	0,00	0,009	0,000	0,01	4	0,18
38	0,00	0,048	0,000	0,00	8	0,55
39	0,00	0,009	0,000	0,00	13	1,00
40	0,00	0,001	0,200	0,00	5	0,27
41	0,00	0,000	0,021	0,00	4	0,18
43	0,00	0,003	0,000	0,01	3	0,09
44	0,00	0,003	0,000	0,00	8	0,55
45	0,00	0,003	0,000	0,00	3	0,09
47	0,00	0,003	0,000	0,00	3	0,09
48	0,00	0,016	0,000	0,00	3	0,09
49	0,00	0,024	0,000	0,00	12	0,91
50	0,00	0,016	0,000	0,00	5	0,27
51	0,00	0,000	0,000	0,00	5	0,27
52	0,00	0,005	0,000	0,02	10	0,73
53	0,00	0,015	0,000	0,00	5	0,27
54	0,00	0,019	0,000	0,00	6	0,36
55	0,00	0,023	0,000	0,00	5	0,27
56	0,00	0,372	0,000	0,00	11	0,82
57	0,00	0,004	0,000	0,00	7	0,45
58	0,00	0,002	0,000	0,00	9	0,64
59	0,00	0,051	0,000	0,00	5	0,27
60	0,00	0,002	0,000	0,16	7	0,45

Código área	SC1Excede Solo Normalização	SC1Excede Água Normalização	SQ2Excede Solo Normalização	SQ2Excede Água Normalização	Total de SC	Total SQ Normalizado
61	0,00	0,132	0,000	0,00	3	0,09
62	0,00	0,016	0,000	0,00	6	0,36
63	0,00	0,000	0,000	0,00	4	0,18

Quadro 24 Resultados das variáveis do IMA

Código área	Matrizes Ambientais afetadas	Area impactada
1	4	1
2	1	0
3	2	1
4	2	1
5	2	2
6	4	1
7	4	2
8	2	1
9	4	1
10	4	1
11	4	1
12	2	0
13	4	2
14	3	2
15	2	2
16	2	1
17	4	1
19	2	2
20	2	2
21	2	2
22	3	2
23	1	0
24	3	2
25	3	2
26	3	1
27	2	0
28	2	0

Código área	Matrizes Ambientais afetadas	Area impactada
29	3	1
30	3	1
31	2	1
32	3	1
33	3	2
34	2	0
35	2	1
36	2	0
37	2	1
38	2	2
39	3	1
40	4	0
41	3	0
43	2	0
44	2	1
45	2	1
47	1	0
48	2	1
49	3	0
50	2	1
51	1	0
52	4	1
53	3	2
54	3	1
55	3	2
56	4	2
57	3	1
58	3	2
59	4	1
60	2	1
61	2	1
62	2	1
63	3	0

Quadro 25 Resultados das variáveis do ICAS

Código da área	Ocorr. Natural SC1	Biodegrad. SC1	Bioacum SC1	POP	Ocorr. natural SC2	Biodegrad. SC2	Bioacum SC2	POP
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	1	1	0	0
5	1	0	0	0	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	1	1	0
7	1	1	0	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	1	0	1	0
9	1	1	1	0	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	0	0	0	0	0
12	1	0	1	0	1	0	1	0
13	1	0	0	0	1	0	0	0
14	1	0	1	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	1	0	1	0
17	0	0	0	0	1	1	0	0
19	1	0	0	0	1	0	1	0
20	1	0	0	0	1	0	1	0
21	1	0	0	0				
22	1	0	0	0	1	0	1	0
23	1	0	0	0	1	0	1	0
24	1	0	0	0	1	0	1	0
25	1	0	1	0	1	0	0	0
26	1	0	0	0	1	0	1	0
27	1	0	1	0	1	0	0	0
28	1	0	1	0	1	0	0	0
29	1	0	0	0	1	0	1	0
30	1	0	0	0	1	0	0	0
31	1	0	0	0	1	0	1	0
32	1	0	0	0	1	0	1	0
33	1	0	0	0	1	0	1	0

Código da área	Ocorr. Natural SC1	Biodegrad. SC1	Bioacum SC1	POP	Ocorr. natural SC2	Biodegrad. SC2	Bioacum SC2	POP
34	1	0	0	0	0	0	0	0
35	1	1	0	0	1	1	1	0
36	1	1	1	0	1	1	1	0
37	1	0	0	0	1	0	0	0
38	1	0	0	0	1	0	1	0
39	1	1	0	0	1	0	0	0
40	1	0	0	0	1	0	0	0
41	1	1	0	0	1	0	1	0
43	1	1	0	0	1	1	0	0
44	1	0	0	0	0	0	0	0
45	1	0	0	0	0	0	0	0
47	1	0	0	0	1	1	1	0
48	1	0	1	0	1	1	0	0
49	1	0	1	0	1	1	0	0
50	1	0	0	0	1	0	1	0
51	1	0	1	0	1	0	1	0
52	0	1	1	0	1	1	0	0
53	1	0	0	0	1	0	0	0
54	1	0	0	0	1	0	0	0
55	1	0	0	0	0	0	0	0
56	1	0	1	0	1	1	0	0
57	1	0	0	0	1	0	1	0
58	1	0	1	0	1	0	0	0
59	1	0	0	0	0	0	0	0
60	1	1	0	0	1	0	1	0
61	1	0	1	0	1	1	0	0
62	1	0	0	0	1	0	1	0
63	1	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 26 Indicadores e Índices calculados

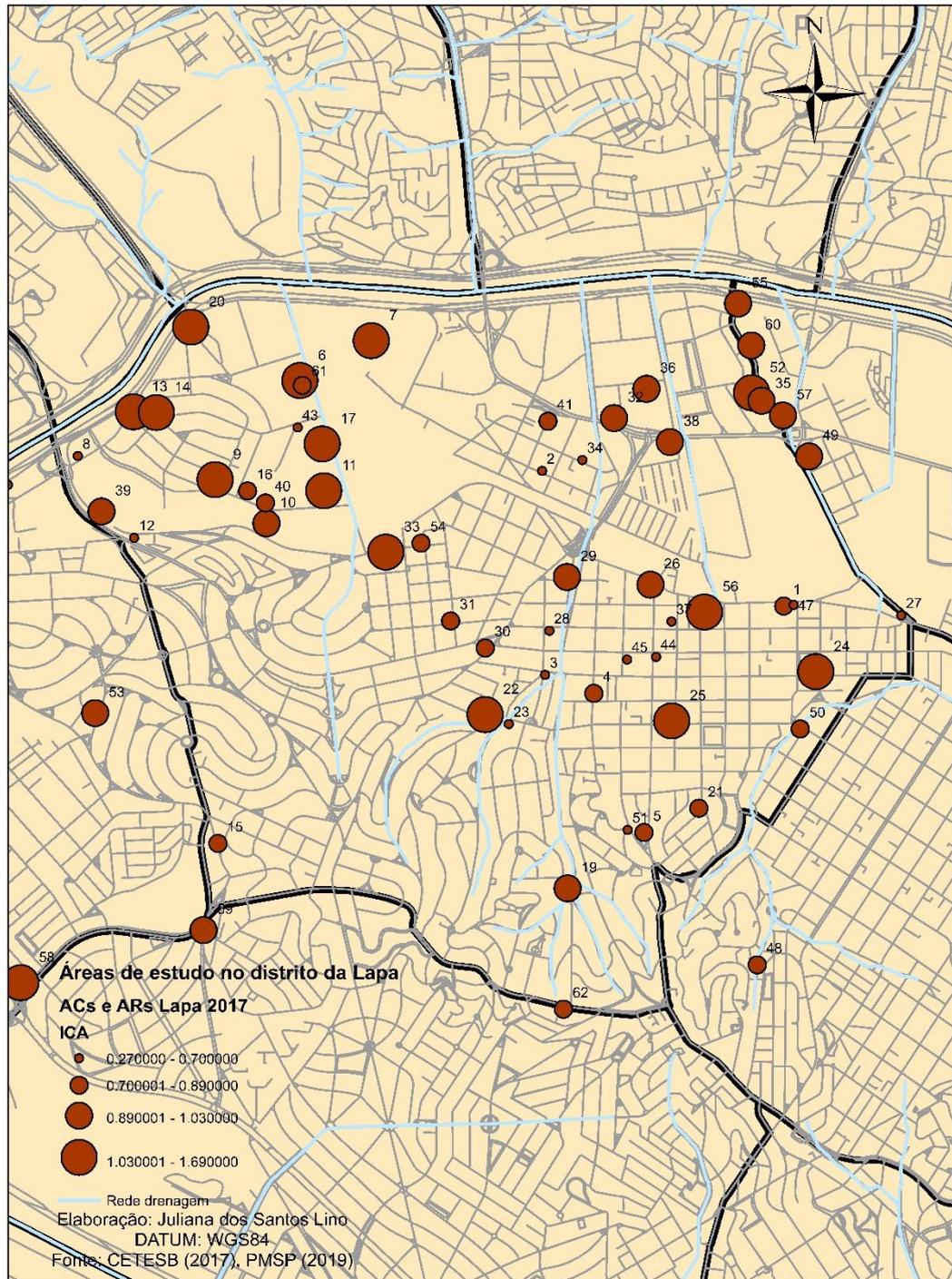
Código da área	ICS	IMA	ICAS	ICA	Classificação
1	0,073	2,5	0	0,86	moderado
2	0,061	0,5	0,25	0,27	baixo

Código da área	ICS	IMA	ICAS	ICA	Classificação
3	0,095	1,5	0,25	0,62	baixo
4	0,000	1,5	1	0,83	moderado
5	0,037	2	0,5	0,85	moderado
6	0,576	2,5	1,25	1,44	muito alto
7	1,072	3	1	1,69	muito alto
8	0,007	1,5	0,5	0,67	baixo
9	0,003	2,5	1	1,17	muito alto
10	0,096	2,5	0,5	1,03	alto
11	0,100	2,5	0,75	1,12	muito alto
12	0,091	1	1	0,70	baixo
13	0,000	3	0,5	1,17	muito alto
14	0,521	2,5	0,5	1,17	muito alto
15	0,068	2	0,25	0,77	moderado
16	0,096	1,5	0,75	0,78	moderado
17	0,336	2,5	0,5	1,11	muito alto
19	0,083	2	0,75	0,94	alto
20	0,432	2	0,75	1,06	muito alto
21	0,093	2	0,25	0,78	moderado
22	0,434	2,5	0,75	1,23	muito alto
23	0,063	0,5	0,75	0,44	baixo
24	0,260	2,5	0,75	1,17	muito alto
25	0,102	2,5	0,75	1,12	muito alto
26	0,116	2	0,75	0,96	alto
27	0,091	1	0,75	0,61	baixo
28	0,191	1	0,75	0,65	baixo
29	0,188	2	0,75	0,98	alto
30	0,064	2	0,5	0,85	moderado
31	0,098	1,5	0,75	0,78	moderado
32	0,091	2	0,75	0,95	alto
33	0,105	2,5	0,75	1,12	muito alto
34	0,035	1	0,25	0,43	baixo
35	0,229	1,5	1,25	0,99	alto
36	0,308	1	1,5	0,94	alto
37	0,067	1,5	0,5	0,69	baixo

Código da área	ICS	IMA	ICAS	ICA	Classificação
38	0,198	2	0,75	0,98	alto
39	0,337	2	0,75	1,03	alto
40	0,158	2	0,5	0,89	moderado
41	0,068	1,5	1	0,86	moderado
43	0,033	1	1	0,68	baixo
44	0,183	1,5	0,25	0,64	baixo
45	0,031	1,5	0,25	0,59	baixo
47	0,031	0,5	1	0,51	baixo
48	0,036	1,5	1	0,85	moderado
49	0,311	1,5	1	0,94	alto
50	0,096	1,5	0,75	0,78	moderado
51	0,091	0,5	1	0,53	baixo
52	0,252	2,5	1	1,25	muito alto
53	0,096	2,5	0,5	1,03	alto
54	0,128	2	0,5	0,88	moderado
55	0,099	2,5	0,25	0,95	alto
56	0,397	3	1	1,47	muito alto
57	0,153	2	0,75	0,97	alto
58	0,213	2,5	0,75	1,15	muito alto
59	0,108	2,5	0,25	0,95	alto
60	0,204	1,5	1	0,90	alto
61	0,075	1,5	1	0,86	moderado
62	0,127	1,5	0,75	0,79	moderado
63	0,061	1,5	0,25	0,60	baixo

Os resultados ICA, aplicado ao conjunto de dados foram espacializados e são apresentados em um mapa de círculos proporcionais na Figura 38, a seguir, em que, quanto maior o grau de contaminação, maior a representação do círculo.

Figura 38 Visualização do ICA aplicado ao conjunto de dados



Fonte: Elaborado pela autora

4.5.1 Análise dos parâmetros e das variáveis adotadas

As variáveis empregadas no cálculo do ICAS, indicados no Quadro 25, denominadas ocorrência natural, biodegradação, bioacumulação e poluente orgânico persistente, buscaram captar informações sobre o comportamento ambiental das substâncias avaliadas e transmitir essas condições em respostas sim ou não (0 e 1). Essas informações foram consultadas em bases de dados oficiais, que descrevem detalhadamente cada substâncias, fundamentadas em diversos estudos e evidências científicas. No Quadro 27, abaixo, estão descritas as informações sobre cada uma das bases consultadas.

Quadro 27 Bases de dados consultadas

Base	Descrição
Hazardous Substances Data Bank (HSDB)	É um banco de dados de toxicologia, que se concentra na toxicologia de substâncias químicas potencialmente perigosas. Ele fornece informações sobre exposição humana, cuidados industriais, procedimentos de manuseio de emergência, rotas ambientais, requisitos regulatórios, nanomateriais e áreas relacionadas. As informações no HSDB foram avaliadas por um Painel de Revisão Científica.
ATSDR ToxGuides™	São guias de referência rápida que fornecem informações como propriedades químicas e físicas, fontes de exposição, vias de exposição, níveis mínimos de risco, saúde infantil e efeitos adversos a saúde. Nos ToxGuides™ também é discutido como a substância pode interagir no ambiente. Os ToxGuides™ foram desenvolvidos pela Divisão de Toxicologia e Ciências da Saúde Humana da ATSDR. As informações são extraídas dos perfis toxicológicos correspondentes.
eChemPortal	Mantido pela OCDE, permite a busca simultânea de relatórios e conjuntos de dados de substâncias químicas por nome, número, por propriedade química e por classificação. É possível ter acesso a informações sobre riscos e perigos associados a uma substância, além de informações sobre exposição e uso de produtos químicos.
Ficha de Informação Toxicológica (FIT)	Elaborada pela equipe da Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental da CETESB, reúne informações resumidas sobre usos e ocorrência, comportamento nos meios e toxicidade de substâncias químicas no ambiente, além de informações relacionadas a legislação pertinente.

Fonte: AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2021; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, [S.d.]; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2022; UNITED STATES NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE, 2022

Ainda no que se refere a variável intitulada Ocorrência natural, Kowalska et. al (2018), destaca que o cálculo de índices de poluição do solo requer uma avaliação do fundo geoquímico, ou seja, avaliar e distinguir as concentrações

naturais de metais pesados no solo das concentrações anormais. A existência dessa variável tem o objetivo de aumentar a pontuação para substâncias que não são naturalmente encontradas no meio em que foram identificadas (KOWALSKA et al., 2018).

Para a substância Benzo(b)fluoranteno não foram encontradas informações sobre a biodegradação no ambiente avaliado e sobre o a bioacumulação, contudo, a substância é classificada como extremamente toxica em ambientes aquáticos e por isso recebeu pontuação 1 em todos os parâmetros.

O ICS e o ICAS abrangem os aspectos de até duas substâncias para cada uma das áreas as quais foram aplicados, embora, em algumas áreas, existiam um número maior de substâncias contaminantes acima dos valores de intervenção ou dos valores de prevenção. A variável Fator de Substâncias, parâmetro do ICS, representa o número total de substâncias identificadas na área, com o objetivo de incluir esse importante dado ao resultado do ICS. Contudo, os indicadores desenvolvidos, bem como ferramentas de Análise de Risco, não consideram os aspectos relacionados ao sinergismo ou antagonismo que pode ocorrer entre as substâncias.

Segundo Preston et al., (2000), em ecossistemas contaminados, sejam eles aquáticos ou terrestres, a contaminação consiste em uma combinação de poluentes, não apenas um único poluente. Chirakkara et al. (2014) destaca que em diversas áreas contaminadas em todo o mundo existe uma mistura de contaminantes orgânicos e de metais pesados, contudo muitas tecnologias de remediação disponíveis visam degradar ou imobilizar apenas um tipo particular de contaminante (CHIRAKKARA; REDDY, 2014; PRESTON et al., 2000).

Apesar disto, como resultado de restrições temporais e financeiras, os testes de toxicidade habitualmente avaliam os efeitos de um único poluente sobre um organismo alvo, após um tempo de exposição específico e sob condições ambientais controladas. Contudo diversas interações podem ocorrer quando os organismos são expostos a diferentes poluentes ao mesmo tempo. Estas interações podem ser descritas como aditivas, sinérgicas ou antagônicas. Efeitos aditivos surgem quando a toxicidade da mistura é igual à soma das toxicidades dos componentes individuais. Já nos casos das interações sinérgicas ou antagônicas, estas aparecem quando a toxicidade da mistura é maior ou menor que a soma das toxicidades dos componentes individuais, respectivamente. Tradicionalmente, e a

menos que haja evidências em contrário, as autoridades estabelecem regulamentações assumindo que concentrações aceitáveis de poluentes podem ser tratadas independentemente, mesmo quando estão presentes em misturas (PRESTON et al., 2000).

Ainda conforme Preston et al., em estudo conduzido em 2000, que buscou avaliar a toxicidade dos metais Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Cádmio (Cd), de forma isolada ou em combinação, empregando dois bioindicadores microbianos diferentes, *Escherichia coli* e *Pseudomonas fluorescens*. Os resultados obtidos indicaram que interações sinérgicas significativas ocorreram entre os efeitos tóxicos das combinações de Zn e Cu e Cd, evidenciando que a toxicidade das combinações de poluentes foi maior do que o previsto pela adição das toxicidades individuais.

De acordo com publicação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e *World Health Organization* (WHO) de 2009, são relatados quatro tipos de efeitos combinados ou interações entre poluentes: a adição de doses, em que a toxicidade de diferentes substâncias é provocada pelo mesmo mecanismo de ação, e ao ocorrer uma exposição a uma mistura dessas substâncias, a toxicidade pode ser provocada, mesmo sendo considerada baixa a exposição, para cada substância individualmente; a adição de resposta, nesta interação, tanto as substâncias têm diferentes mecanismos de ação como a exposição individual à substância tem que ser suficiente para provocar uma resposta, sem o envolvimento de outra substância; o sinergismo, que ocorre quando o efeito da combinação é maior do que o previsto pela atividade somada de cada componente individualmente, no mesmo nível de exposição que ocorre na mistura, as interações podem aumentar a atividade da substância tóxica no organismo alvo; e o antagonismo, em que a interação pode diminuir a toxicidade do composto ativo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2009).

Por meio de um estudo de revisão bibliográfica publicado em 2017, os autores relatam que combinações de pesticidas com pesticidas, pesticida com metais pesados, e metais pesados com metais pesados atuam sinergicamente (SINGH et al., 2017). Lagunas-Rangel et al, em estudo publicado em 2022, indica que ações sinérgicas entre contaminantes ambientais são de natureza diferente, conforme o tipo de interação que é desenvolvido. Dois compostos podem produzir

efeitos semelhantes, que são potencializados. Outra forma em que estas interações podem ocorrer se dá quando um dos compostos pode danificar células e torná-las mais vulneráveis aos efeitos carcinogênicos. Uma das primeiras interações sinérgicas associadas a poluentes ambientais descritas, ocorre com a mistura de amianto e fumaça do cigarro, que promove o desenvolvimento de câncer de pulmão. Descobriu-se que a fumaça do cigarro aumenta a absorção e a retenção das fibras de amianto nas células epiteliais traqueais. O comportamento sinérgico entre o Benzo(a)pireno e o PAH oxigenado também já é conhecido. A relação entre essas substâncias induz a um aumento nas quebras de DNA, provocando um aumento no potencial carcinogênico do Benzo(a)pireno (LAGUNAS-RANGEL et al., 2022). O desenvolvimento de ferramentas que permitam considerar as diferentes interações que ocorrem entre as substâncias contaminantes, dada uma determinada matriz ambiental, podem ser abordados em trabalhos futuros.

Importante ressaltar que não foram incluídas informações sobre o potencial carcinogênico das substâncias, haja vista que o objetivo desta classificação não é considerar o risco à saúde humana, mas a alteração ambiental causada a uma determinada área, considerando as modificações provocadas ao ambiente em decorrência da contaminação. Adicionalmente, na Avaliação de Risco à Saúde Humana, que é uma ferramenta consolidada e amplamente empregada no gerenciamento de áreas contaminadas, essa informação já é contemplada.

4.5.2 Análise da aplicação do ICA ao conjunto de dados

A técnica para efetuar a classificação dos resultados do ICA, apresentado no Quadro 26, foi a separação por quartis, dividindo assim o conjunto em 4 partes iguais. Desta forma, para cada classe (baixo, moderado, alto e muito alto) obteve-se um conjunto de 15 áreas.

As áreas que se encontram no último quartil, cujo ICA indica “muito alto” foram as seguintes áreas: 6, 7, 9, 11, 13, 14, 17, 20, 22, 24, 25, 33, 52, 56 e 58. Em todas essas áreas havia contaminação de duas ou mais matrizes ambientais; em todas havia a presença de restrição ao uso de águas subterrâneas; o polígono de restrição era maior que a área do terreno; e em 10 áreas a contaminação excedia os limites do site. A origem da contaminação em 7 áreas era proveniente de atividades industriais e 8 atividades relacionadas a postos de combustível.

Apesar do objetivo da classificação da CVS não ser o mesmo do proposto nesta pesquisa, das 15 áreas que o ICA considerou muito alto, 10 áreas são consideradas como grau 3 de prioridade na classificação da CVS.

A classificação que aponta alto comprometimento ambiental, referente as áreas que estão no terceiro quartil, é composto pelo seguinte conjunto de áreas: 10, 19, 26, 29, 32, 35, 36, 38, 39, 49, 53, 55, 57, 59 e 60. Deste conjunto, 8 áreas possuem grau 3 e 4, grau 2 na priorização da CVS. Nestas áreas, o número total de substâncias contaminantes identificadas varia entre 4 e 13 substâncias. Em 10 áreas existe contaminação em duas matrizes ambientais diferentes.

As áreas que compõe o segundo quartil e que foram classificadas, conforme os resultados do ICA, como comprometimento moderado foram as seguintes: 1, 4, 5, 15, 16, 21, 30, 31, 40, 41, 48, 50, 54, 61 e 62. Destas, 8 áreas estavam em processo de monitoramento para encerramento e em processo de reutilização conforme relatório da CETESB. Quando comparado aos resultados do mecanismo de priorização da CVS, 5 áreas receberam a pontuação 3 e, 2 áreas a pontuação 2. A medida de controle institucional de restrição ao uso de águas subterrâneas estava presente em todas as áreas.

Das áreas classificadas com baixa contaminação pelo ICA, 3 áreas apresentavam relatórios com informações incompletas, influenciando os parâmetros avaliados. Em nenhuma das áreas era indicada a presença de contaminação no solo. No subsolo, a contaminação estava presente apenas em 3 áreas. Em nenhuma das áreas a contaminação excedeu os limites do terreno. Importante ressaltar que 8 áreas se encontravam com o *status* de Reabilitada para o Uso Declarado e 4 em Monitoramento para Encerramento, segundo a classificação adotada pela CETESB.

A classificação proposta nesse estudo se baseou nos princípios dos indicadores de sustentabilidade e buscou expressar e comunicar quanto uma determinada área foi alterada, em decorrência das atividades que nela foram desenvolvidas. Buscou-se indicar um grau de comprometimento, considerando todas as matrizes ambientais envolvidas, e se difere da priorização, citada no Manual de Áreas Contaminadas da CETESB (CETESB, 2001), que busca quantificar o risco que a contaminação, em uma determinada área, pode gerar aos bens a proteger, identificados no momento da elaboração da avaliação e considerando as possíveis rotas de exposição.

O índice, busca favorecer o processo de comunicação e educação ambiental sobre dados de ACs. Poderá, ainda, auxiliar na percepção da evolução de uma área dentro do contexto do GAC, uma vez que adicionaria informação sobre como o adequado planejamento e aplicação de tecnologias para remediação atuam reduzindo, significativamente, os impactos as matrizes ambientais afetadas. Desta forma, uma dada área que foi inicialmente classificada como Classe 4, em que o comprometimento ambiental é muito alto poderia apresentar um *downgrade* ao longo do tempo, chegando à classe 1, baixo, ou 2, moderado, por exemplo. Assim sendo, o ICA, se aplicado, poderia contribuir nas ações de monitoramento realizadas pelo GAC.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em relatório publicado em 2017, considera que os recursos do solo são componentes essenciais da base de ativos naturais da economia e dos ecossistemas. Eles são críticos para a produção de alimentos e outras biomassas, apoiam atividades recreativas e, de forma mais geral, fornecem uma base física para todas as atividades econômicas. A forma como o solo é usado e gerido influencia tudo no ambiente, gerando impactos na biodiversidade, bem como nos serviços ecossistêmicos (DIOGO; KOOMEN, 2016). Todavia, consultando o banco de dados de indicadores, o OECD.Stat, e buscando pelos indicadores ambientais, são encontrados dois indicadores, dentro da classe solo, *Land resources: land cover* (cobertura do solo) e *land use* (uso do solo). O primeiro se refere a forma de ocupação solo, oferecendo dados como a ocupação espacial, construções, águas superficiais e florestas. O segundo, aborda o uso do solo na agricultura. Em nenhum dos dois indicadores há presença de dados sobre áreas contaminadas (OECD, 2022) .

A Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) do estado de São Paulo, em seu endereço eletrônico, oferece inúmeros dados, entretanto, estes abrangem as dimensões sociais e econômicas, além de dados demográficos. Não há, portanto, dados ambientais disponíveis.

Já existem, atualmente, discussões relacionando indicadores de qualidade do solo a áreas contaminadas, como no presente estudo, porém dentro do contexto da temática de serviços ecossistêmicos. Estudo conduzido por Drobnik et al., (2018), realizado no Cantão de Zurique, região nordeste da Suíça, traz as áreas contaminadas como uma das variáveis envolvidas no indicador de qualidade do

solo. O estudo utiliza a metodologia índice BOKS, que foi desenvolvido para aplicação na região metropolitana de Stuttgart, no sul da Alemanha. Baseia-se em um total de seis atributos, que são usados para caracterizar a qualidade do solo. O autor destaca que o diferencial desta metodologia está no fato de considerar fatores naturais e antropogênicos para composição do índice final de qualidade do solo. Quatro dos seis atributos pertencem aos fatores naturais: adequação para vegetação natural e culturas cultivadas; regulação do ciclo da água; capacidade de filtrar e vedar a passagem de contaminantes; e arquivar a história cultural e natural. Os dois atributos antropogênicos restantes incluem áreas contaminadas e nível de impermeabilização do solo. Cada atributo é normalizado de 0 (não existe) a 5 (muito bom).

Em um trabalho de revisão sobre índices de poluição, para avaliação do grau de contaminação do solo, Kowalska et al., esclarece que os índices de poluição são considerados, amplamente, como uma ferramenta útil para uma avaliação holística do grau de contaminação. Além disso, podem ter uma grande importância na avaliação da qualidade do solo e na previsão da sustentabilidade futura de um ecossistema, especialmente no caso de áreas agrícolas. Outra informação relevante é o caráter abrangente da avaliação da qualidade do solo por meio de índices, que oferece a possibilidade de estimar o risco ambiental, bem como o grau de degradação do solo. Os índices, podem auxiliar ainda, na determinação da hipótese se o acúmulo de metais pesados foi devido a processos naturais ou foi resultado de atividades antrópicas (KOWALSKA et al., 2018).

A Agência Ambiental Europeia (AAE), concebeu uma série de indicadores ambientais com a finalidade de responder questões políticas e oferecer apoio científico aos tomadores de decisão. Os indicadores adotados são classificados da seguinte forma:

- Indicadores descritivos (Tipo A): O que está acontecendo?
- Indicadores de desempenho (Tipo B): Isso é importante? Estamos atingindo as metas?
- Indicadores de eficiência (Tipo C): Estamos melhorando?
- Indicadores de eficácia das políticas (Tipo D): As medidas estão funcionando?
- Indicadores de bem-estar total (Tipo E): Estamos, no geral, em uma situação melhor?

Segundo o relatório de Indicadores da AAE, atualmente existem 120 indicadores ambientais, abrangendo 22 tópicos, objetivando oferecer uma base gerível e estável para avaliação do progresso em relação às prioridades definidas na política ambiental da UE. Dentre esse conjunto de indicadores, os indicadores relacionados ao solo são os seguintes: ocupação do solo; umidade do solo; impermeabilidade e mudanças de impermeabilidade do solo; carbono orgânico no solo; e progressos na gestão de áreas contaminadas (PAYA PEREZ; RODRIGUEZ EUGENIO, 2018).

O indicador "progressos na gestão de áreas contaminadas" é publicado regularmente e tem o objetivo de verificar se os países europeus estão realizando progressos na gestão da contaminação do solo. O indicador mostra o progresso em quatro etapas-chave da gestão de ACs: estudo preliminar/identificação da área; investigação preliminar; investigação da área principal; e a implementação de medidas de redução de risco. Além disso, o indicador relata os custos para a sociedade da gestão de ACs, as principais atividades responsáveis pela contaminação do solo e os resultados da gestão de áreas contaminadas (EEA, 2019). Desta forma, a contaminação do solo é vista como parte integrante das avaliações de qualidade ambiental, não um problema isolado.

Conforme mencionado anteriormente no tópico sobre desenvolvimento sustentável, presente no referencial teórico, a temática das áreas contaminadas, está fortemente associada aos ODS. Conseqüentemente, os indicadores e o índice desenvolvidos neste trabalho podem contribuir significativamente, como uma ferramenta mensurável aos avanços no gerenciamento de áreas contaminadas dos municípios, frente as metas estabelecidas pelos ODS. No Quadro 28, estão descritos quais metas dos ODS são impactadas com as ACs.

Quadro 28 ODS impactados pelas ACs

Objetivo	Definição	Meta
3 Saúde e bem-estar	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades	3.9 - Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar, água e do solo
6 Água potável e saneamento	Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos	6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas,

Objetivo	Definição	Meta
		florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.
11 Cidades e comunidades sustentáveis	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis	11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros
12 Consumo e produção responsáveis	Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis	12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente
15 Vida terrestre	Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade.	15.3 Até 2030, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo

Fonte: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2022

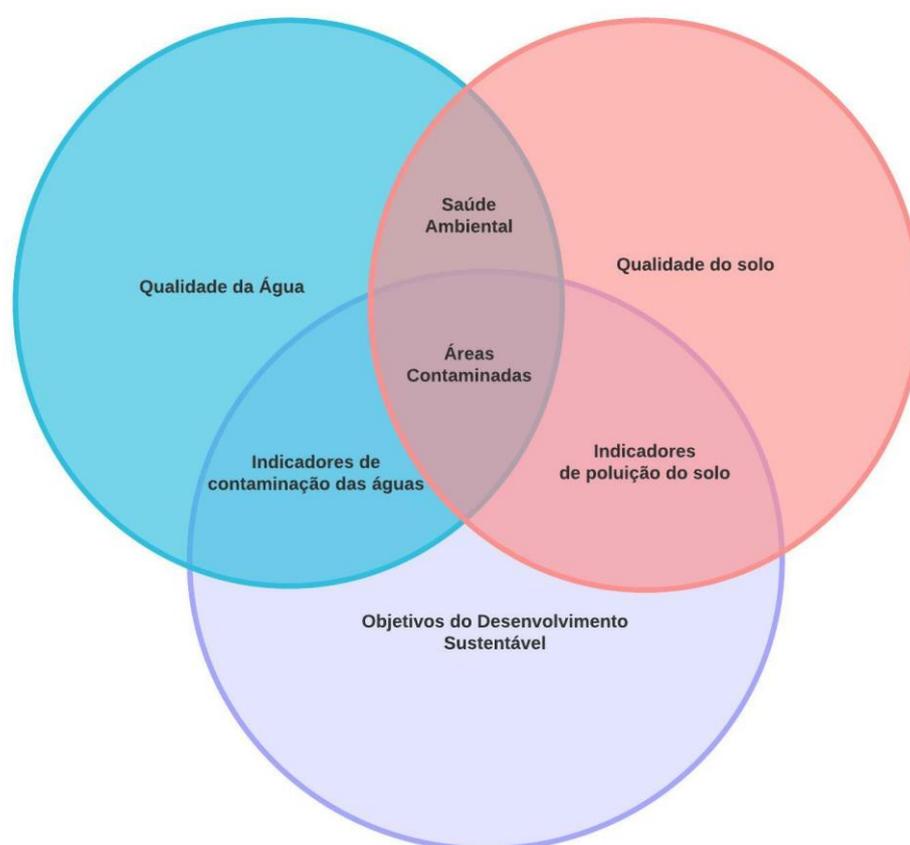
No objetivo 3 está expressa a meta de redução da poluição do solo, logo é necessária a existência de mecanismos que indiquem qual o *status* da poluição do solo nos municípios, como indicadores de qualidade do solo. No objetivo 6, existe o compromisso de proteger e restaurar aquíferos e, considerando que em diversas ACs existe a contaminação das águas subterrâneas simultaneamente ao solo, como foi evidenciado no presente estudo, podemos concluir que é imprescindível o desenvolvimento de ferramentas capazes de captar e mensurar esses fenômenos ambientais. O objetivo 11, embora não faça menção direta a contaminação do solo, aborda-se a necessidade de redução do impacto ambiental causado pelas cidades, tais como a geração de resíduos, sendo o descarte de resíduos de forma irregular, um originador de ACs. O ODS 12 traz a reflexão sobre o manejo de substâncias

químicas e o descarte dos resíduos de forma ambientalmente correta, impedindo a liberação destes para o solo, outro fator gerador de ACs. Existe ainda relação com o ODS 15, Vida Terrestre, pois apesar de a contaminação não estar presente em todo solo classificado como degradado, todo solo contaminado está degradado. (UNITED NATIONS, 2021).

Considerando essa relação entre as ACs e os ODS, o índice desenvolvido no presente trabalho poderá, ainda, contribuir como um indicador ou como parâmetro para trabalhos futuros, que objetivem a composição de indicadores relacionados 5 ODS citados.

Na Figura 39, apresentada abaixo, é ilustrado, por meio de um diagrama, as diversas relações das ACs, com os temas aqui apresentados.

Figura 39 Relações das ACs



Elabora pela autora

Como é possível identificar no diagrama acima, as ACs são um tema multidisciplinar, permeando diversas áreas do conhecimento e que podem impactar a qualidade ambiental dos municípios. Há ainda a associação das ACs com a temática dos serviços ecossistêmicos e das limitações na oferta desses serviços

que uma área contaminada possui. O tema não foi abordado neste estudo, mas poderá ser feito em trabalhos futuros.

O objetivo deste trabalho, alcançado com o desenvolvimento da metodologia alvo de discussão neste tópico, visou contribuir para as ações de monitoramento do gerenciamento de áreas contaminadas, atuando como uma ferramenta que auxilie os cidadãos a compreender melhor a qualidade ambiental da cidade em que vivem e para um futuro mais sustentável.

CONCLUSÕES

Observou-se, nesta análise, como o número de áreas contaminadas, no município, vem aumentando ao longo dos anos. Entretanto, entende-se que este dado não representa um efeito negativo. Identificar áreas que precisam de intervenção para reintegrarem o espaço urbano é fundamental para garantir a sustentabilidade nos processos de uso e ocupação do solo.

Os mecanismos legais, atualmente existentes para a identificação de áreas contaminadas, começam a apresentar uma característica mais preventiva do que apenas de remediação do dano, após a publicação das resoluções da SMA solicitando investigações em regiões pré-determinadas. Essas regiões se caracterizam justamente pela forte presença, em tempos passados, de parques industriais. Inclusive, algumas regiões possuíam, em um passado recente, a classificação de Zonas de Uso Predominantemente Industrial – ZUPI na lei de zoneamento.

Os relatórios de áreas contaminadas publicados pela CETESB, de 2002 a 2020 carregam, de forma significativa, o reflexo da legislação de regulamentação dos postos de combustíveis. Isso gera um entendimento que o principal fator gerador de áreas contaminadas é a atividade dos postos de combustíveis, entretanto as obrigatoriedades que foram atribuídas aos postos, relativas aos procedimentos de licenciamento ambiental, só posteriormente foram estendidas aos demais empreendimentos.

Com a iniciativa da SMA de estabelecer que as indústrias, cujas atividades são potencialmente formadoras de áreas contaminadas, façam investigações em seus sítios, objetivando verificar a possibilidade de contaminação, os próximos relatórios de áreas contaminadas, a serem publicados, apresentarão dados mais completos sobre a realidade e sobre a extensão das áreas contaminadas. Essa informação será de extrema importância para melhoria no desenvolvimento de políticas públicas urbanas e para o gerenciamento destas áreas, buscando sua revitalização.

Cabe uma crítica à Secretaria do Verde e do Meio Ambiente do município de São Paulo ao não deixar disponível o histórico das áreas contaminadas, uma vez que a divulgação do último relatório sempre é feita com a simultânea remoção do

relatório imediatamente anterior. Essa atitude impossibilita o confronto dos dados no tocante ao estudo da evolução das ACs, objeto de estudo neste trabalho, assim como a comparação com os resultados divulgados pela Agência Ambiental estadual.

De acordo com as informações encontradas no estudo avaliando cinco distritos do município de São Paulo, o processo de revitalização e remediação está acontecendo em todos os distritos avaliados, porém em Santo Amaro o processo é mais evidente. É a mesma região cujo valor do metro quadrado é o mais alto, além de apresentar o maior percentual de áreas contaminadas com risco confirmado. Os dados também mostraram que a matriz ambiental mais afetada nas áreas estudadas é a Água Subterrânea. A existência de um elevado número de áreas contaminadas pode impactar o uso das águas subterrâneas para abastecimento público.

Reconhecer a realidade dos municípios, bem como sua história é muito importante para a criação de políticas públicas abrangentes. Estudos locais são imprescindíveis, pois, em uma grande cidade como São Paulo, os bairros e distritos podem apresentar diferentes realidades, originadas no histórico de uso e ocupação do solo, como Santo Amaro e Cambuci, dois típicos distritos industriais, avaliados nesta pesquisa. Essa diferença significa respostas diferentes nas estratégias públicas para a revitalização de áreas contaminadas.

Sustentabilidade é pensar no futuro, discutir agora, o que e como as pessoas estão administrando o planeta, para garantir que os recursos estejam disponíveis para as próximas gerações. O uso do solo urbano é um tema essencial dentro deste contexto, pois pode impactar questões relacionadas à habitação, produção de alimentos e disponibilidade de recursos naturais.

Para desenvolver políticas públicas sustentáveis, os governos devem basear as ações em dados. Assim sendo, a existência de ferramentas que forneçam dados referentes à saúde ambiental dos municípios é imprescindível, auxiliando o planejamento urbano.

São Paulo é uma megacidade e oferece diretrizes para todas os municípios do Brasil. O município possui um número significativo de áreas contaminadas, sendo necessário melhorar a gestão e comunicação dessas informações. A pesquisa evidenciou que os distritos de Santo Amaro, Ipiranga, Lapa e Campo Grande apresentam o maior número de áreas contaminadas no município. No entanto, por meio de um indicador desenvolvido nesta pesquisa, o IAC, foi possível

destacar um outro distrito, Santa Cecília, que possui um número de áreas contaminadas relativamente menor se comparado a outros distritos. Contudo, ao se observar a relação desse número com a área territorial total do distrito, o resultado é significativo. Distritos que apresentam tais características precisam de mais atenção, nas questões referentes à legislação de zoneamento e de uso das águas subterrâneas.

O Índice de Contaminação Ambiental, cujo resultado gerou a classificação proposta, buscou capturar e apresentar as alterações ambientais ocorridas em uma determinada área de forma simples e objetiva, contribuindo na compreensão dos diferentes níveis de contaminação existentes nas áreas, e favorecendo a comunicação com partes interessadas que não estão envolvidas nos processos de gerenciamento e remediação desses locais. Poderá contribuir ainda, como parâmetro, na composição de futuros indicadores de qualidade do solo urbano, inexistentes até o momento.

Uma forma de atingir os ODS, garantindo o uso sustentável da cidade, é aumentar a capacidade de gestão dos dados ambientais. O indicador e o índice elaborados nesse trabalho foram desenvolvidos com esse objetivo, fornecer informações para uma cidade resiliente e sustentável.

É imprescindível trazer a questão das áreas contaminadas para a realidade ambiental do município, não apenas discutindo os processos de reutilização e remediação para os usos pretendidos. Precisamos considerar os impactos às águas subterrâneas e as limitações que são impostas aos recursos, mesmo quando da reabilitação da área, para que possamos formar uma opinião mais embasada sobre a qualidade ambiental do município. A principal contribuição que o presente trabalho buscou oferecer é despertar a consciência para novas formas de explorar os dados das áreas contaminadas, ampliando o conhecimento sobre as questões ambientais da cidade.

As áreas contaminadas são debatidas hoje, considerando a forma que os dados são publicados e os trabalhos que são encontrados sobre o tema, mediante duas abordagens. Uma que se refere as tecnologias de remediação disponíveis, mais atuais, e cuja eficiência é comprovada, a fim de se atingir as metas estabelecidas para o uso pretendido. Discute-se as técnicas, como elaborar o modelo conceitual, que será norteador em todo o processo de escolha e adoção das tecnologias de remediação. O outro aspecto é no que se refere aos processos

de reutilização. São destacados nos relatórios da CETESB o número de áreas reabilitadas, as que tiveram mudança de uso, e já existem também trabalhos sobre a importância do processo de revitalização para o município, a importância da reutilização dos espaços, em prol da diminuição na pressão sobre novas áreas. São duas abordagens relevantes e importantes à cidade.

Contudo, as dimensões associadas as áreas contaminadas vão além desses tópicos, é importante que se estabeleça outras formas de se olhar para essas informações, de enxergar esses dados. A visão das áreas contaminadas, sob a ótica de indicadores é algo novo para a realidade brasileira e, ao mesmo tempo, ela se relaciona a outros estudos, como os indicadores de qualidade dos solos e os indicadores adotados nos ODS. Estabelecer e adotar indicadores ajuda na mensuração de quão longe nós estamos dos ODS, no que se refere a contaminação do solo.

Enxergar as áreas contaminadas sob as lentes da sustentabilidade, trará riqueza ao debate das questões ambientais e auxiliará no desenvolvimento de políticas públicas e de incentivos ao gerenciamento destas.

REFERÊNCIAS

- ABASI, C.; INENGITE, A. K.; ABASI, C. Y.; WALTER, C. Application of Pollution Indices for the Assessment of Heavy Metal Pollution in Flood Impacted Soil. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, v. 8, n. 3, p. 175–189, 2015. Disponível em: www.sciencedomain.org/completepeerreviewhistory:http://www.sciencedomain.org/review-history.php?iid=1051&id=7&aid=9449. Acesso em: 04 jul. 2022.
- ABNT, A. B. de N. T. *Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas: NBR 16209*. 1. ed., Rio de Janeiro: [s.n.], 2013a. 46 p.
- ABNT, A. B. de N. T. NBR 15515-1 Passivo ambiental em solo e água subterrânea Parte 1: Avaliação preliminar. Brasil, p. 51, 2011.
- ABNT, A. B. de N. T. *NBR 16210 Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas — Procedimento*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013b. 4 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, G. N. e B. A. *Consulta posto web: revendedor varejista de combustíveis automotivos em operação*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/revendedor/combustiveis-automotivos-1/consulta-posto-web>
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. *ToxGuides™ - Letter A / ATSDR*. Disponível em: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxGuides/ToxGuidesLanding.aspx>. Acesso em: 19 maio 2022.
- ALHARBI, B. H.; PASHA, M. J.; ALHUDHODI, A. H.; ALDUWAIS, A. K. Assessment of soil contamination caused by underground fuel leakage from selected gas stations in Riyadh, Saudi Arabia. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, v. 27, n. 8, p. 674–691, 17 nov. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327757927_Assessment_of_soil_contamination_caused_by_underground_fuel_leakage_from_selected_gas_stations_in_Riyadh_Saudi_Arabia
- ALVES, D. J. *História dos Bairros Paulistanos: Cambuci*. Disponível em: http://almanaque.folha.uol.com.br/bairros_cambuci.htm. Acesso em: 01 maio 2022.
- ANDRIĆ, I.; PINA, A.; FERRÃO, P.; FOURNIER, J.; LACARRIÈRE, B.; LE CORRE, O.; SCHIEFLER, A. A.; TOBLER, D. J.; OVERHEU, N. D.; TUXEN, N. Extent of natural attenuation of chlorinated ethenes at a contaminated site in Denmark. *Energy Procedia*, v. 146, p. 188–193, 2018. Disponível em: www.sciencedirect.com/Availableonlineatwww.sciencedirect.comwww.elsevier.com/locate/procedia1876-6102www.sciencedirect.comwww.elsevier.com/locate/procedia. Acesso em: 30 abr. 2022.
- ARIAS ESPANA, V. A.; RODRIGUEZ PINILLA, A. R.; BARDOS, P.; NAIDU, R. Contaminated land in Colombia: A critical review of current status and future approach for the management of contaminated sites. *Science of The Total Environment*, v. 618, p. 199–209, 15 mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717329686>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- ATKINSON, G.; GROOM, B.; HANLEY, N.; MOURATO, S. Environmental Valuation and Benefit-Cost Analysis in U.K. Policy. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, v. 9, n. 1, p. 97–119, 1 mar. 2018. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-benefit-cost->

- analysis/article/environmental-valuation-and-benefitcost-analysis-in-uk-policy/B25C9002583146A294D9B1C1443B5E58. Acesso em: 06 set. 2022.
- ATSDR, A. for T. S. and D. R. **Polychlorinated Biphenyls - ToxFAQs**. Atlanta: [s.n.], jul. 2014. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/index.asp>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- ATSDR, A. for T. S. and D. R. **Resumen de Salud Pública Hidrocarburos Totalel de Petróleo**. Disponível em: www.atsdr.cdc.gov/es. Acesso em: 27 abr. 2022.
- ATSDR, A. for T. S. and D. R. **Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons**. [S.l.: s.n.], 1995. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- BARBOSA, M.; BERTOLO, R. A.; HIRATA, R. A Method for Environmental Data Management Applied to Megasites in the State of Sao Paulo, Brazil. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 9, p. 322–338, 2017. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/jwarp>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- BARROS, A. M. S. **Formação e desenvolvimento do parque industrial paulista segundo as informações censitárias e as pesquisas industriais anuais**. 2011. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BARTKE, S.; MARTINÁT, S.; KLUSÁČEK, P.; PIZZOL, L.; ALEXANDRESCU, F.; FRANTÁL, B.; CRITTO, A.; ZABEO, A. Targeted selection of brownfields from portfolios for sustainable regeneration: User experiences from five cases testing the Timbre Brownfield Prioritization Tool. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 94–107, 2016.
- BERTOLO, R.; HIRATA, R.; CONICELLI, B.; SIMONATO, M.; PINHATTI, A.; FERNANDES, A. Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala? **Revista DAE**, v. 63, n. 199, p. 6–17, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276889992>. Acesso em: 21 maio 2018.
- BORBA, V. A. M. , 2019. . [S.l.: s.n.]
- BORDO, A. A. Os eixos de desenvolvimento e a estruturação urbano-industrial do estado de São Paulo, Brasil. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, v. 9, n. 194, , 1 ago. 2005. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-79.htm>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- BORKIN, D.; NÉMETHOVÁ, A.; MICHALČONOK, G.; MAIOROV, K. Impact of Data Normalization on Classification Model Accuracy. **Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology**, v. 27, n. 45, p. 79–84, 1 set. 2019. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/rput-2019-0029>. Acesso em: 02 maio 2022.
- BRAGA, R. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e o zoneamento urbano. In: BRAGA, R. **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal, 2001. p. 95–109.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasil, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 11 mar. 2019.
- BRASIL. Decreto nº 5472, de 20 de junho de 2005, Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22 de maio de 2001. Brasília, 20 jun. 2005.
- BRASIL. **Guia para o inventário nacional de bifenilas policloradas (PCB) em**

- equipamentos elétricos.** Brasília: [s.n.], 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3836249-Guia-para-o-inventario-nacional-de-bifenilas-policloradas-pcb-em-equipamento-eletricos.html>
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 28 mar. 2022.
- BRASIL. Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003. **Diário Oficial da União.** Brasília, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.650.htm. Acesso em: 28 jun. 2019.
- BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Brasília, 10 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 16 set. 2022.
- BRASIL. **Portal da Qualidade das Águas.** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>. Acesso em: 24 jun. 2022.
- BRASIL. **Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas.** Brasília: [s.n.], jan. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/ProgramaNacionaldeRecuperaodereasContaminadas.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2021.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**, 274, p. 1–3, 29 nov. 2000. a. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolucao_Conama_274_Balneabilidade.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.
- BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 273, de 29 de novembro de 2000. Brasília, 2000. b. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=271. Acesso em: 28 mar. 2022.
- BRASIL. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 420. **Diário Oficial da União nº 249.** Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>
- BRASIL. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. **Diário Oficial da União**, 491, p. 155, 19 nov. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603. Acesso em: 29 jun. 2022.
- BRAVI, M.; ROSSI, S.; TALARICO, A. Valuation of brownfields recovery through the Real Options Theory, GEAM. **Geingegneria Ambientale e Mineraria**, v. 141, n. 1, p. 42–50, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277952719_Bravi_M_Rossi_S_Talarico_A_Valuation_of_brownfields_recovery_through_the_Real_Options_Theory_GEAM_Geingegneria_Ambientale_e_Mineraria_141_pp_42-50_2014_ISSN_1121-9041. Acesso em: 06 set. 2022.
- BRIASSOULIS, H. Sustainable Development and its Indicators: Through a (Planner's) Glass Darkly. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 44, n. 3, p. 409–427, maio. 2001. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09640560120046142>. Acesso em: 02 maio 2022.
- BRILHANTE, O.; FRANCO, R. Avaliação da contaminação e identificação das rotas ambientais de exposição ao HCH, ao DDT e aos metais na Cidade dos Meninos, Amapá, Figueiras e Pilar, área metropolitana do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 55–78, 2007. Disponível em: http://www.cadernos.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2007_1/artigos/IESC_2007-

- 01_Artigo_4.pdf. Acesso em: 06 ago. 2018.
- BRILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. de A. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. 2. ed., Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1999. 1–155 p.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT'S. **National Classification System for Contaminated Sites Guidance Document**. Quebec: [s.n.], 2008. 81 p. Disponível em: www.ccme.ca. Acesso em: 01 set. 2019.
- CANO, W. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. 5 ed., Campinas: Instituto de Economia da Unicamp, 2007. 1–310 p. Disponível em: <https://www.economia.unicamp.br/images/publicacoes/Livros/geral/Raizes-da-concentracao-industrial-em-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CARVALHO, S. N. De. Estatuto da cidade: aspectos políticos e técnicos do plano diretor. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 4, p. 130–135, dez. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000400014&lng=pt&tlng=pt
- CDC, C. for D. C. and P. **Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Fact Sheet**. [S.l: s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts69.html>. Acesso em: 29 abr. 2022.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 167 p.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017 - 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 “D. **Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I)**, Brasil, 28, v. 127, p. 47–52, 2017. a. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/nav_v4/index.asp?c=4&e=20170210&p=1
- CETESB, C. A. do E. de S. P. Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E. São Paulo, Brasil, p. 40, 22 jun. 2007.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. Índices de Qualidade das Águas. **Águas Interiores**, p. 1–32, 2022. a.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas Projeto CETESB - GTZ Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. n. 2ed, p. 389, 2001.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Padrões de Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 29 jun. 2022.b.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis Licenciamento Ambiental**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/postos-e-sistemas-retalhistas-de-combustiveis/>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relação das áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo 2017**. São Paulo: [s.n.], 2017. b. Disponível em: <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/Mapa-de-atividade.pdf>
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relação de áreas contaminadas | Áreas Contaminadas**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: 18 set. 2022.a.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo 2015**. Disponível em:

- contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/. Acesso em: 18 set. 2022.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo: texto explicativo**. São Paulo: [s.n.], 2020. a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo 2020: texto explicativo**. São Paulo: [s.n.], 2020. b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: 17 set. 2020.
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Texto explicativo: relação de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 2016. b. Disponível em: <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/ordem-alfabetica.pdf>
- CETESB, C. A. do E. de S. P. **Texto explicativo Relação das áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 2017. c. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2018/01/Texto-explicativo.pdf>
- CETESB, C. A. do E. de S. P. Valores Orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo 2016. Brasil, p. 3, 2016. c. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/tabela_vos_2016_site.pdf. Acesso em: 23 nov. 2019.
- CHIRAKKARA, R. A.; REDDY, K. R. Synergistic Effects of Organic and Metal Contaminants on Phytoremediation. In: GEO-CONGRESS 2014 TECHNICAL PAPERS, 2014, Reston, VA. p. 1703–1712. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784413272.167>. Acesso em: 12 set. 2022.
- CIARKOWSKA, K.; GAMBUS, F.; ANTONKIEWICZ, J.; KOLIOPOULOS, T. Polycyclic aromatic hydrocarbon and heavy metal contents in the urban soils in southern Poland. **Chemosphere**, v. 229, p. 214–226, 1 ago. 2019.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO [CETESB]. **Águas Subterrâneas – Sistema Ambiental Paulista – Governo do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/>. Acesso em: 21 maio 2018.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, C. **Informações toxicológicas**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoes-toxicologicas/#1530560619252-e848e390-76d8>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **EIA-RIMA-Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental**. São Paulo: [s.n.], 2012. Disponível em: http://www.metro.sp.gov.br/metro/licenciamento-ambiental/pdf/linha_18_bronze/eia/volume-iii/Arquivo-20.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CONGRESS OF THE UNITED STATES OF AMERICA. Public Law 107-118 - Small Business Liability Relief and Brownfields Revitalization Act. **H.R. 2869**, p. 1–27, 2002. Disponível em: <https://goo.gl/UK19n2>
- CORREA, V. **Varridas do mapa as primeiras oficinas da Light, no Cambuci / Folha**. Disponível em: <https://seresurbanos.blogfolha.uol.com.br/2015/06/06/varridas-do-mapa-as-primeiras-oficinas-da-light-no-cambuci/>. Acesso em: 01 maio 2022.
- CVS, C. de V. S. **Análise Áreas Contaminadas 2018/2019**. Disponível em:

http://www.cvs.saude.sp.gov.br/prog_det.asp?te_codigo=14&pr_codigo=70.

Acesso em: 19 ago. 2019.a.

CVS, C. de V. S. **Análise dos dados do Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB/2019 para ações de Vigilância Sanitária**. São Paulo: [s.n.], 2019. b.

Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Análise AC 2019-2.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

CVS, C. de V. S. **Análise dos dados do Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB/2021 para ações de Vigilância Sanitária**. São Paulo: [s.n.], 2021. a.

Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2022.

CVS, C. de V. S. **Banco de dados Áreas contaminadas**. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Acesso.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.b.

DAGNINO, R. de S.; CARPI JUNIOR, S. Risco Ambiental: Conceitos e Aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro**, v. 2, n. 2, p. 87, jul. 2007.

DANG, H.; KANITKAR, Y. H.; STEDTFELD, R. D.; HATZINGER, P. B.; HASHSHAM, S. A.; CUPPLES, A. M. Abundance of Chlorinated Solvent and 1,4-Dioxane Degrading Microorganisms at Five Chlorinated Solvent Contaminated Sites Determined via Shotgun Sequencing. **Environmental Science and Technology**, v. 52, n. 23, p. 13914–13924, 4 dez. 2018. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.8b04895>. Acesso em: 30 abr. 2022.

DASGUPTA, S.; TAM, E. K. L. Environmental Review: A Comprehensive Review of Existing Classification Systems of Brownfield Sites. **Environmental Practice**, v. 11, n. 4, p. 285–300, 3 dez. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1466046609990287>

DE PADUA, R. F. Reestruturação de espaços de desindustrialização em São Paulo: Vila Leopoldina e Santo Amaro. **Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL**, v. 2, p. 1–15, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820340>. Acesso em: 30 abr. 2022.

DE SOUSA, C. A.; SPIESS, T. B. The management of brownfields in Ontario: A comprehensive review of remediation and reuse characteristics, trends, and outcomes, 2004–2015. **Environmental Practice**, v. 20, n. 1, p. 4–15, 26 mar. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=uevp20>. Acesso em: 14 set. 2022.

DELSANTE, I. Urban environment quality assessment using a methodology and set of indicators for medium-density neighbourhoods: a comparative case study of Lodi and Genoa. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 7–22, set. 2016. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 02 maio 2022.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. São Paulo: [s.n.], 1990. 368 p.

DIEZ, D. M.; BARR, C. D.; ÇETINKAYA-RUNDEL, M. **OpenIntro Statistics**. [S.l.]: OpenIntro, 2016. 432 p.

DIOGO, V.; KOOMEN, E. **Land Cover and Land Use Indicators: Review of available data. OECD Green Growth Papers**. Paris: [s.n.], 2016. Disponível em: [https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data\(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d\).html](https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d).html). Acesso em: 03 maio 2022.

EEA, E. E. A. **Progress in management of contaminated sites — European Environment Agency**. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites-3>. Acesso em: 08

em: 08

Acesso em: 14 set. 2022.

DELSANTE, I. Urban environment quality assessment using a methodology and set of indicators for medium-density neighbourhoods: a comparative case study of Lodi and Genoa. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 7–22, set. 2016. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 02 maio 2022.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. São Paulo: [s.n.], 1990. 368 p.

DIEZ, D. M.; BARR, C. D.; ÇETINKAYA-RUNDEL, M. **OpenIntro Statistics**. [S.l.]: OpenIntro, 2016. 432 p.

DIOGO, V.; KOOMEN, E. **Land Cover and Land Use Indicators: Review of available data. OECD Green Growth Papers**. Paris: [s.n.], 2016. Disponível em: [https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data\(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d\).html](https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d).html). Acesso em: 03 maio 2022.

EEA, E. E. A. **Progress in management of contaminated sites — European Environment Agency**. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites-3>. Acesso em: 08

em: 08

Acesso em: 14 set. 2022.

DELSANTE, I. Urban environment quality assessment using a methodology and set of indicators for medium-density neighbourhoods: a comparative case study of Lodi and Genoa. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 7–22, set. 2016. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 02 maio 2022.

DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. São Paulo: [s.n.], 1990. 368 p.

DIEZ, D. M.; BARR, C. D.; ÇETINKAYA-RUNDEL, M. **OpenIntro Statistics**. [S.l.]: OpenIntro, 2016. 432 p.

DIOGO, V.; KOOMEN, E. **Land Cover and Land Use Indicators: Review of available data. OECD Green Growth Papers**. Paris: [s.n.], 2016. Disponível em: [https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data\(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d\).html](https://research.vu.nl/portal/en/publications/land-cover-and-land-use-indicators-review-of-available-data(119ed44b-faab-4d95-8eaf-cec1bdb32e8d).html). Acesso em: 03 maio 2022.

jun. 2022.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. , 2020. . California: ESRI
FAZELI, G.; KARBASSI, A.; KHORAMNEJADIAN, S.; NASRABADI, T. Evaluation
of Urban Soil Pollution: A Combined Approach of Toxic Metals and Polycyclic
Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *International Journal of Environmental
Research*, v. 13, n. 5, p. 801–811, 1 out. 2019. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-019-00206-8>. Acesso em: 29 abr.
2022.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável:
desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. *Cadernos
EBAPE.BR*, v. 15, n. 3, p. 667–681, jul. 2017. Disponível em:
[http://www.teraambiental.com.br/hs-
fs/hubfs/images/Blog_images/Sustentabilidade_e_desenvolvimento_](http://www.teraambiental.com.br/hs-fs/hubfs/images/Blog_images/Sustentabilidade_e_desenvolvimento_). Acesso em:
04 abr. 2022.

FERBER, U.; GRIMSKI, D.; MILLAR, K.; NATHANAIL, P. *Sustainable Brownfield
Regeneration: CABERNET Network Report*. Nottingham: [s.n.], 2006. Disponível
em: [http://www.palgo.org/files/CABERNET Network Report 2006.pdf](http://www.palgo.org/files/CABERNET_Network_Report_2006.pdf)

FIGUEIREDO, A. M. G.; TOCCHINI, M.; SANTOS, T. F. S. Dos. Metals in
playground soils of São Paulo city, Brazil. *Procedia Environmental Sciences*, v.
4, p. 303–309, 2011. Disponível em: [https://ac.els-
cdn.com/S1878029611000612/1-s2.0-S1878029611000612-
main.pdf?_tid=3977cc03-c9b7-4bd9-8911-
5556544e75fd&acdnat=1552269037_b775ceb027d5466fc73b13f12fe26972](https://ac.els-cdn.com/S1878029611000612/1-s2.0-S1878029611000612-main.pdf?_tid=3977cc03-c9b7-4bd9-8911-5556544e75fd&acdnat=1552269037_b775ceb027d5466fc73b13f12fe26972).
Acesso em: 11 mar. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Risk
Characterization. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION & FOOD AND
AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Principles and
Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food*. [S.l: s.n.], 2009. cap.
7, p. 1–34.

FOWLKES, M. R.; MILLER, P. Y. Chemicals and Community at Love Canal. *The
Social and Cultural Construction of Risk*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987.
p. 55–78. Disponível em: [http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-009-
3395-8_3](http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-009-3395-8_3). Acesso em: 21 fev. 2019.

FREITAS, J. G.; MOCANU, M. T.; ZOBY, J. L. G.; MOLSON, J. W.; BARKER, J. F.
Migration and fate of ethanol-enhanced gasoline in groundwater: A modelling
analysis of a field experiment. *Journal of Contaminant Hydrology*, v. 119, n. 1–4,
p. 25–43, 25 jan. 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS
ROESSLER RS. *Índice de Qualidade do Ar (IQAr)*. Disponível em:
<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar.asp>. Acesso em: 29 jun. 2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Inventário de Áreas
Contaminadas Estado de Minas Gerais 2020*. Belo Horizonte: [s.n.], 2020.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS [FIPE]; ZAP IMOVEIS.
*Mercado Imobiliário | Preços de Imóveis, Apartamentos e Casas | Índice FIPE
ZAP Imóveis*. Disponível em: <http://www.zap.com.br/imoveis/fipe-zap/>. Acesso em:
14 maio 2018.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS [SEADE]. *Portal de
Estatísticas do Estado de São Paulo: Perfil dos Municípios Paulistas*.
Disponível em: <http://www.perfil.seade.gov.br/#>. Acesso em: 14 maio 2018.

GALLOPÍN, G. *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*.

- Santiago do Chile: [s.n.], abr. 2003. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 abr. 2022.
- GAŚSIÓREK, M.; KOWALSKA, J.; MAZUREK, R.; PAJAŁ, M. Comprehensive assessment of heavy metal pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Poland). *Chemosphere*, v. 179, p. 148–158, 1 jul. 2017.
- GIBSON, R.; HASSAN, S.; HOLTZ, S.; TANSEY, J.; WHITELAW, G. *Sustainability assessment criteria and processes*. 1. ed., London: Routledge, 2005. 268 p.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed., Barueri: Editora Atlas, 2022. 208 p.
- GITIPOUR, S.; SORIAL, G. A.; GHASEMI, S.; BAZYARI, M. Treatment technologies for PAH-contaminated sites: a critical review. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 9, p. 1–17, 1 set. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-018-6936-4>. Acesso em: 29 abr. 2022.
- GLAVIČ, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 18, p. 1875–1885, 2007.
- GLOEDEN, E.; OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, F. R. S. Divulgação das Informações Áreas Contaminadas. In: CETESB, C. A. DO E. DE S. P. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas [recurso eletrônico]*. 3. ed., São Paulo: [s.n.], 2021. cap. 16, . Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/cadastro-de-areas-contaminadas-e-reabilitadas/divulgacao-das-informacoes/>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 8, n. 2, , 2012. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/671>. Acesso em: 03 maio 2022.
- GOOGLE EARTH. , 2018. . [S.l.]: Google. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>
- GOOGLE STREET VIEW. **303 R. Mariano Pamplona - Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-23.6030248,-46.576902,3a,90y,219.67h,92.81t/data=!3m7!1e1!3m5!1stX7TqjuV2SwmsaXWMQEu8Q!2e0!5s20170701T000000!7i13312!8i6656>. Acesso em: 18 set. 2022.
- GOVERNMENT OF CANADA. *Federal Contaminated Sites Inventory*. Disponível em: <https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-eng.aspx>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *DataGeo Sistema Ambiental Paulista*. Disponível em: http://datageo.ambiente.sp.gov.br/coffey?_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_iframe_text=areas+contaminadas&enviar=Consultar&p_p_id=48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS&_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_iframe_avancado=false#_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_%3Dhttp%253A%252F%252Fdatageo.ambi. Acesso em: 21 maio 2018.
- GROSTEIN, M. D. Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”. *São Paulo em Perspectiva*, v. 15, n. 1, p. 13–19, jan. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/spp/a/mRWNMjWxbhGqfvZJkrdryDG/?lang=pt>. Acesso em:

16 set. 2022.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Requalificação urbana em áreas contaminadas na cidade de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 129–137, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300008&lng=pt&tlng=pt

IARC, I. A. for R. on C. **Benzo[a]pyrene**.

IBAMA, I. B. do M. A. e dos R. N. R. **Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC)**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/residuos/areas-contaminadas/banco-de-dados-nacional-sobre-areas-contaminadas-bdnac>.

Acesso em: 14 set. 2022.

IBAMA, I. B. do M. A. e dos R. N. R. Instrução Normativa nº. 4, de 13 de Abril de 2011. Brasil, 2011. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/IN_04_11_prad.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019.

IBGE. **Cadastro das localidades selecionadas**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016.

IGAMI, M. P. Z.; VIEIRA, M. M. F. **Guia para elaboração de teses e dissertações Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares : programa de Pós-graduação Tecnologia Nuclear – IPEN/USP**. 3. ed., São Paulo: [s.n.], 2017. Disponível em: [https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/biblioteca/arquivos/NOVO_GUIA_TES ES_E DISSERTACOES.pdf](https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/biblioteca/arquivos/NOVO_GUIA_TES_ES_E DISSERTACOES.pdf). Acesso em: 09 maio 2022.

INEA, I. E. do A. **Áreas Contaminadas**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/aragua-e-solo/areas-contaminadas/>. Acesso em: 14 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE | Brasil em Síntese | São Paulo | São Paulo | Panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: 14 maio 2018.

JACKSON, T. O.; YOST-BREMM, C. Environmental Risk Premiums and Price Effects in Commercial Real Estate Transactions. **The Appraisal Journal**, v. 86, n. 1, p. 48–67, 2018. Disponível em: www.appraisal institute.org. Acesso em: 06 set. 2022.

KAO, N. H.; SU, M. C.; YEN, C. C.; HUANG, Y. J. A characterization of the soils and sediments in contaminated sites and rivers using petroleum biomarker compounds. **Journal of Soils and Sediments**, v. 19, n. 1, p. 241–254, 29 jan. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-018-2033-0>. Acesso em: 27 abr. 2022.

KATES, R. W.; PARRIS, T. M.; LEISEROWITZ, A. A. What is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 47, n. 3, p. 8–21, abr. 2005. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00139157.2005.10524444>

KOVALICK, W. W.; ROBERT MONTGOMERY, J. H. **Environment & Water Resources Developing a Program for Contaminated Site Management in Low and Middle Income Countries**. Washington: [s.n.], 2014. Disponível em: www.worldbank.org/LAC/LCSENseries. Acesso em: 02 abr. 2021.

KOWALSKA, J. B.; MAZUREK, R.; GAŚIOREK, M.; ZALESKI, T. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—A review. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 40, n. 6, p. 2395–2420, 5 dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>. Acesso em: 11 abr. 2022.

KWATRA, S.; KUMAR, A.; SHARMA, P. A critical review of studies related to construction and computation of Sustainable Development Indices. **Ecological Indicators**, v. 112, p. 106061, 1 maio. 2020.

- LAGUNAS-RANGEL, F. A.; LINNEA-NIEMI, J. V.; KUDŁAK, B.; WILLIAMS, M. J.; JÖNSSON, J.; SCHIÖTH, H. B. Role of the Synergistic Interactions of Environmental Pollutants in the Development of Cancer. *GeoHealth*, v. 6, n. 4, p. e2021GH000552, 1 abr. 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021GH000552>. Acesso em: 12 set. 2022.
- LI, P.; TIAN, R.; XUE, C.; WU, J. Progress, opportunities, and key fields for groundwater quality research under the impacts of human activities in China with a special focus on western China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 15, p. 13224–13234, 10 maio. 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-017-8753-7>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- LINO, J. dos S.; AQUINO, A. R. De. Análise da Evolução das áreas contaminadas no município de São Paulo. In: ANAIS - CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2017, Campo Grande. p. 1–7. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/IV-005.pdf>
- LONGO, A.; CAMPBELL, D. The Determinants of Brownfields Redevelopment in England. *Environmental and Resource Economics*, v. 67, n. 2, p. 261–283, 1 jun. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-015-9985-y>. Acesso em: 14 set. 2022.
- MAJONE, M.; VERDINI, R.; AULENTA, F.; ROSSETTI, S.; TANDOI, V.; KALOGERAKIS, N.; AGATHOS, S.; PUIG, S.; ZANAROLI, G.; FAVA, F. In situ groundwater and sediment bioremediation: barriers and perspectives at European contaminated sites. *New Biotechnology*, v. 32, n. 1, p. 133–146, 25 jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678414000247>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- MALCZEWSKI, J. *GIS and multicriteria decision analysis*. [S.l.]: J. Wiley & Sons, 1999. 392 p.
- MALHEIROS, T. F. , 2019. . São Paulo: [s.n.]
- MAMIGONIAN, A. O processo de industrialização em São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 50, p. 83–102, 1976. Disponível em: <https://geografiaeconomicaesocial.ufsc.br/files/2016/04/O-processo-de-industrializacao-em-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- MARKER, A. *Manual: Revitalização de áreas degradadas e contaminadas (brownfields) na América Latina*. ICLEI – Go, São Paulo: [s.n.], 2013. 60 p. Disponível em: http://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual_INT_Portugues_Final.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019.
- MARQUES, E. de M.; GUERRA, J. A. T. Solos Contaminados por Hidrocarbonetos de Petróleo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - SINAGEO, 2018, p. 1–13. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0109.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- MICHAELIS. *Dicionário de Língua Portuguesa Michaelis On-line*. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/distrito>. Acesso em: 05 set. 2022.
- MINAS GERAIS. *Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - Gestão das Águas*. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Agenda Ambiental Urbana — Português (Brasil)*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt->

- br/assuntos/agendaambientalurbana. Acesso em: 31 mar. 2021.
- MOERI, E.; RODRIGUES, D.; NIETERS, A. **Áreas contaminadas remediação e revitalização: estudos de casos nacionais e internacionais**. 4. ed., São Paulo: Instituto Ekos Brasil, 2008. 246 p.
- MOTTA, R. S. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997. 1–254 p.
- NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S.; HOFFMANN, A.; GIOVANNINI, E. **Handbook on Constructing Composite Indicators: methodology and user guide**. Ispra: Organisation for economic co-operation and development, 2008. 1–162 p. Disponível em: <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.
- NOBRE, E. A. C. Novos instrumentos urbanísticos em São Paulo: limites e possibilidades. In: II SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA LARES, 2004, São Paulo. p. 161–215. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001402244>
- OBLASSER, A. Estudio sobre lineamientos, incentivos y regulación para el manejo de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), incluyendo cierre de faenas mineras: Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia y el Perú. **Naciones Unidas CEPAL - Serie Medio Ambiente y Desarrollo**, n. 163, p. 107, ago. 2016.
- OECD, O. for E. C. and D. Chapter 6. Data and indicator gaps on pressures and responses. **Biodiversity: Finance and the Economic and Business Case for Action**. [S.l.]: OECD, 2019. .
- OECD, O. for E. C. and D. **OECD.Stat Land use**. Disponível em: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=LAND_USE. Acesso em: 03 maio 2022.
- OLIVER, L.; FERBER, U.; GRIMSKI, D.; MILLAR, K.; NATHANAIL, P. The Scale and Nature of European Brownfield. In: CABERNET 2005-INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGING URBAN LAND LQM LTD, 2005, Nottingham. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228789048_The_Scale_and_Nature_of_European_Brownfield. Acesso em: 18 set. 2022.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **EChemPortal provides free public access to information on properties of chemicals**: Disponível em: <https://www.echemportal.org/echemportal/>. Acesso em: 06 jul. 2022.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** . Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- PASETTO, R.; MATTIOLI, B.; MARSILI, D. Environmental justice in industrially contaminated sites. A review of scientific evidence in the WHO european region. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 6, p. 998, 2 mar. 2019. Disponível em: www.mdpi.com/journal/ijerph. Acesso em: 31 mar. 2021.
- PAYA PEREZ, A.; RODRIGUEZ EUGENIO, N. **Status of local soil contamination in Europe: Revision of the indicator “Progress in the management contaminated sites in Europe”**. Luxembourg: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107508>. Acesso em: 03 maio 2022.
- PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 390–398, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/qn/a/65sZDWHF68s9RQKtYskvVBB/?lang=pt>. Acesso em:

30 abr. 2022.

PIGA, F. G.; TÃO, N. G. R.; RUGGIERO, M. H.; MARQUEZOLA, D. de S.; BOINA, W. L. de O.; COSTA, C. W.; LOLLO, J. A. De; LORANDI, R.; MELANDA, E. A.; MOSCHINI, L. E.; PIGA, F. G.; TÃO, N. G. R.; RUGGIERO, M. H.; MARQUEZOLA, D. de S.; BOINA, W. L. de O.; COSTA, C. W.; LOLLO, J. A. De; LORANDI, R.; MELANDA, E. A.; MOSCHINI, L. E. Multi-criteria potential groundwater contamination and human activities: Araras watershed, Brazil. *RBRH*, v. 22, n. 0, , 23 out. 2017. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312017000100252&lng=en&tlng=en. Acesso em: 29 mar. 2019.

PINTÉR, L.; HARDI, P.; MARTINUZZI, A.; HALL, J. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. *Ecological Indicators*, v. 17, p. 20–28, 1 jun. 2012.

PIZZOL, L.; ZABEO, A.; KLUSÁČEK, P.; GIUBILATO, E.; CRITTO, A.; FRANTÁL, B.; MARTINÁT, S.; KUNC, J.; OSMAN, R.; BARTKE, S. Timbre Brownfield Prioritization Tool to support effective brownfield regeneration. *Journal of Environmental Management*, v. 166, p. 178–192, 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Dados demográficos dos distritos pertencentes às Prefeituras Regionais | Secretaria Municipal de Prefeituras Regionais | Prefeitura da Cidade de São Paulo**. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: 14 maio 2018.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Lei nº16.402, de 22 de março de 2016. Brazil, p. 177, 2016. a. Disponível em: http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/GESTÃO2-smdu-zoneamento_ilustrado.pdf

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#. Acesso em: 20 maio 2018.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#. Acesso em: 19 ago. 2019.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Zoneamento do bairro de Santo Amaro. *Imprensa Oficial do estado*, Lei 16.402, de 22 de Março de 2016, p. 177, 2016. b. Disponível em: <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Santo-Amaro.pdf>. Acesso em: 21 maio 2018.

PRESTON, S.; COAD, N.; TOWNEND, J.; KILLHAM, K.; PATON, G. I. Biosensing the acute toxicity of metal interactions: Are they additive, synergistic, or antagonistic? *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 19, n. 3, p. 775–780, 1 mar. 2000. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.5620190332>. Acesso em: 12 set. 2022.

QUIROGA-MARTINEZ, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe**. Santiago do Chile: [s.n.], set. 2001. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5570-indicadores-sostenibilidad-ambiental-desarrollo-sostenible-estado-arte>. Acesso em: 02 maio 2022.

RAMIRES, J. Z.; VITOR, J. D. S.; MOTTA, M. T. A atuação do município de São

- Paulo na identificação e controle do uso de áreas contaminadas. **Áreas contaminadas remediação e revitalização: estudos de casos nacionais e internacionais**. São Paulo: Instituto Ekos Brasil, 2008. cap. 1, p. 1–14.
- RISSO GÜNTHER, W. M. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 2, p. 105–117, 2006. Disponível em: http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf. Acesso em: 21 fev. 2019.
- ROCHA, L. **Suelo porteño: hay 500 sitios contaminados que deberán ser remediados**. Disponível em: <https://www.infobae.com/sociedad/2018/12/16/suelo-porteno-hay-500-sitios-contaminados-que-deberan-ser-remediados/>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- RUAS, D. B.; BORGES, A. F.; SILVA JUNIOR, G. C. Avaliação de diferentes condições de pressão de vácuo na operação de sistema de remediação com extração multifásica. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 23, n. 2, p. 287–298, mar. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000200287&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 01 maio 2022.
- SAKSHI; SINGH, S. K.; HARITASH, A. K. Polycyclic aromatic hydrocarbons: soil pollution and remediation. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2019 16:10, v. 16, n. 10, p. 6489–6512, 25 maio. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-019-02414-3>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- SALINAS, V. C. F. Brownfields and its consequences: A particular case of the urban operation of Tamanduateí districts. *Revista LABVERDE*, v. 11, n. 03, p. 52–74, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/107249/111590>. Acesso em: 11 mar. 2019.
- SALINAS, V. C. F. Contaminação do solo em São Paulo: o caso da operação urbana bairros do Tamanduateí. *Revista LABVERDE*, v. 10, n. 04, p. 84–102, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/revistalabverde/article/view/98428>
- SANCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. 1ª, [S.l.]: Edusp, 2001. 256 p.
- SÁNCHEZ, L. E. Revitalização de áreas contaminadas. In: MOERI, E.; COELHO, R.; MARKER, A. **Remediação e revitalização de áreas contaminadas**. 1. ed., São Paulo: Signus Editora, 2004. p. 79–90.
- SANTOS, A.; FIRAK, D. S.; EMMEL, A.; SIEDLECKI, K.; LOPES, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Evaluation of the Fenton process effectiveness in the remediation of soils contaminated by gasoline: Effect of soil physicochemical properties. *Chemosphere*, v. 207, p. 154–161, 1 set. 2018.
- SANTOS, F. H. S. **Sistema de inferência Fuzzy para classificação de impactos ambientais gerados por postos revendedores de combustíveis**. 2015. 1–87 p. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2015.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 5º, São Paulo: [s.n.], 2005. 176 p.
- SÃO PAULO (CIDADE). **Análise indicadores ObservaSampa ODS**. São Paulo: [s.n.], dez. 2021.
- SÃO PAULO (CIDADE). **Áreas Contaminadas | Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente | Prefeitura da Cidade de São Paulo**. Disponível em:

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/servicos/areas_contaminadas/index.php?p=3386. Acesso em: 14 set. 2022.a.

SÃO PAULO (CIDADE). Decreto nº 42.319 de 21 de agosto de 2002. São Paulo, 21 ago. 2002. a. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-42319-de-21-de-agosto-de-2002>. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). Decreto Nº 51.436, de 26 de abril de 2010. São Paulo, 26 abr. 2010. a. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/decreto/2010/5143/51436/decreto-n-51436-2010-regulamenta-a-lei-n-15098-de-5-de-janeiro-de-2010-que-obriga-o-poder-executivo-a-publicar-na-imprensa-oficial-ou-disponibilizar-no-site-oficial-da-prefeitura-relat>. Acesso em: 14 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). **Gestão Urbana SP, Texto da Lei Ilustrado**. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/texto-da-lei-ilustrado/>. Acesso em: 18 set. 2022.a.

SÃO PAULO (CIDADE). Lei nº 13.430 de 13 de setembro de 2002. São Paulo, 13 set. 2002. b. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13430-de-01-de-setembro-de-2002/>. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). Lei nº 13.885 de 25 de agosto de 2004. São Paulo, 25 ago. 2004. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13885-de-25-de-agosto-de-2004>. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). LEI Nº 15.098, DE 5 DE JANEIRO DE 2010. São Paulo, 5 jan. 2010. b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/2010/1509/15098/lei-ordinaria-n-15098-2010-obriga-o-poder-executivo-municipal-a-publicar-na-imprensa-oficial-ou-disponibilizar-no-site-oficial-da-prefeitura-relatorio-das-areas-contaminadas-do-municipio-de-sao-paulo>. Acesso em: 14 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. **Diário Oficial do Município**, 16.050, 2014. b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/2014-07-31_-_lei_16050_-_plano_diretor_estrategico_1428507821.pdf. Acesso em: 11 mar. 2019.

SÃO PAULO (CIDADE). Lei nº 16.402 de 22 de março de 2016. São Paulo, 22 mar. 2016. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). Lei Ordinária 7.805 de 01 de novembro de 1972. São Paulo, 1 nov. 1972. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-paulo/lei-ordinaria/1972/780/7805/lei-ordinaria-n-7805-1972-dispoe-sobre-o-parcelamento-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (CIDADE). **Observatório de indicadores da cidade de São Paulo (ObservaSampa)**. Disponível em: <https://observasampa.prefeitura.sp.gov.br/>. Acesso em: 29 jun. 2022.b.

SÃO PAULO (CIDADE). **População - Dados | Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento | Prefeitura da Cidade de São Paulo**. Disponível em:

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/dados_estatisticos/info_cidade/demografia/index.php?p=260265. Acesso em: 18 set. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO). **DATAGEO Sistema Ambiental Paulista**. Disponível em: https://datageo.ambiente.sp.gov.br/coffey?_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_ifra

me_text=áreas+contaminadas&enviar=Consultar&p_p_id=48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS&_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_iframe_avancado=false#_48_INSTANCE_KDzpt1cNV1RS_%3Dhttps%253A%252F%252Fdatageo.ambiente.sp.gov.br%252Fgeoportal%252Fcatalog%252Fsearch%252Fsearch.page%253Ftext%253D%2525C3%2525A1reas%252520contaminadas%2526avancado%253Dfalse.

Acesso em: 23 maio 2022.

SÃO PAULO (ESTADO). Decreto estadual n.59.263, de 05 de junho de 2013. **Diário Oficial do Estado**, 59.263, 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>. Acesso em: 11 mar. 2019.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei nº 13.577, de 08 de julho de 2009 - Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado**. São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html>. Acesso em: 21 fev. 2019.

SÃO PAULO (ESTADO). **Relatório de Qualidade Ambiental**. São Paulo: [s.n.], 2021. Disponível em:

https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/sites/4/2022/03/rqa_2021_v2.pdf.

Acesso em: 29 jun. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO)A. Resolução Secretaria do Meio ambiente nº 10, de 08 de fevereiro de 2017. São Paulo, 10 fev. 2017. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/02/resolucao-sma-010-2017-definicao-das-atividades-potencialmente-geradoras-de-areas-contaminadas.pdf>.

Acesso em: 29 mar. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO)B. Resolução Secretaria do Meio Ambiente nº11, de 08 de fevereiro de 2017. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/02/resolucao-sma-011-2017-definicao-das-regioes-prioritarias-e-identificacao-das-areas-contaminadas.pdf>.

Acesso em: 29 mar. 2022.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE Y DESARROLO SUSTENTABLE. Resolución 515/2006. **Argetina**, 515, 2 jun. 2006. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolución-515-2006-116979/texto>. Acesso em: 02 abr. 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. **Área de Proteção Ambiental CAPIVARI-MONOS**. Disponível em:

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/apa_capivarimonos/index.php?p=41966. Acesso em: 11 jun. 2019.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países.

Ambiente & Sociedade, v. 10, n. 2, p. 137–148, dez. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2007000200009&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 maio 2022.

SILVA, M. de O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L. Do; OLIVEIRA, J. De; PEREIRA, D. de F.; COSTA, K. D. da S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838–47855, 2020. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>.

Acesso em: 29 jun. 2022.

SILVA, T. B. Áreas de abandono Análise com base nos fundamentos do desenho ambiental sobre projetos que visam a recuperação de territórios degradados. **Revista LABVERDE**, v. 11, n. 04, p. 76–102, 2016. Disponível em:

<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/107461/111591>. Acesso em: 11 mar. 2019.

SIMÕES DA SILVA, P. K. de O.; MESQUITA, M. V. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE REMEDIAÇÃO EM ÁREA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETO. *Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada - UNG-Ser*, v. 2, n. 1, p. 9, 10 jun. 2019. Disponível em:

<http://revistas.ung.br/index.php/engenhariaetecnologia/article/view/3497/2658>.

Acesso em: 01 maio 2022.

SINGH, N.; GUPTA, V. K.; KUMAR, A.; SHARMA, B. Synergistic Effects of Heavy Metals and Pesticides in Living Systems. *Frontiers in Chemistry*, v. 5, p. 70, 11 out. 2017.

SØNDERGAARD, G. L.; BINNING, P. J.; BONDGAARD, M.; BJERG, P. L. Multi-criteria assessment tool for sustainability appraisal of remediation alternatives for a contaminated site. *Journal of Soils and Sediments*, v. 18, n. 11, p. 3334–3348, 12 nov. 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11368-017-1805-2>. Acesso em: 19 jun. 2019.

SOUZA, V. M. De; HOFFMANN, N. K. S. del Á. UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE EXTRAÇÃO MULTIFÁSICA COMO FERRAMENTA NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 781, 30 set. 2020. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8219/5408. Acesso em: 01 maio 2022.

SROKA, R. TIF for that: brownfield redevelopment financing in North America and Calgary's Rivers District. *Cambridge Journal of Regions*, v. 9, p. 391–404, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/cjres/article/9/2/391/1745035>. Acesso em: 18 set. 2022.

SVMA, S. do V. e do M. A.; CEM, C. de E. da M. *Indicadores Ambientais e Gestão Urbana - GEO São Paulo*. São Paulo: [s.n.], 2008. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/indicadores-ambientais-e-gestao-urbana-geo-sao-paulo>. Acesso em: 03 maio 2022.

TABLEAU SOFTWARE LLC. , 2022. . [S.l.]: Salesforce. Disponível em: <https://www.tableau.com/pt-br/why-tableau/what-is-tableau>

TAVARES, S. R. de L. Técnicas de Remediação. *Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: conceitos básicos e fundamentos*. Joinville: Clube de Autores, 2013. cap. 2, p. 61–90. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/983651/1/Cap2LivroCASilvioTavares.pdf>. Acesso em: 01 maio 2022.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. *Saúde e Sociedade*, v. 15, n. 1, p. 84–95, abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/sausoc/a/XhK9DfMTbtVw56qdxXbXdXRw/?lang=pt>. Acesso em: 02 maio 2022.

TEIXEIRA, C. E.; MOTTA, F. G.; MORAES, S. L. De. *Panorama GAC: mapeamento da cadeia de gerenciamento de áreas contaminadas*. 1. ed., São Paulo: IPT, 2016. 144 p. Disponível em: [https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTMM/livros/75-panorama_gac_\[livro_eletronico\]:_mapeamento_da_cadeia_de_gerenciamento_d_e_areas_contaminadas.htm](https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTMM/livros/75-panorama_gac_[livro_eletronico]:_mapeamento_da_cadeia_de_gerenciamento_d_e_areas_contaminadas.htm)

TOLEDO, M. P. De. *Proposta de metodologia para estabelecimento de uso e ocupação do solo em áreas contaminadas*. 2007. Biblioteca Digital de Teses e

Dissertações da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-03082007-175435/>. Acesso em: 18 set. 2022.

U.S.EPA, U. S. E. P. A. ***In Situ Thermal Treatment of Chlorinated Solvents: Fundamentals and Field Applications***. Washington: [s.n.], 2004. 1–145 p. Disponível em: www.epa.gov/tio. Acesso em: 30 abr. 2022.

U.S.EPA, U. S. E. P. A. ***Learn about Polychlorinated Biphenyls (PCBs) | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/pcbs/learn-about-polychlorinated-biphenyls-pcbs>. Acesso em: 30 abr. 2022.

U.S.EPA, U. S. E. P. A. ***Priority Pollutant List***.

UN WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. ***Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Towards Sustainable Development 2. Part II. Common Challenges Population and Human Resources 4***. [S.l: s.n.], 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.

UNITED NATIONS. ***Home - E-Handbook on SDG Indicators - UN Statistics Wiki***. Disponível em: <https://unstats.un.org/wiki/display/SDGeHandbook/Home>. Acesso em: 03 maio 2022.

UNITED NATIONS. ***The Sustainable Development Goals Report 2017***. United Nations New York: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017.pdf>

UNITED NATIONS. ***The World's Cities in 2016: Data Booklet***. Economic and social affair[S.l: s.n.], 2016. Disponível em: http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf

UNITED NATIONS. ***Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development***. New York: [s.n.], fev. 2015. Disponível em: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. ***About Air Data Reports | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data/about-air-data-reports>. Acesso em: 29 jun. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. ***About Risk Assessment | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/about-risk-assessment#whatisrisk>. Acesso em: 18 set. 2022.a.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. ***About Risk Assessment | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/about-risk-assessment>. Acesso em: 14 set. 2022.b.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. ***Brownfields Program Accomplishments and Benefits | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/brownfields/brownfields-program-accomplishments-and-benefits>. Acesso em: 14 set. 2022.c.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. ***Conducting an Ecological Risk Assessment | US EPA***. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/conducting-ecological-risk-assessment#tab-1>. Acesso em: 14 set. 2022.d.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. , 2011. . [S.l.]: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%>

2Fwww.epa.gov%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2015-04%2Fdocuments%2Fesm-life-cycle-fact-sheet-final.pdf&clen=1828283&chunk=true

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Hazard Ranking System Guidance Manual**. Washington: [s.n.], 1992. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/189159.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Human Health Risk Assessment | US EPA**. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>. Acesso em: 14 set. 2022.e.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Overview of EPA's Brownfields Program | US EPA**. Disponível em: <https://www.epa.gov/brownfields/overview-epas-brownfields-program>. Acesso em: 18 set. 2022.f.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Summary of the Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Superfund) | US EPA**. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act>. Acesso em: 18 set. 2022.g.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Superfund Chemical Data Matrix (SCDM) Methodology**. Washington: [s.n.], jan. 2022. h.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Types of Contaminated Sites | Enforcement | US EPA**. Disponível em: https://19january2017snapshot.epa.gov/enforcement/types-contaminated-sites_.html. Acesso em: 18 set. 2022.

UNITED STATES NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. **Hazardous Substances Data Bank (HSDB) - PubChem Data Source**. Disponível em: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/Hazardous Substances Data Bank \(HSDB\)](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/Hazardous%20Substances%20Data%20Bank%20(HSDB)). Acesso em: 19 maio 2022.

USEPA, U. S. E. A. **A Citizen's Guide to Excavation of Contaminated Soil What Is the Excavation of Contaminated Soil?** [S.l: s.n.], 2012. Disponível em: www.cluin.org/products/. Acesso em: 11 mar. 2019.

USEPA, U. S. E. P. A. **CLU-IN | Technologies Remediation: Soil Vapor Extraction Overview**. Disponível em: https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Soil_Vapor_Extraction/cat/Overview/. Acesso em: 11 mar. 2019.

USEPA, U. S. E. P. A. **Monitored Natural Attenuation of Chlorinated Solvents**. Washington: [s.n.], 1999. Disponível em: <http://www.epa.gov:80/ordntrnt/ORD/WebPubs/natural/>. Acesso em: 11 mar. 2019.

USEPA, U. S. E. P. E. **A Citizen's Guide to In Situ Chemical Oxidation What Is In Situ Chemical Oxidation?** [S.l: s.n.], 2012. Disponível em: www.cluin.org/products/. Acesso em: 11 mar. 2019.

VALENTIM, L. S. O. **Requalificação urbana em áreas de risco à saúde devido a contaminação do solo por substâncias perigosas: um estudo de caso na cidade de São Paulo**. 2005. 158 p. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/DISSERTAÇÃO-SÉRGIOVALENTIM.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2021.

VASQUES, A. R. Considerações de estudos de casos sobre brownfields: Exemplos no Brasil e no Mundo. **REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES**, v. 11, n. 648, , 30 abr. 2006. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-648.htm>. Acesso em: 15 set. 2022.

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.007>. Acesso em: 11 abr. 2022.

VILAR, J.; JARDIM, L.; RIYIS, M. T.; CUNHA, R. C. de A. Smart Characterization para mapeamento da distribuição de contaminantes em área fonte impactada por solventes clorados. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. 17–41, 2018. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>. Acesso em: 11 jun. 2019.

Anexo I

Solicitação de vistas à Secretaria do Verde e do Meio ambiente



São Paulo, 13 de setembro de 2018

À Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

a/c DECONT-2/GTAC

Prezado Gestor,

Primeiro, esta carta é para informar que Juliana dos Santos Lino é aluna regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação Tecnologia Nuclear - IPEN/USP, nível doutorado. Para isso ela teve o seu projeto de pesquisa aprovado sob o título de **Metodologia para Análise e Classificação de Brownfields no Município de São Paulo**, com o objetivo de desenvolver uma metodologia para classificação dos brownfields (áreas contaminadas) no Município de São Paulo, e aplicar esta classificação como um diagnóstico ambiental, pela visualização das informações.

Segundo, solicitamos o acesso da aluna aos processos apresentados em lista anexa, uma vez que o estudo abrange áreas contaminadas no bairro da Lapa, na cidade de São Paulo, e que constam dos cadastros da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente.

Contando com a colaboração de Vossas Senhorias para que o estudo acadêmico da nossa aluna obtenha o êxito esperado, antecipadamente agradeço.

Respeitosamente,

Martha Marques Ferreira Vieira
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Coordenação de Ensino e Informação Científica
Gerente

Anexo II

Solicitação de vistas à Agência Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

5/13/2019 E-mail de Universidade de São Paulo - Enc: Fwd: Solicitação de vista a processos

 **Juliana dos Santos Lino** <jslino@usp.br>

Enc: Fwd: Solicitação de vista a processos
4 mensagens

CLP - AGÊNCIA AMBIENTAL DE PINHEIROS <clp_cetesb@sp.gov.br> 2 de outubro de 2018 17:24
Para: jslino@usp.br
Cc: Claudemiro de Freitas Junior <cfjunior@sp.gov.br>

Prezada Juliana,

Em face de sua solicitação de vistas aos processos abaixo relacionados, após levantamento prévio realizado, chegamos a um total de 331 volumes com aproximadamente 200 folhas cada.

Deste modo, para atendê-la sem prejuízo das ações rotineiras desta Agência, temos condição de disponibilizar vistas a 05 (cinco) empreendimentos por semana, em datas e horários a serem previamente agendados com o Miro, que nos lê em cópia.

Estamos à disposição para eventuais esclarecimentos adicionais.

Atenciosamente,

 **Maria Cecília da Costa Martins**
Gerente
Agência Ambiental de Pinheiros - CLP
(11) 3133-3833 – clp_cetesb@sp.gov.br

----- Encaminhado por Maria Cecília da Costa Martins/CETESB/BR em 02/10/2018 05:16 PM -----
Para: clp_cetesb@sp.gov.br
De: Agência Ambiental de Pinheiros <pinheiros@ cetesbnet.sp.gov.br>
Data: 02/10/2018 04:22 PM
Assunto: Fwd: Solicitação de vista a processos
(Ver arquivo anexado: Lista de processos CETESB.docx)

----- Mensagem encaminhada -----
Assunto:Solicitação de vista a processos
Data:Mon, 1 Oct 2018 10:40:09 -0300
De:Juliana dos Santos Lino <jslino@usp.br>
Para:pinheiros@ cetesbnet.sp.gov.br

Prezados, bom dia!

Meu nome é Juliana e sou aluna de doutorado na Universidade de São Paulo, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). O tema da minha pesquisa é classificação de áreas contaminadas. Estou realizando um estudo das áreas contaminadas no bairro da Lapa, na cidade de São Paulo e gostaria de solicitar a vista aos processos relacionados a essas áreas para obter mais informações para minha pesquisa. A lista dos processos está em anexo e a seguir:

Razão social	Processo
<p>https://mail.google.com/mail/u/1?ik=e7859b4243&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1613246643772271667&siml=msg-f%3A1613246... 1/6</p>	

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.