

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS
CONTAMINADAS DA CIDADE DE ITAPETININGA/SP**

Felipe Birocale Fujino

Prof. Dr. Ademir Abdala Prata Junior

Rio Claro - SP

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

FELIPE BIROCALE FUJINO

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS
DA CIDADE DE ITAPETININGA/SP

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP
2025

F961m

Fujino, Felipe Birocale

Mapeamento e avaliação de áreas contaminadas da cidade de Itapetininga/SP / Felipe Birocale Fujino. -- Rio Claro, 2025
48 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Prof. Dr. Ademir Abdala Prata Junior

1. Gestão Ambiental. 2. Itapetininga. 3. CETESB. I. Título.

FELIPE BIROCALE FUJINO

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS
DA CIDADE DE ITAPETININGA/SP

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Ademir Abdala Prata Junior

Dr^a. Karen Luko Sulato

Prof^a. Dr^a. Lucilia do Carmo Giordano

Rio Claro, 04 de dezembro de 2025.

Felipe Birocale Fujino

Ademir Abdala Prata Junior

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, à minha esposa Luana e a minha filha Maria Alice, que são minha fonte de força, amor e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sua presença constante em todos os momentos da minha vida, concedendo-me força e sabedoria para superar os desafios e obstáculos encontrados ao longo do caminho. Sou grato por ter estado comigo durante todo o período de graduação e peço que continue me abençoando e iluminando em minha trajetória profissional.

À minha esposa Luana, pela paciência, compreensão e incentivo durante toda esta jornada acadêmica. Sua presença foi fundamental para que eu mantivesse a perseverança e não desistisse dos meus objetivos. Agradeço, ainda, pela bênção de termos recebido, nesse período, nossa filha Maria Alice, cuja chegada me fortaleceu e motivou ainda mais.

À minha mãe Tatiane, pelo amor incondicional, apoio e incentivo desde a infância. Sua dedicação e exemplo foram essenciais para minha formação pessoal e profissional. Se hoje alcanço esta conquista, devo grande parte a ela.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ademir, pela orientação, disponibilidade, cordialidade e pela valiosa contribuição técnica e científica ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à CETESB, pelo relevante trabalho prestado à sociedade e ao Estado de São Paulo, promovendo o desenvolvimento sustentável e servindo de inspiração para a atuação responsável na área ambiental.

“Do Senhor é a terra e tudo o que nela existe, o mundo e os que nele habitam.”

(Salmos 24:1)

RESUMO

O presente trabalho empreendeu o mapeamento e a caracterização das áreas contaminadas do município de Itapetininga-SP, lançando mão de dados oficiais da CETESB e de ferramentas geoespaciais, analisando interconexões entre a contaminação ambiental, o uso do solo, a hidrografia e a litologia local. Por meio de pesquisa descritiva, exploratória e documental, articulou-se a coleta e análise de relatórios de áreas contaminadas, bases cartográficas do IBGE e mapas temáticos do Instituto Geográfico e Cartográfico, promovendo o geoprocessamento de cada área e a construção de um banco de dados digital apto a produzir mapas temáticos. Os achados apontaram 30 áreas contaminadas, distribuídas em diferentes estágios de investigação e remediação, com predominância de contaminantes oriundos de combustíveis automotivos, hidrocarbonetos totais de petróleo e metais pesados, impactando majoritariamente águas subterrâneas e o subsolo, evidenciando uma relação complexa entre a ocupação urbana, a atividade industrial e os riscos ambientais. Conclui-se que o mapeamento e o monitoramento contínuo das áreas contaminadas são instrumentos estratégicos para mitigar riscos à saúde pública, restaurar a qualidade ambiental e orientar decisões urbanísticas sustentáveis, fornecendo subsídios técnicos de grande valia para gestores, pesquisadores e sociedade civil.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Itapetininga. CETESB.

ABSTRACT

This study undertook the mapping and characterization of the contaminated areas within the municipality of Itapetininga-SP, utilizing official data from CETESB and geospatial tools. It analyzed the interconnections among environmental contamination, land use, hydrography, and local lithology. Through descriptive, exploratory, and documentary research, the collection and analysis of reports on contaminated areas, IBGE cartographic bases, and thematic maps from the Instituto Geográfico e Cartográfico were articulated. This process involved the geoprocessing of each area and the construction of a digital database capable of generating thematic maps. The analysis identified 30 contaminated areas, distributed across different stages of investigation and remediation. Contaminants were predominantly derived from automotive fuels, total petroleum hydrocarbons, and heavy metals, primarily impacting groundwater and the subsurface. This evidence points to a complex relationship between urban occupation, industrial activity, and environmental risks. It is concluded that the continuous mapping and monitoring of contaminated areas represent strategic instruments for mitigating public health risks, restoring environmental quality, and guiding sustainable urban planning decisions. This work provides technical data of significant value for managers, researchers, and civil society.

Keywords: *Environmental Management. Itapetininga. CETESB.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Itapetininga no Estado de São Paulo . . .	15
Figura 2 – Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas	19
Figura 3 – Áreas contaminadas no município de Itapetininga-SP	31
Figura 4 – Litologia da região de Itapetininga-SP	38
Figura 5 – Hidrologia da região de Itapetininga-SP	39
Figura 6 – Compartimentação geomorfológica da região de Itapetininga-SP	40
Figura 7 – Geologia da região de Itapetininga-SP	41
Figura 8 – Uso e cobertura do solo da região de Itapetininga-SP	43
Figura 9 – Declividade da região de Itapetininga-SP	44
Figura 10 – Pedologia da região de Itapetininga-SP	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Classificação e Quantidade	33
Gráfico 2 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Grupo Contaminante e Quantidade	36
Gráfico 3 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Meio impactado e Quantidade	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACI – Área Contaminada sob Investigação
- ACRi – Área Contaminada com Risco Confirmado
- ACRe – Área Contaminada em Processo de Remediação
- AME – Área em Processo de Monitoramento para Encerramento
- ANA – Agência Nacional de Águas
- AR – Área Reabilitada para o Uso Declarado
- BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IGC-SP – Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
- PAHs – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
- QGIS – Quantum Geographic Information System
- SEMIL – Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Conceitos de áreas contaminadas	18
3.2 Fontes de contaminação	21
3.3 Tipos de contaminantes e impactos ambientais	23
3.4 Impactos ambientais e riscos à saúde	25
3.5 Avaliação de riscos ambientais e sociais	26
4. METODOLOGIA	28
4.1 Área de estudo	28
4.2 Coleta de dados	28
4.3 Geoprocessamento	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e das águas subterrâneas representa um importante mecanismo de degradação ambiental associado às atividades antrópicas. Esses processos podem afetar aquíferos, biota e recursos naturais, resultando em riscos diretos e indiretos à saúde humana (GOMES *et al.*, 2023). Trata-se de um problema de caráter difuso, decorrente do acúmulo histórico de práticas industriais e urbanas realizadas sem controle ambiental adequado, configurando um desafio relevante para a gestão urbana e para a proteção dos ecossistemas (SILVA *et al.*, 2022).

No Brasil, o tema das áreas contaminadas emergiu à medida que o país experimentava seu processo acelerado de industrialização e urbanização, especialmente a partir da segunda metade do século XX. O crescimento econômico, muitas vezes desordenado e desprovido de instrumentos eficazes de controle ambiental, resultou em um passivo de contaminação de dimensões consideráveis (CHIRA *et al.*, 2024). Tais áreas contaminadas são locais que, por décadas, receberam efluentes industriais, combustíveis, solventes, metais pesados e resíduos perigosos sem a devida contenção.

Em meio a esse cenário, o Estado de São Paulo desponta como um retrato da complexidade do problema. Por ser o maior centro industrial e urbano do país, concentra mais da metade das áreas contaminadas oficialmente reconhecidas no território nacional (BARROS; PORTO, 2009). Suas cidades, moldadas por uma intensa atividade econômica, convivem com o legado da industrialização e da expansão urbana desregulada. Galpões industriais, postos de combustíveis com tanques subterrâneos deteriorados por processos de corrosão, depósitos de resíduos e lixões desativados são exemplos desse tipo de degradação ambiental, que exige respostas urgentes e fundamentadas (SILVA *et al.*, 2022).

Foi nesse contexto que a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) se consolidou como uma das instituições mais relevantes na gestão e no monitoramento da qualidade ambiental brasileira. Desde sua criação, a CETESB assumiu o papel de autoridade técnica e científica na identificação e na avaliação de áreas contaminadas, estabelecendo metodologias e parâmetros de referência que contribuem para a orientação de políticas públicas em todo o país.

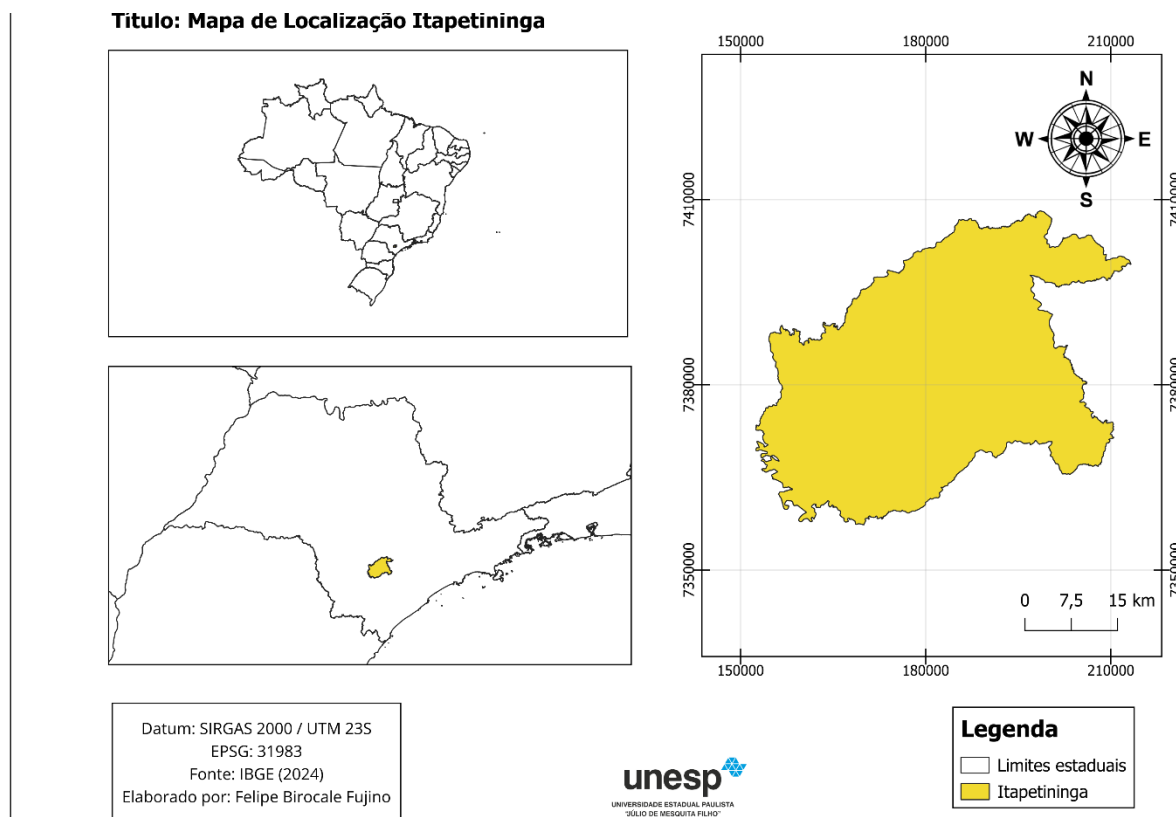
O Relatório de Áreas Contaminadas e Reabilitadas, publicado pela CETESB, periodicamente atualiza números e revela tendências e padrões que refletem o modo

como as cidades e suas atividades econômicas interagem com o meio ambiente. A última versão do documento mostra que, em São Paulo, mais de 60% das áreas contaminadas têm origem em postos de combustíveis, onde vazamentos em tanques subterrâneos liberam compostos tóxicos como BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) e hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) — substâncias de elevada periculosidade, capazes de se infiltrar no solo e alcançar lençóis freáticos, comprometendo o abastecimento hídrico e a saúde pública (CETESB, 2023).

Nesse contexto, a interpretação espacial dessas informações abre um campo de análise e planejamento, em que o geoprocessamento se apresenta como uma ferramenta que permite alcançar uma compreensão territorial da contaminação (CETESB, 2023). O mapeamento geoespacial transforma dados brutos em conhecimento visual e interpretativo, permitindo identificar padrões, sobreposições e correlações entre variáveis ambientais, geológicas e socioeconômicas. Por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é possível observar como a contaminação se distribui no espaço urbano, como se relaciona com a hidrografia, a litologia, o uso do solo e a densidade populacional, e quais áreas apresentam maior vulnerabilidade ambiental (BARBOSA; FONSECA, 2017).

Esse tipo de abordagem espacial torna-se especialmente relevante quando aplicada a municípios de porte médio, cuja dinâmica territorial combina características rurais e urbanas, agrícolas e industriais. É o caso de Itapetininga (Figura 1), município situado na região sudoeste do Estado de São Paulo, que se destaca tanto pelo seu setor agroindustrial quanto pela presença de indústrias de médio porte.

Figura 1 – Localização do município de Itapetininga no Estado de São Paulo



Fonte: Elaborado pelo autor

Com uma área territorial superior a 1.700 km² e uma economia diversificada, Itapetininga apresenta um perfil urbano-rural característico, no qual atividades agrícolas, industriais e de serviços coexistem e influenciam a dinâmica territorial (IBGE, 2022). Em 2021, o município registrou um PIB total de aproximadamente R\$ 6,36 bilhões, dos quais cerca de R\$ 411,2 milhões foram provenientes do setor agropecuário, evidenciando sua relevância econômica local. O uso intensivo do solo para a agricultura, aliado ao transporte e armazenamento de combustíveis e à expansão de atividades industriais, configura um conjunto de pressões ambientais que aumenta o potencial de ocorrência de áreas contaminadas no município.

Apesar dessa realidade, observa-se uma lacuna na literatura e nos estudos técnicos voltados especificamente à identificação e análise das áreas contaminadas em Itapetininga. A CETESB disponibiliza informações públicas e detalhadas sobre o tema, mas ainda carecem trabalhos que sistematizam esses dados sob uma perspectiva geográfica e interpretativa, considerando os aspectos físicos e socioambientais locais.

A escolha de Itapetininga como objeto de estudo se justifica, assim, por três razões fundamentais: a primeira, por representar o recorte de uma região em crescimento e com atividades potencialmente poluidoras; a segunda, pela disponibilidade de dados públicos que permitem uma análise detalhada e adequada; e a terceira, pela ausência de estudos integrados que associam as informações da CETESB a variáveis ambientais e territoriais.

Essa combinação de fatores torna o município um caso de interesse para o desenvolvimento de um estudo de caráter aplicado, com potencial de contribuir para a formulação de políticas públicas locais voltadas à prevenção, remediação e reabilitação ambiental. Este trabalho tem como propósito central, portanto, integrar o mapeamento e a avaliação das áreas contaminadas da cidade de Itapetininga/SP, utilizando como base os dados oficiais da CETESB e ferramentas de geoprocessamento.

A partir da coleta e da análise desses dados, busca-se identificar os tipos de contaminação presentes, compreender sua distribuição espacial e relacioná-las aos fatores ambientais do território municipal — como litologia, hidrografia e uso do solo. A pesquisa abrangeu tanto o perímetro urbano quanto o rural de Itapetininga, tendo como marco temporal os registros atualizados até o ano de 2025. A análise considerou a evolução dos processos de remediação, o estágio das áreas contaminadas e os possíveis riscos ambientais e sociais associados.

A estrutura deste trabalho foi organizada em seis capítulos. Após esta introdução, o Capítulo 2 apresenta os objetivos geral e específicos, delineando as metas da pesquisa. O Capítulo 3, de fundamentação teórica, discute os conceitos e referenciais sobre áreas contaminadas, geoprocessamento e gestão ambiental, bem como a caracterização física e socioeconômica de Itapetininga. O Capítulo 4 descreve a metodologia empregada, detalhando as etapas de coleta, tratamento e análise dos dados e as ferramentas utilizadas. O Capítulo 5 apresenta os resultados e discussões, com mapas temáticos, tabelas e interpretações dos dados obtidos. Por fim, o Capítulo 6 traz as conclusões, destacando as contribuições do estudo e as perspectivas para pesquisas futuras.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Mapear e caracterizar as áreas contaminadas da cidade de Itapetininga-SP com base em dados da CETESB e ferramentas de geoprocessamento.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as áreas contaminadas registradas oficialmente pela CETESB na cidade de Itapetininga-SP;
- Classificar os tipos de contaminação e o estágio do processo de remediação;
- Integrar essas informações em uma abordagem de geoprocessamento, com foco no subsídio à avaliação dos riscos ambientais e sociais associados.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Conceitos de áreas contaminadas

As áreas contaminadas constituem um importante tema da gestão ambiental, pois envolvem alterações químicas no solo e nas águas subterrâneas capazes de comprometer a qualidade ambiental e a saúde humana. A contaminação resulta, em grande parte, de atividades industriais, operações com combustíveis, falhas no armazenamento de substâncias perigosas e práticas produtivas que não incorporaram controles adequados ao longo do tempo. No caso específico de áreas impactadas por derivados de petróleo, compostos como BTEX são frequentemente identificados e podem gerar plumas migratórias associadas às características hidrogeológicas locais, conforme demonstrado por estudos que utilizam métodos geofísicos, como o GPR, para detecção e delimitação dessas anomalias (GOMES et al., 2023).

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em seu Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, uma área contaminada é aquela:

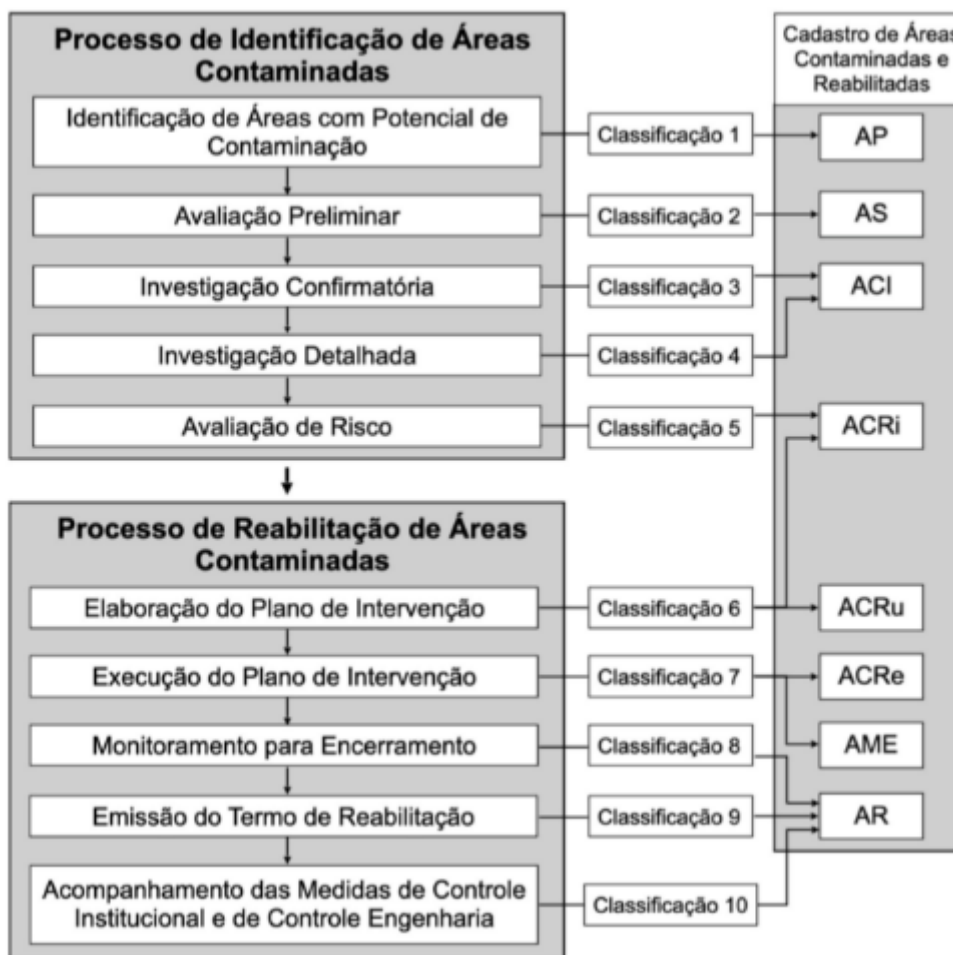
“onde existe ou existiu fonte de contaminação primária e, como resultado, contém quantidades de matéria ou concentrações de substâncias, em ao menos um dos compartimentos do meio ambiente, capazes de causar danos aos bens a proteger” (CETESB, 2023, p. 113).

Essa definição ilustra a complexidade do problema, que engloba dimensões ambientais, bem como os campos social, econômico e humano. Essa contaminação tem o potencial de comprometer ecossistemas inteiros, infiltrando-se nos lençóis freáticos, alterando a qualidade do ar e ameaçando diretamente a saúde das populações vizinhas (CHIRA *et al.*, 2024).

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas (Figura 2), consolidada pela CETESB e amplamente adotada no Brasil, é composta por etapas sequenciais que incluem identificação de áreas suspeitas, avaliação preliminar, investigação confirmatória, investigação detalhada, avaliação de risco, remediação e monitoramento. Cada uma dessas etapas segue procedimentos padronizados de amostragem, análises laboratoriais e critérios de risco, permitindo quantificar

contaminantes, delinear plumas e subsidiar decisões de intervenção (CETESB, 2023; Ferreira; Lofrano; Morita, 2020).

Figura 2 – Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas



Fonte: CETESB, 2023.

O ciclo de gerenciamento das áreas contaminadas segue uma lógica sequencial e interdependente, em que o conhecimento de uma fase sustenta a seguinte. Ele tem início com a identificação das áreas com potencial de contaminação, quando se reúnem indícios, históricos e registros de atividades que possam ter gerado poluição. Essa etapa tem caráter investigativo: o técnico ambiental atua como analista do histórico industrial e urbano, identificando quais atividades foram realizadas, em que locais e de que forma resíduos ou substâncias químicas foram manejados e dispostos. Isso permite reconstruir o cenário de uso e ocupação que levou à

contaminação e orientar as etapas posteriores de diagnóstico (ANDRADE; GONÇALVES, 2023).

A avaliação preliminar aprofunda o diagnóstico inicial por meio da integração de documentos, imagens de satélite, entrevistas e registros históricos, com o objetivo de confirmar ou descartar suspeitas de contaminação. Quando os indícios são consistentes, inicia-se a investigação confirmatória, etapa que envolve atividades de campo e análises laboratoriais destinadas a caracterizar a presença e a extensão da contaminação de forma objetiva. Nessa fase, amostras de solo, água subterrânea e gases do solo são coletadas, preservadas e analisadas segundo procedimentos padronizados, garantindo a confiabilidade dos resultados (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).”

Após confirmada a contaminação, inicia-se a investigação detalhada, etapa destinada a determinar a extensão, o comportamento e a distribuição tridimensional dos contaminantes no solo e nas águas subterrâneas. Essa fase envolve a execução de sondagens, instalação de poços de monitoramento e análises laboratoriais específicas, permitindo caracterizar parâmetros hidrogeológicos, delimitar plumas e identificar caminhos preferenciais de fluxo no subsolo (CHIRA et al., 2024).

Com os dados coletados, os especialistas conduzem a avaliação de risco, etapa crítica do processo. Nesse ponto, aspectos científicos e éticos se articulam, permitindo determinar se o risco é aceitável, se demanda intervenção imediata ou se pode ser gerenciado por meio de medidas de controle específicas. A partir dessa análise, as áreas passam a ser classificadas em categorias que traduzem seu estado ambiental — Área Suspeita de Contaminação (AS), Área Contaminada sob Investigação (ACI), Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi), Área em Processo de Remediação (ACRe), entre outras (CETESB, 2023).

O segundo eixo da metodologia consiste no processo de reabilitação da área, etapa em que as medidas de intervenção são selecionadas de acordo com as características do contaminante, do meio físico e dos cenários de exposição. Entre as tecnologias usualmente empregadas estão a remoção de solo contaminado, o bombeamento e tratamento de águas subterrâneas, barreiras hidráulicas, oxidação química in situ e outras técnicas de remediação. O objetivo é reduzir o risco a níveis aceitáveis e restabelecer condições seguras de uso. Uma vez atendidos os critérios técnicos e regulatórios, a CETESB emite o Termo de Reabilitação para o Uso

Declarado (TRUD), que formaliza a adequação da área ao uso previsto (CETESB, 2023; FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).”

Todas essas informações, relatórios e classificações alimentam o Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas (CACR), uma base pública mantida pela CETESB que reúne, organiza e dá transparência ao processo. Segundo a CETESB (2023, p. 114), “todas as informações obtidas em suas etapas devem ser armazenadas no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas, utilizado para dar publicidade às ações de GAC na região de interesse e subsidiar o planejamento, a fiscalização e demais ações necessárias por parte do órgão ambiental gerenciador”. O cadastro é, portanto, uma ferramenta de governança ambiental, essencial para a tomada de decisões estratégicas no território, com base no banco de dados organizado.

No Brasil, a história do gerenciamento de áreas contaminadas é marcada por casos emblemáticos que serviram como gatilho para o aprimoramento das políticas públicas. O desastre da Cidade dos Meninos, no Rio de Janeiro, na década de 1980, expôs o risco extremo de contaminação por pesticidas em áreas habitadas. Anos depois, o caso Shell/Basf em Paulínia (SP) se tornaria um marco na luta por responsabilidade ambiental corporativa, ao revelar a gravidade dos impactos de vazamentos industriais sobre comunidades inteiras. Esses eventos trouxeram à luz o que até então se mantinha sob o solo e impulsionaram o desenvolvimento de metodologias de controle e remediação cada vez mais sofisticadas (GERDENITS, 2009).

3.2 Fontes de contaminação

As fontes de contaminação ambiental são múltiplas, envolvendo interações entre atividades humanas e os compartimentos naturais do meio ambiente. Entre elas, os postos de combustíveis ocupam posição de destaque, configurando-se como epicentros potenciais de poluição em áreas urbanas e periurbanas. O vazamento de tanques subterrâneos, muitas vezes invisível à superfície, promove a infiltração de substâncias químicas perigosas no solo e nas águas subterrâneas, em especial os compostos aromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (conhecidos como BTEX) e os hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH). Essas moléculas, persistentes e lipofílicas, têm a capacidade de migrar por longas distâncias através de solos arenosos ou fraturados, contaminando aquíferos e representando risco direto à saúde

humana, sobretudo pelo contato com água potável ou pela inalação de vapores tóxicos (CANÁRIO; BETTINE, 2020).

As indústrias, com seus complexos fluxos de produção e descarte de efluentes, representam outra fonte significativa de contaminação. Mesmo sob regimes regulatórios e monitoramento ambiental, resíduos líquidos, sólidos e gasosos podem escapar do controle, depositando metais pesados, solventes, compostos orgânicos e nutrientes em excesso nos compartimentos ambientais. O impacto dessas emissões não se limita ao entorno imediato das instalações: correntes de água e ventos dispersam contaminantes, criando zonas de influência que se expandem além das fronteiras industriais e atingem ecossistemas e populações humanas adjacentes (CARNEIRO *et al.*, 2020).

Os aterros e resíduos urbanos, por sua vez, constituem uma fonte difusa de poluição que muitas vezes passa despercebida. A decomposição inadequada de resíduos sólidos urbanos gera lixiviados ricos em sais, metais pesados e matéria orgânica em decomposição, capazes de infiltrar-se no solo e alcançar os lençóis freáticos (CETESB, 2020). A presença de resíduos perigosos, como baterias, eletrônicos e produtos químicos domésticos, agrava o quadro, criando *hotspots* de contaminação que exigem atenção continuada por parte de órgãos ambientais e gestores urbanos (PEIXOTO, 2020).

No caso específico de Itapetininga, além das fontes associadas à indústria e aos postos de combustíveis, a atividade agrícola também representa um potencial vetor de contaminação ambiental no município. Itapetininga possui um setor agropecuário economicamente expressivo, com destaque para culturas como soja, milho e cana-de-açúcar, além de pecuária de corte e leiteira (IBGE, 2022). Esses sistemas produtivos tipicamente fazem uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes minerais, os quais podem atingir o solo e a água subterrânea por lixiviação, escoamento superficial ou deriva.

Diversos estudos nacionais demonstram que compostos amplamente utilizados na agricultura — como herbicidas à base de glifosato, inseticidas organofosforados, carbamatos e neonicotinoídeos — apresentam potencial de mobilidade e persistência ambiental, podendo alcançar cursos d'água e aquíferos quando há condições favoráveis de infiltração (PEREIRA *et al.*, 2022; RIBEIRO *et al.*, 2024). A extensão desse impacto depende de fatores como o tipo de solo predominante, a profundidade do lençol freático, o regime de chuvas e o manejo agrícola adotado, aspectos também

considerados pela Agência Nacional de Águas em avaliações de vulnerabilidade de aquíferos no Brasil (ANA, 2007).

Nesse contexto, a prática agrícola em Itapetininga deve ser compreendida como um componente estruturante do território, capaz de contribuir para a contaminação difusa quando o uso de insumos não é acompanhado de monitoramento adequado. Assim, cada sistema produtivo do município constitui uma combinação específica de riscos, determinada pela interação entre práticas agrícolas, características físicas locais e sensibilidade ambiental do meio.

Essas fontes não atuam isoladamente; ao contrário, muitas vezes se sobrepõem, ampliando a complexidade do gerenciamento ambiental. Um posto de combustíveis próximo a um rio que recebe efluentes industriais e lida com o escoamento agrícola torna-se um ponto de convergência de múltiplos contaminantes, exigindo soluções de remediação sofisticadas e integradas. A compreensão dessas fontes, portanto, não se limita à identificação de sua presença, mas envolve a análise de seus efeitos combinados, seus caminhos de dispersão e os riscos que representam para o meio ambiente e para a sociedade (SILVA *et al.*, 2024).

3.3 Tipos de contaminantes e impactos ambientais

O universo dos contaminantes ambientais vai além da simples presença de substâncias químicas no solo ou na água; trata-se de um complexo sistema de interações, transportes e transformações, potencialmente refletindo o impacto de práticas humanas passadas e atuais. Como mencionado anteriormente, entre os contaminantes mais relevantes, destacam-se os BTEX e os hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), que emergem principalmente de postos de combustíveis, refinarias e sistemas de armazenamento subterrâneo (CHIRA *et al.*, 2024).

Esses compostos aromáticos não permanecem restritos ao ponto de origem; devido à sua volatilidade, solubilidade parcial e afinidade por tecidos orgânicos, têm o potencial de migrar tridimensionalmente no solo, infiltrar aquíferos e comprometer lençóis freáticos, muitas vezes sem sinais visíveis na superfície. Os processos de infiltração de água ou emissão de vapor constituem um vetor de risco, representando, sob a perspectiva química (SILVA *et al.*, 2022).

Também de grande relevância são os metais pesados, cuja persistência ambiental é elevada, deixando impactos duradouros no solo e na biota. Elementos

como chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio e cromo atuam como vetores de toxicidade crônica, bioacumulando-se em solos e organismos, percorrendo cadeias tróficas e afetando processos fisiológicos e reprodutivos de diversas espécies (GOMES *et al.*, 2023).

A Agência Nacional de Águas (ANA) alerta que a lixiviação de metais pesados para cursos hídricos é um fator de degradação, contaminando mananciais e ameaçando populações humanas que dependem dessas águas para consumo, irrigação e lazer (ANA, 2007).

Em áreas agrícolas, o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos configura um padrão de contaminação difusa condicionado ao manejo do solo e às características hidrogeológicas locais. Compostos como organofosforados, neonicotinoides, carbamatos e glifosato podem percolar pelas camadas superficiais do solo por meio de lixiviação vertical, especialmente em solos permeáveis ou sob regimes intensos de precipitação, alcançando o nível freático e contaminando aquíferos rasos. Esses produtos também podem ser transportados para corpos d'água superficiais por escoamento, influenciando parâmetros físico-químicos como concentrações de pesticidas residuais, carga orgânica e nutrientes associados a fertilizantes (FEAM, 2025; PEREIRA *et al.*, 2022; RIBEIRO *et al.*, 2024). A magnitude desses impactos depende do tipo de solo, da profundidade do aquífero, do regime de chuvas e das práticas de manejo adotadas, reforçando a necessidade de avaliações locais baseadas em dados hidrogeológicos e análises laboratoriais.

Os aterros e áreas de disposição de resíduos urbanos podem atuar como fontes de contaminação difusa devido à geração de lixiviados resultantes da decomposição da matéria orgânica e da percolação de água através dos resíduos. Esses lixiviados geralmente apresentam elevadas concentrações de sólidos dissolvidos, matéria orgânica, nutrientes e metais, os quais podem infiltrar-se no solo e alcançar o aquífero quando não há sistemas adequados de impermeabilização e drenagem. A mobilidade desses contaminantes depende das características do solo, da profundidade do nível freático e das condições de fluxo subterrâneo, podendo comprometer a qualidade da água subterrânea e superficial conectada. Por esse motivo, áreas próximas a aterros exigem monitoramento contínuo e avaliação hidrogeológica sistemática para identificação de possíveis alterações nos parâmetros físico-químicos da água (CETESB, 2023; SILVA *et al.*, 2024).

Embora o foco principal da literatura utilizada neste trabalho esteja voltado a contaminantes clássicos — como BTEX, hidrocarbonetos derivados de combustíveis, nutrientes e metais — é importante destacar que o monitoramento ambiental tem incorporado, progressivamente, parâmetros adicionais para avaliação da qualidade da água subterrânea. Estudos recentes enfatizam a necessidade de integração entre análises físico-químicas, hidrogeológicas e microbiológicas para caracterizar adequadamente processos de contaminação em aquíferos, sobretudo em áreas urbanizadas ou sujeitas a pressões antrópicas crescentes (ANDRADE; GONÇALVES, 2023; ANA, 2007). A complexidade desses sistemas decorre da interação entre características do solo, profundidade do nível freático, usos do solo e fontes potenciais de poluição, exigindo abordagens de diagnóstico e monitoramento que considerem múltiplos indicadores de qualidade ambiental.

3.4 Impactos ambientais e riscos à saúde

A contaminação ambiental, em sua dimensão mais complexa, vai além da simples presença de resíduos químicos no solo, na água ou no ar; constitui um sistema de interações dinâmicas, podendo alterar ecossistemas inteiros e a saúde de populações humanas de forma difusa e muitas vezes imperceptível (CHIRA *et al.*, 2024).

Segundo o Ministério da Saúde, a exposição a contaminantes químicos na água pode representar risco à saúde humana quando os parâmetros de qualidade ultrapassam valores estabelecidos para consumo, especialmente em sistemas de abastecimento vulneráveis ou sem monitoramento adequado (BRASIL, 2006). No contexto deste estudo, tais riscos estão associados principalmente à presença de substâncias químicas provenientes de atividades industriais, postos de combustíveis, manejo agrícola e disposição inadequada de resíduos, que podem alterar a composição físico-química da água subterrânea. A avaliação desses riscos depende do tipo e da concentração dos contaminantes, das características hidrogeológicas locais e do uso da água afetada, reforçando a importância do monitoramento sistemático previsto nas diretrizes nacionais de vigilância da qualidade da água.

A exposição prolongada a esses poluentes, conforme indicado pelo Ministério da Saúde, apresenta risco de impactos cumulativos à saúde, muitas vezes silencioso e de difícil detecção, interagindo com doenças preexistentes, vulnerabilidades

socioeconômicas e outros contaminantes presentes, configurando um cenário multifatorial de risco à saúde pública (BRASIL, 2006).

O Ministério da Saúde, assim como órgãos ambientais como a CETESB e a ANA, reforça a importância do monitoramento sistemático da qualidade da água e da necessidade de integrar informações físico-químicas e hidrogeológicas para avaliação de riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Essa abordagem envolve a coleta regular de dados, a análise de parâmetros de interesse e a adoção de medidas preventivas e corretivas em áreas vulneráveis ou já impactadas por atividades potencialmente poluidoras (BRASIL, 2006; CETESB, 2023).

A utilização consistente desses dados permite subsidiar diagnósticos ambientais, orientar processos de tomada de decisão e apoiar políticas públicas voltadas ao controle e remediação de áreas contaminadas. A interpretação integrada dos resultados facilita a identificação de tendências de contaminação, a definição de prioridades de intervenção e o acompanhamento da efetividade das ações aplicadas, contribuindo para a gestão adequada dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).

3.5 Avaliação de riscos ambientais e sociais

A avaliação de riscos em áreas contaminadas exige a compreensão do comportamento dos contaminantes no solo e na água subterrânea, considerando processos como volatilização, adsorção, solubilidade, lixiviação e transporte ao longo do fluxo subterrâneo. Compostos como BTEX, frequentemente identificados em áreas impactadas por postos de combustíveis, apresentam mobilidade dependente das características hidrogeológicas locais, podendo formar plumas que se deslocam em direção ao lençol freático e a zonas de descarga (GOMES et al., 2023; CHIRA et al., 2024). A definição do risco ambiental depende do tipo de contaminante, de sua concentração, das vias de exposição e do uso atual ou futuro da área, aspectos que orientam a seleção de medidas de controle e remediação (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).

O ar, por sua vez, atua como um vetor de exposição contínua a contaminantes. Partículas finas, gases tóxicos e compostos voláteis, emitidos por indústrias, veículos, queimadas e outros processos do meio urbano, infiltram-se nos sistemas respiratório e cardiovascular, exacerbando doenças preexistentes, provocando asma, bronquite,

eventos cardíacos e insuficiência respiratória. Além disso, interage com vulnerabilidades sociais, idade, condições de saúde e outros poluentes presentes, criando um risco multifatorial. (BRASIL, 2022)

Do ponto de vista da gestão ambiental, a avaliação de riscos em áreas contaminadas deve considerar não apenas as características químicas e hidrogeológicas dos contaminantes, mas também os usos atuais e futuros das áreas impactadas, conforme estabelecido pela CETESB e pelas diretrizes nacionais de vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2006; CETESB, 2023). A exposição potencial varia de acordo com fatores como o tipo de atividade exercida no local, a proximidade de captações de água subterrânea e a presença de populações que utilizam esses recursos para consumo ou abastecimento. Assim, a identificação dos cenários de exposição e a definição de medidas preventivas ou corretivas exigem análise integrada entre dados ambientais, padrões de qualidade e requisitos legais aplicáveis (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).

A metodologia de avaliação de riscos adotada pela CETESB e recomendada em consonância com o Ministério da Saúde integra múltiplas camadas de informação: caracterização de contaminantes, mobilidade, persistência, vias de exposição humana e ecológica, análise de vulnerabilidade e determinação do risco baseado em padrões normativos e evidências científicas (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020).

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

As áreas em estudo no município de Itapetininga foram classificadas segundo a taxonomia oficial da CETESB, distribuindo-se entre Áreas Contaminadas sob Investigação (ACI), Áreas Contaminadas com Risco Confirmado (ACRe), Áreas Contaminadas em Reabilitação (ACRi), Áreas Contaminadas Reabilitadas para o Uso Declarado (ACRu), Áreas em Monitoramento para Encerramento (AME) e Áreas Reabilitadas (AR).

As ACI são os primeiros sinais de alerta; nelas, a contaminação é suspeita e o diagnóstico é incipiente. Já as ACRe e ACRi configuram a materialização do dano, quando os contaminantes — compostos orgânicos voláteis, metais pesados, hidrocarbonetos ou solventes industriais — já se infiltraram nas camadas subterrâneas, exigindo intervenções técnicas normalmente complexas e contínuas. As categorias ACRu, AME e AR representam as etapas finais do gerenciamento. A ACRu indica que a área está em processo de reabilitação, com a remediação já implantada e em avaliação. A AME corresponde ao período de monitoramento após o término da remediação, quando se verifica se as condições ambientais permanecem estáveis. Já a AR marca o encerramento do processo, quando a área é oficialmente considerada reabilitada e apta para o uso declarado, sem oferecer riscos ao meio ambiente ou à saúde humana. (CETESB, 2023).

4.2. Coleta de dados

Inserida em uma perspectiva documental, a pesquisa apoia-se em dados secundários de alta confiabilidade, extraídos de instituições oficiais, por exemplo:

- CETESB: fornece informações detalhadas sobre tipos de contaminantes, estágios de remediação e histórico de intervenções;
- IBGE: fornece base cartográfica e censitária, que permite compreender a distribuição demográfica e o contexto urbano;
- Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC-SP): agrega dados geológicos, hidrológicos e de uso do solo, compondo uma

matriz informacional capaz de sustentar análises espaciais de considerável complexidade e densidade interpretativa.

A coleta de dados inicia-se com a extração criteriosa das planilhas da CETESB, assegurando que cada área identificada seja corretamente caracterizada quanto ao tipo de contaminante, ao estágio de remediação e ao histórico de investigação. Além disso, a vinculação de cada ocorrência ao setor econômico responsável permite compreender padrões de ocorrência e auxiliar na interpretação dos processos que levaram à contaminação, contribuindo para uma análise integrada e fiel à realidade local.

4.3. Geoprocessamento

A investigação foi conduzida através do portal oficial da SEMIL – Mapas da Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, utilizando o aplicativo SIGAMGeo, um instrumento público e interativo, estruturado sobre a plataforma QGIS, que possui funcionalidades correlatas aos sistemas de informações geográficas (SIG)

O geoprocessamento, realizado no software QGIS, potencializa a dimensão espacial do estudo, propiciando representações geográficas precisas, capazes de articular a distribuição das áreas contaminadas com malha urbana, hidrografia, relevo, uso do solo e densidade populacional. Cada ponto geoprocessado foi localizado no mapa por meio das coordenadas fornecidas nas planilhas da CETESB, permitindo a identificação espacial precisa de cada área contaminada. Após a importação dos dados, realizou-se o cruzamento direto com as camadas utilizadas no estudo — litologia, aquíferos, limite urbano e rede hidrográfica — com o objetivo de verificar a inserção de cada ponto em seu contexto físico e ambiental imediato. Essa abordagem permitiu avaliar, de forma aplicada, como fatores como tipo de formação geológica, proximidade de cursos d'água e posição em relação ao perímetro urbano influenciam o potencial de mobilidade dos contaminantes e a suscetibilidade local.

Para além da classificação básica das áreas, a análise dos dados envolve uma interpretação técnica que integra informações químicas, físicas e socioambientais relevantes ao estudo. As áreas foram avaliadas considerando o tipo de contaminante, seu potencial de mobilidade no solo e na água, o estágio de investigação ou remediação informado pela CETESB, além das características do uso e ocupação do solo no entorno. Essa abordagem permite inferir como fatores ambientais e antrópicos

podem influenciar o comportamento dos contaminantes e o risco associado a cada localidade. Esta abordagem permite delinear cenários de risco, identificar *hotspots* de contaminação, inferir possíveis trajetórias de dispersão dos poluentes e compreender os nexos entre atividades econômicas e impactos ambientais, criando um panorama abrangente, dinâmico e interconectado das áreas estudadas.

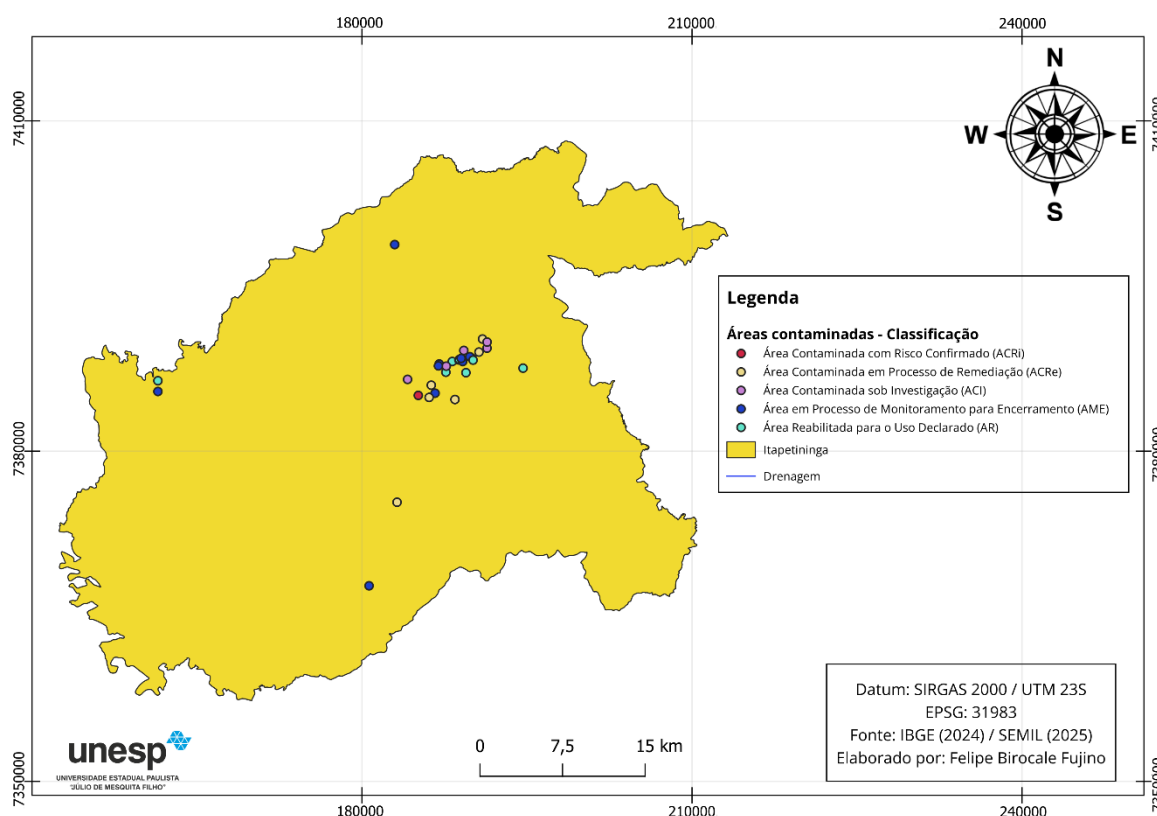
O produto final da metodologia consiste na geração de mapas temáticos de alta e de um banco de dados digital compatível com sistemas de informações geográficas, capaz de consolidar informações geoprocessadas, classificação de contaminantes e estágios de remediação.

Estes instrumentos não apenas permitem visualização e interpretação estratégica, mas também constituem ferramentas de gestão urbana e ambiental, oferecendo suporte técnico a gestores públicos, pesquisadores e sociedade civil. Ao integrar análise espacial, dados documentais e camadas ambientais, a metodologia tem o potencial de subsidiar decisões de mitigação, planejamento urbano sustentável, políticas públicas e estratégias de prevenção.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificadas trinta (30) áreas contaminadas em Itapetininga (Figura 3). Essas áreas foram classificadas segundo a taxonomia oficial da CETESB, distribuindo-se entre Áreas Contaminadas sob Investigação (ACI), Áreas Contaminadas com Risco Confirmado (ACRe), Áreas Contaminadas em Reabilitação (ACRi), Áreas Contaminadas Reabilitadas para o Uso Declarado (ACRu), Áreas em Monitoramento para Encerramento (AME) e Áreas Reabilitadas (AR).

Figura 3 – Áreas contaminadas no município de Itapetininga-SP



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da CETESB (2025).

Após a elaboração da camada de pontos geoprocessada representando as 30 áreas contaminadas identificadas no município de Itapetininga-SP, torna-se essencial o detalhamento analítico de cada ponto presente no mapa temático. O quadro a seguir organiza essas informações, apresentando o nome da empresa associada, a classificação da área segundo a CETESB, o grupo de contaminantes predominantes e os meios ambientais impactados.

Quadro 1 – Áreas contaminadas registradas na cidade de Itapetininga-SP

Nome da empresa	Classificação da área	Grupo contaminante	Meios impactados	Coordenadas geográficas
3M DO BRASIL LTDA.	Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Não identificado	Não identificado	-23,60110043 -48,09484497
MOURA BATERIAS AUTOMOTIVAS LTDA.	Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi)	Metais	Águas Subterrâneas	-23,61440985 -48,08558978
ALCIATI & ALCIATI LTDA.	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos/PA Hs/ Solventes/Grupo TPH	Águas Subterrâneas	-23,61629653 -48,07602803
SIQUELERO E SIQUELERO AUTO POSTO LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,61289124 -48,07060925
AUTO POSTO 3 CORAÇÕES LTDA.	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,60627453 -48,07387072
AUTO POSTO LAGOA LTDA.	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Não identificado	Não identificado	-23,61839755 -48,05305294
AUTO POSTO MIQUIRA LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,59590754 -48,06062627
POSTO DE SERVIÇOS RIO BRANCO ITAPETININGA LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos/PA Hs/ Grupo TPH	Águas Subterrâneas	-23,59059717 -48,06709984
AUTO POSTO PAQUETÁ LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58900483 -48,06641065
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM (DER)	Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,59092612 -48,06015962
TARCÍSIO OLIVER FARIA E CIA. LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58722291 -48,05475872
AUTO POSTO ARAUJO & GOES LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas	-23,59663332 -48,04277778

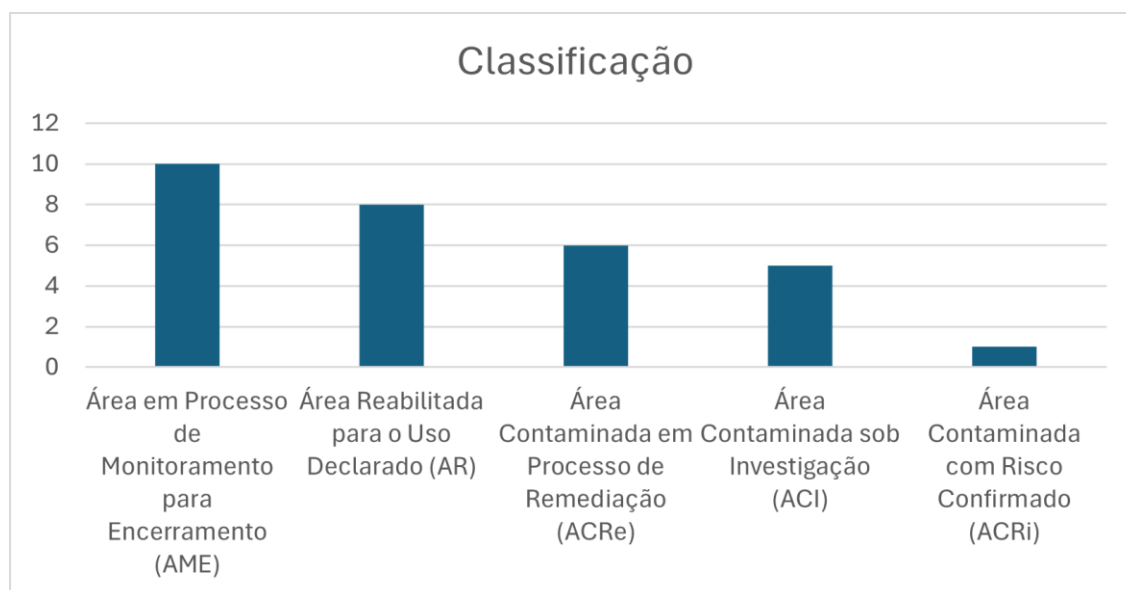
VIAÇÃO COMETA S.A.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58608152 -48,0488308
AUTO POSTO MIQUIRA II LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos	Subsolo	-23,58569483 -48,0484282
AUTO POSTO CORREIA & CORREIA LTDA	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,58481487 -48,04676373
AUTO POSTO ITAPETININGA LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58743428 - 48,04546149
MUNICÍPIO DE ITAPETININGA	Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Combustíveis Automotivos/ Grupo TPH	Águas Subterrâneas	-23,57837772 -48,04425445
AUTO POSTO BR 65 LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas	-23,5835851 -48,03905593
AUTO POSTO CEREJEIRA DE ITAPETININGA LTDA.	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58524157 -48,0369527
AUTO POSTO SARUTAYÁ LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos/Solventes Aromáticos/Grupo TPH	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,58646357 -48,03620065
SOROCABA REFRESCOS LTDA.	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos/PA Hs/ Grupo TPH	Águas Subterrâneas	-23,57997131 -48,03081451
AUTO POSTO NOVA ITAPETININGA LTDA.	Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas	-23,5769175 -48,0235596
EMPRESA DE ÔNIBUS CIRCULAR NOSSA SENHORA APARECIDA LTDA.	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas/ Subsolo	-23,56934719 -48,02739199
SIQUELERO AUTO POSTO LTDA.	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos/PA Hs	Águas Subterrâneas	-23,5939025 -47,99187438
AGRO IND.VISTA ALEGRE S/A	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos	Águas Subterrâneas / Subsolo	-23,49040446 -48,10372644

CITROSUCO S/A AGROINDUSTRIA	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos / PAHs	Águas Subterrâneas / Subsolo	-23,60641363 -48,31722305
B.J. COMÉRCIO DE DERIVADOS DE PETROLEO LTDA	Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)	Combustíveis Automotivos / PAHs / Solventes Aromáticos	Subsolo / Águas Subterrâneas	-23,59760945 -48,31700072
IRMÃOS CARVALHO AUTO POSTO LTDA	Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)	Combustíveis Automotivos / PAHs	Águas Subterrâneas / Subsolo	-23,76953027 -48,13312585
ATLÂNTICO DA AMÉRICA - COMÉRCIO DE LUBRIFICANTES LTDA	Área Contaminada sob Investigação (ACI)	Não identificado	Não identificado	-23,5939025 -47,99187438
AUTO POSTO FLORASIL LTDA	Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)	Combustíveis Automotivos / Solventes Aromáticos	Águas Subterrâneas / Subsolo	-23,70157661 -48,10657975

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados da CETESB (2025).

O gráfico apresentado a seguir (Gráfico 1) sintetiza a distribuição das áreas contaminadas no município de Itapetininga-SP de acordo com a Classificação da CETESB (2025).

Gráfico 1 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Classificação e Quantidade



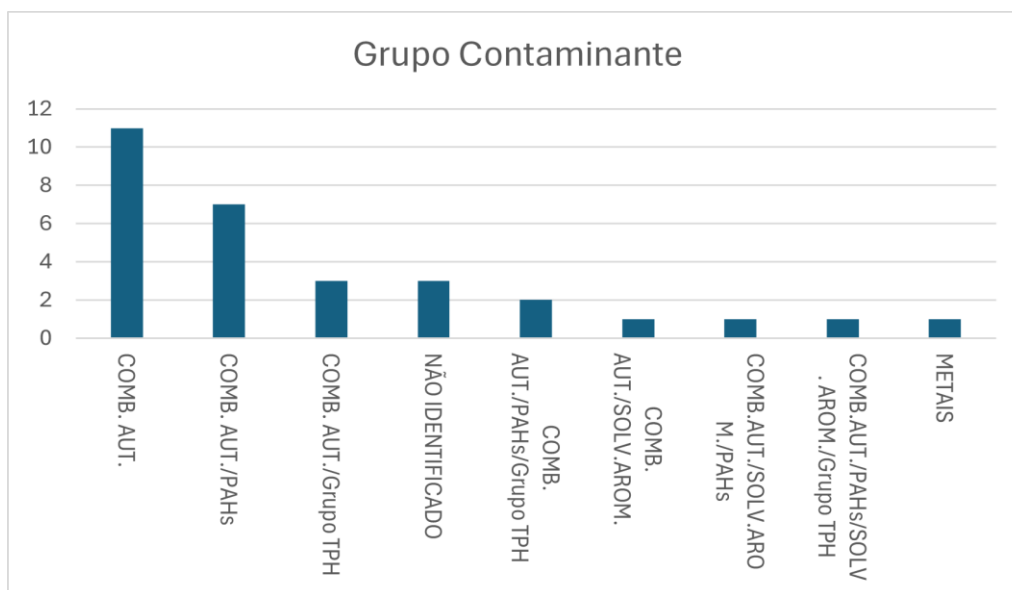
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados da CETESB (2025).

Observa-se, de imediato, que as Áreas em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME) e as Áreas Reabilitadas para o Uso Declarado (AR) concentram o maior contingente, sinalizando uma predominância de áreas que já passaram por intervenções ou que estão sob vigilância contínua. Isso indica, ao menos parcialmente, a efetividade do gerenciamento ambiental implementado.

Em seguida, as Áreas Contaminadas em Processo de Remediação (ACRe), totalizando cinco locais, onde a presença de passivos ambientais ainda ativos, nos quais os esforços de recuperação estão em andamento, exige atenção técnica e acompanhamento sistemático. As Áreas Contaminadas sob Investigação (ACI), quatro no total, indicam locais em fase preliminar de caracterização, onde os riscos potenciais ainda necessitam de confirmação detalhada. Por fim, a categoria mais crítica, a Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi), embora representada por apenas um local, concentra a maior severidade em termos de risco ambiental, exigindo medidas emergenciais e rigorosa fiscalização

O Gráfico 2 apresenta a distribuição das áreas contaminadas de Itapetininga segundo os grupos de contaminantes e suas respectivas quantidades. Essa representação permite identificar a predominância de determinados tipos de contaminantes no município e compreender como cada grupo contribui para o cenário geral de pressão antrópica e ambiental.

Gráfico 2 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Grupo Contaminante e Quantidade

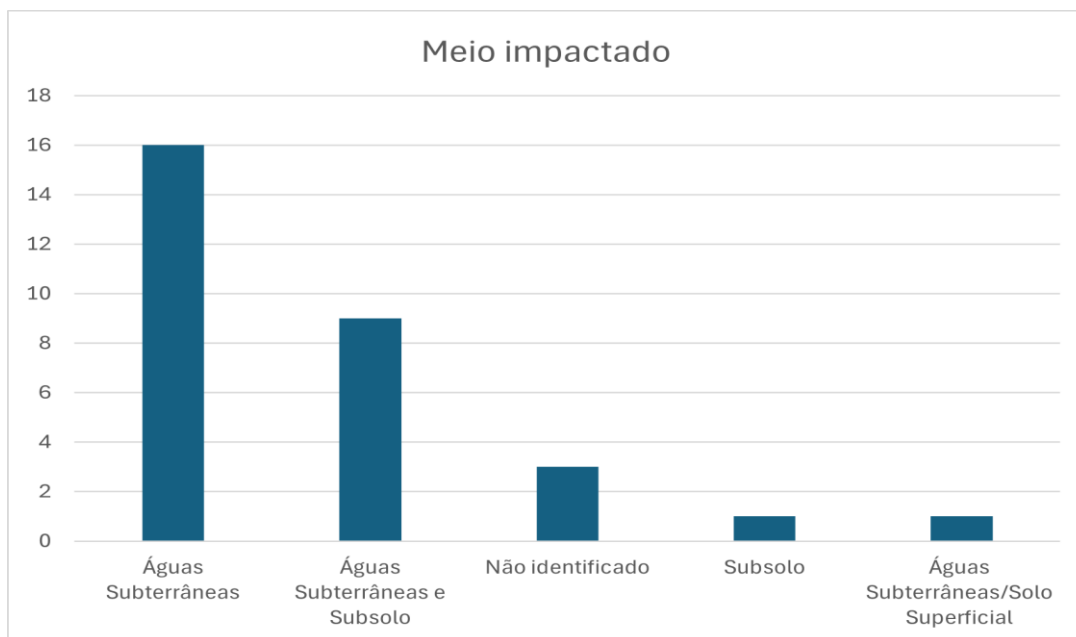


Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados da CETESB (2025).

O gráfico demonstra que a maior parte das áreas contaminadas de Itapetininga está associada a combustíveis automotivos, com destaque para o grupo COMB. AUT., que concentra o maior número de ocorrências. Os grupos COMB. AUT./PAHs e COMB. AUT./Grupo TPH também se destacam, indicando misturas de contaminantes derivados do petróleo, com presença tanto de compostos voláteis (BTEX) quanto de hidrocarbonetos mais pesados e persistentes (TPH e PAHs). As categorias de menor ocorrência, incluindo solventes aromáticos e metais, representam casos pontuais, geralmente vinculados a atividades industriais. A distribuição observada confirma que mais de 80% dos casos têm origem em vazamentos de combustíveis, reforçando o papel dos postos como principal fonte e evidenciando a necessidade de ações de prevenção e monitoramento voltadas a esse setor.

Avançando na análise, o próximo gráfico (Gráfico 3) resume a distribuição das áreas contaminadas segundo os meios impactados e suas respectivas quantidades, evidenciando a complexa rede de interações entre contaminantes e compartimentos ambientais em Itapetininga.

Gráfico 3 – Distribuição das Áreas Contaminadas por Meio impactado e Quantidade



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados da CETESB (2025).

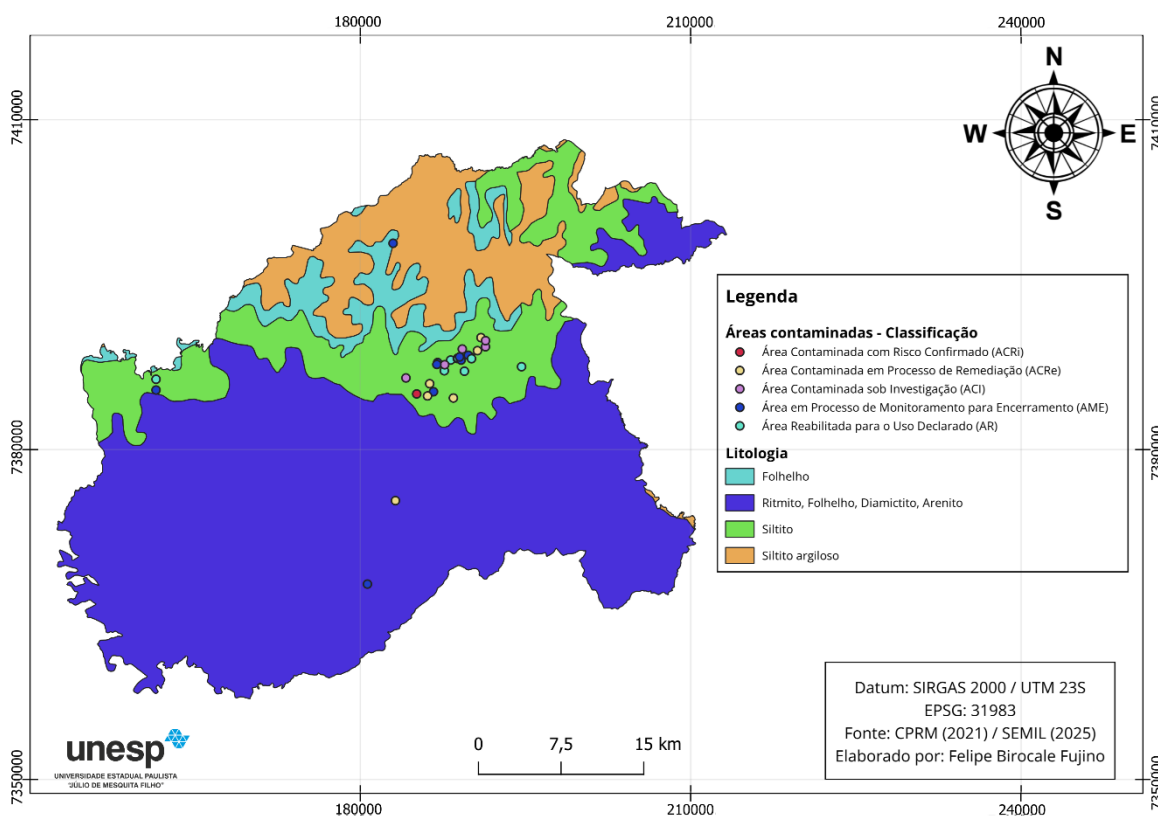
Fica evidente que a maioria das áreas afetam diretamente as águas subterrâneas, recurso vital cuja contaminação propaga-se de forma silenciosa, mas com potencial devastador, sobre o abastecimento e a saúde pública. Em seguida, o subsolo emerge impactado em algumas áreas, sinalizando a penetração profunda dos poluentes, o que normalmente escapa à percepção superficial e exige intervenção técnica rigorosa. Ainda, poucas áreas permanecem com o meio impactado não identificado, ressaltando que mesmo lacunas que podem representar riscos latentes e exigem avaliação criteriosa e abordagem sistemática.

A predominância de contaminantes provenientes de combustíveis automotivos não ocorre de maneira isolada; ela reflete os efeitos cumulativos de vazamentos históricos e recentes de tanques subterrâneos, nos quais hidrocarbonetos se infiltram gradualmente no solo e nos aquíferos, contaminando solos e águas subterrâneas, penetrando camadas de areia e argila, as quais podem, respectivamente, acelerar ou retardar a migração dos poluentes. Combustíveis derramados ou resíduos descartados inadequadamente interagem com as propriedades físicas do subsolo, como litologia, porosidade e permeabilidade, que controlam a migração, atenuação e dispersão dos contaminantes. Esses fatores determinam o potencial de alcance do

poluente, o risco de contaminação da água subterrânea e a complexidade do processo de remediação, constituindo elementos essenciais para a avaliação de risco e para o gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2023).

A Figura 4 apresenta o mapa da Litologia da região de Itapetininga-SP, onde diferentes cores delimitam as unidades rochosas e depósitos superficiais que formam o subsolo local. A composição e a distribuição desses materiais (como Arenito, Folhelho e Siltito) são o principal fator que controla a vulnerabilidade da região à contaminação, pois determinam a forma e a velocidade com que a água e os resíduos químicos podem se movimentar no meio subterrâneo. A maior parte das áreas contaminadas está localizada em litologias de siltito. Nesse sentido, materiais permeáveis como o Arenito (P1t) e os Depósitos de areia (Q2a) podem permitir a rápida dispersão de poluentes, enquanto as áreas de Folhelho e Siltito argiloso (C2Plt) atuam como barreiras naturais que retardam a migração (CPRM, 2001).

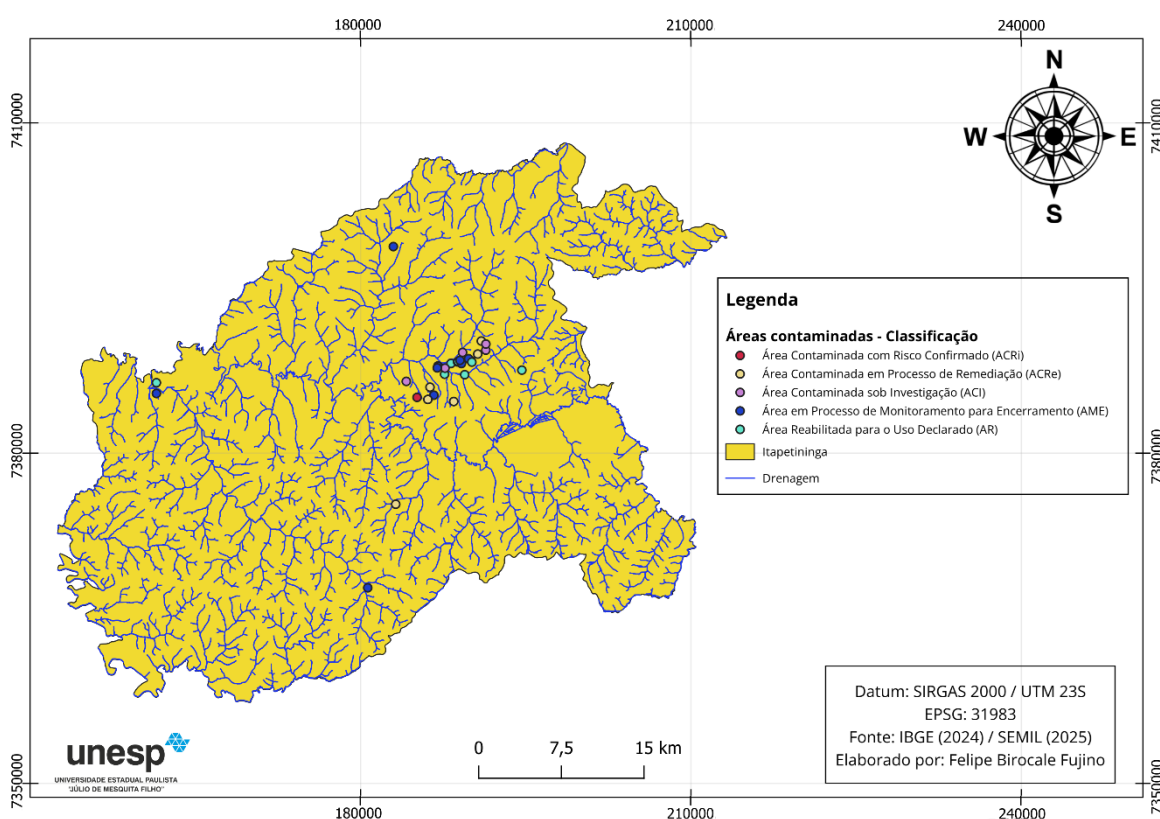
Figura 4 – Litologia da região de Itapetininga-SP



Fonte: Elaborado pelo autor

A hidrografia local, com seus rios, córregos e áreas de recarga, tem potencial de funcionar como um canal de transporte de contaminantes, conduzindo poluentes de forma discreta ao longo de trajetórias complexas, ameaçando aquíferos vitais e a qualidade da água que sustenta a população. A Figura 5 apresenta um mapa geoprocessado da drenagem de Itapetininga, permitindo visualizar a distribuição dos cursos d'água e a organização hidrográfica da região.

Figura 5 – Hidrologia da região de Itapetininga-SP



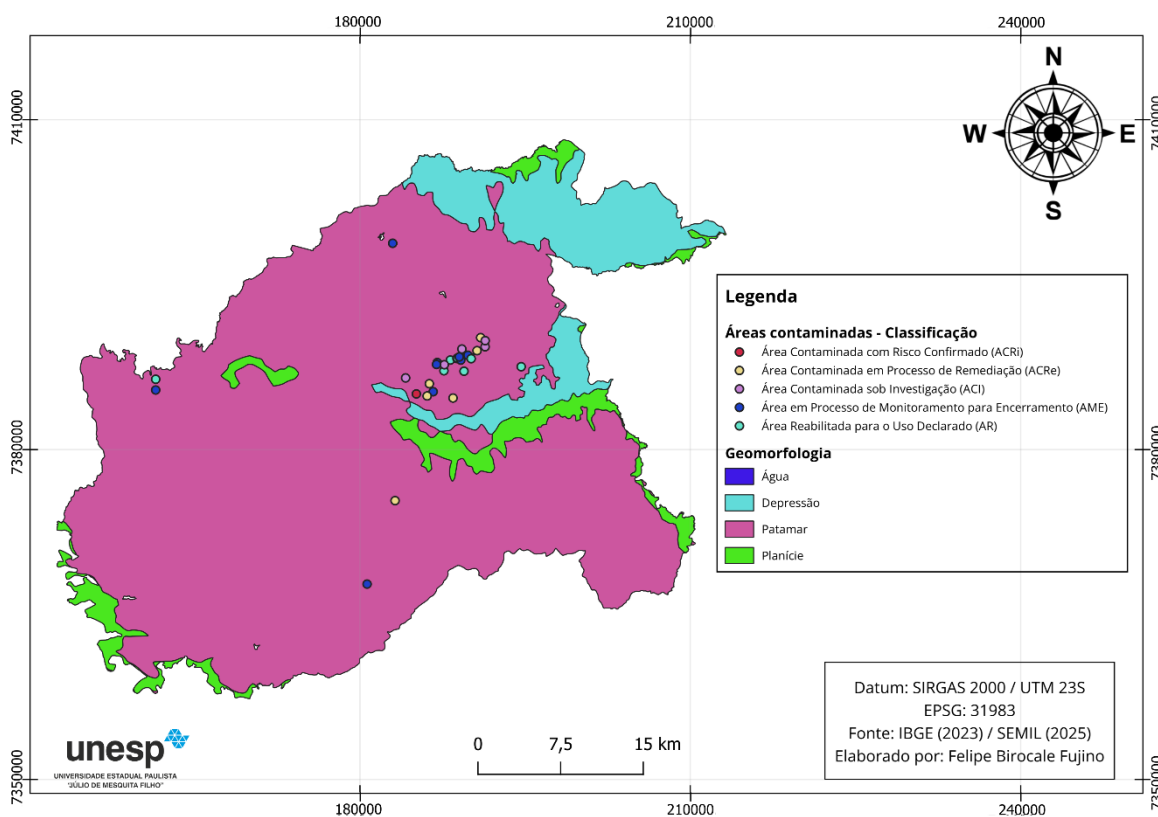
Fonte: Elaborado pelo autor

O padrão denso de drenagem visível no mapa estabelece caminhos diretos para que qualquer resíduo lançado na superfície tenha potencial de atingir rapidamente os cursos d'água e, subseqüentemente, as áreas de recarga do aquífero. Nos polos industriais e logísticos, a presença de metais pesados, PAHs e solventes aromáticos manifesta-se como registro duradouro das intervenções humanas, cujo manejo inadequado, somado à topografia irregular (Figura 6) e à drenagem urbana

fragmentada, amplifica a dispersão e complexidade do impacto ambiental (SILVA *et al.*, 2022).

A Figura 6 exibe o mapa de Compartimentação Geomorfológica de Itapetininga-SP, que divide o relevo em Depressão, Patamar e Planície. Este mapa é crucial para entender como a forma do terreno controla o escoamento da água e, conseqüentemente, a direção e a velocidade de transporte de poluentes na superfície e no subsolo. Observa-se, na Figura 6, que a maior parte dos casos de áreas contaminadas ocorre sobre unidades de patamar, que concentram a ocupação urbana e industrial. Em menor número, há registros em depressões e planícies, onde a dinâmica hídrica pode favorecer a dispersão de contaminantes. A quase ausência de ocorrências em planícies aluviais indica que, embora próximas de áreas mais sensíveis, as contaminações se mantêm ligadas principalmente às porções mais antropizadas do relevo.

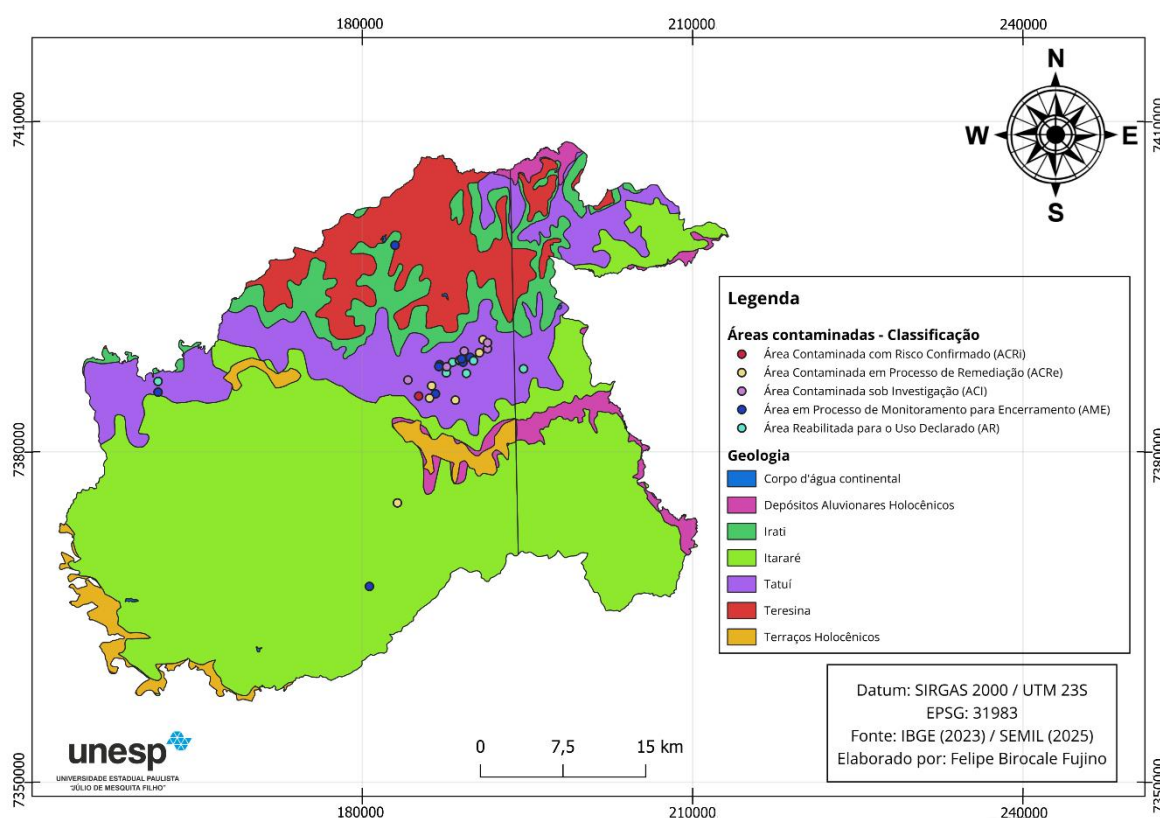
Figura 6 – Compartimentação geomorfológica da região de Itapetininga-SP



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 7 demonstra o mapa geológico da área de estudo, evidenciando as unidades litológicas que compõem o subsolo e condicionam os processos de infiltração e mobilidade dos contaminantes. Essa informação é fundamental para compreender a permeabilidade dos materiais e a dinâmica hidrogeológica local, permitindo identificar setores naturalmente mais vulneráveis à contaminação. Observa-se que a maior parte das áreas contaminadas está situada sobre depósitos aluvionares holocênicos, formações tipicamente mais porosas e suscetíveis ao fluxo de água subterrânea. Essa característica ajuda a explicar a maior sensibilidade ambiental desses setores e reforça a importância de integrar a geologia às análises de risco e às estratégias de gestão ambiental.

Figura 7 – Geologia da região de Itapetininga-SP



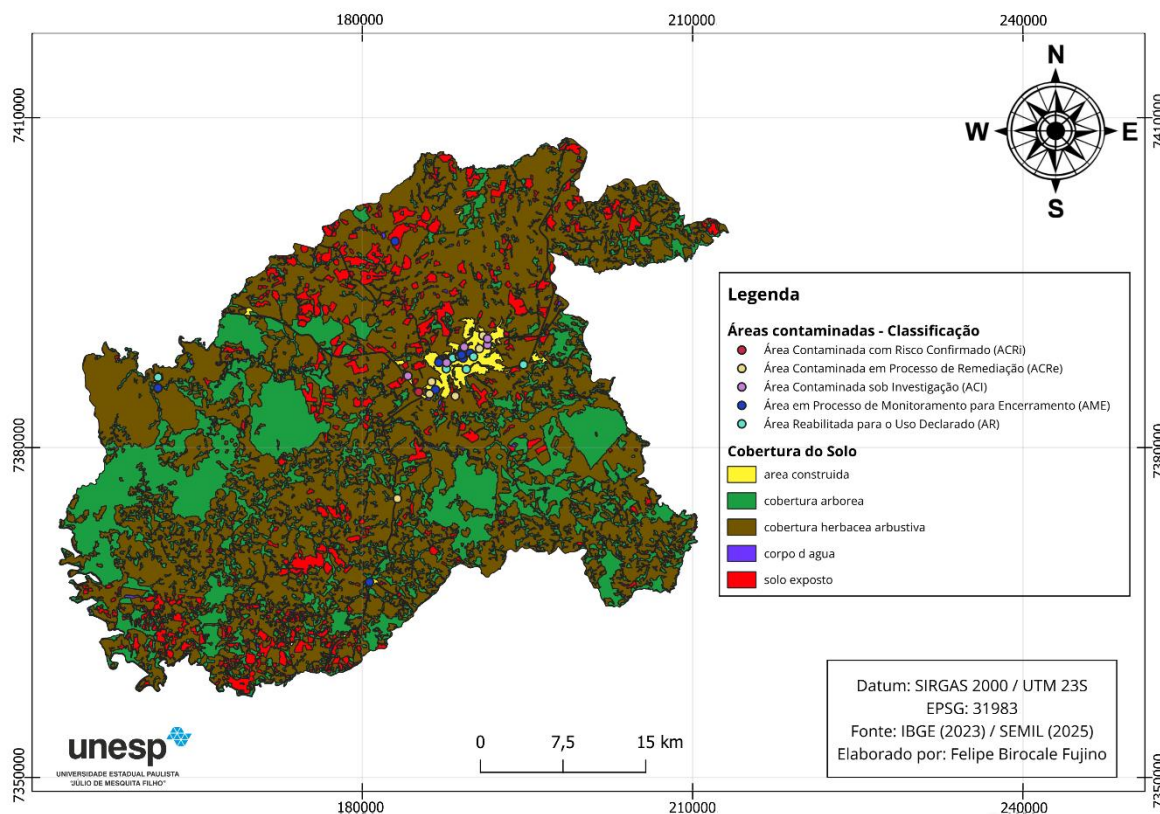
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao correlacionar os dados de grupos contaminantes, meios impactados e informações geoespaciais, é possível discernir padrões que apontam para causas prováveis, hierarquizando riscos e priorizando áreas que demandam intervenção. A integração dessas informações funciona como instrumento de suporte à tomada de

decisão em estratégias de remediação ambiental, monitoramento e planejamento urbano sustentável, garantindo a proteção da saúde pública e a preservação dos recursos naturais (GOMES *et al.*, 2023).

O mapa apresentado na Figura 8 mostra que o uso e cobertura do solo em Itapetininga é dominado pelo solo exposto, ligado principalmente às atividades agropecuárias, enquanto as áreas arbóreas e herbáceas aparecem distribuídas de forma mais fragmentada pelo território. A distribuição das áreas contaminadas mostra forte concentração na zona urbana, especialmente na região central, onde se observa maior presença de áreas construídas, sugerindo que os passivos ambientais estão majoritariamente relacionados a atividades típicas desse contexto, como postos de combustíveis, indústrias, comércio e serviços automotivos. Em contraste, observa-se baixa ocorrência de áreas contaminadas no espaço rural, indicando que as contaminações associadas às dinâmicas agrícolas não se configuram como problema significativo no município, ou que podem estar subnotificadas. De modo geral, a análise espacial revela que o passivo ambiental de Itapetininga é essencialmente urbano, concentrando-se na área construída e evidenciando a necessidade de estratégias de gestão ambiental focadas no ambiente urbano e em atividades potencialmente poluidoras existentes nesse espaço.

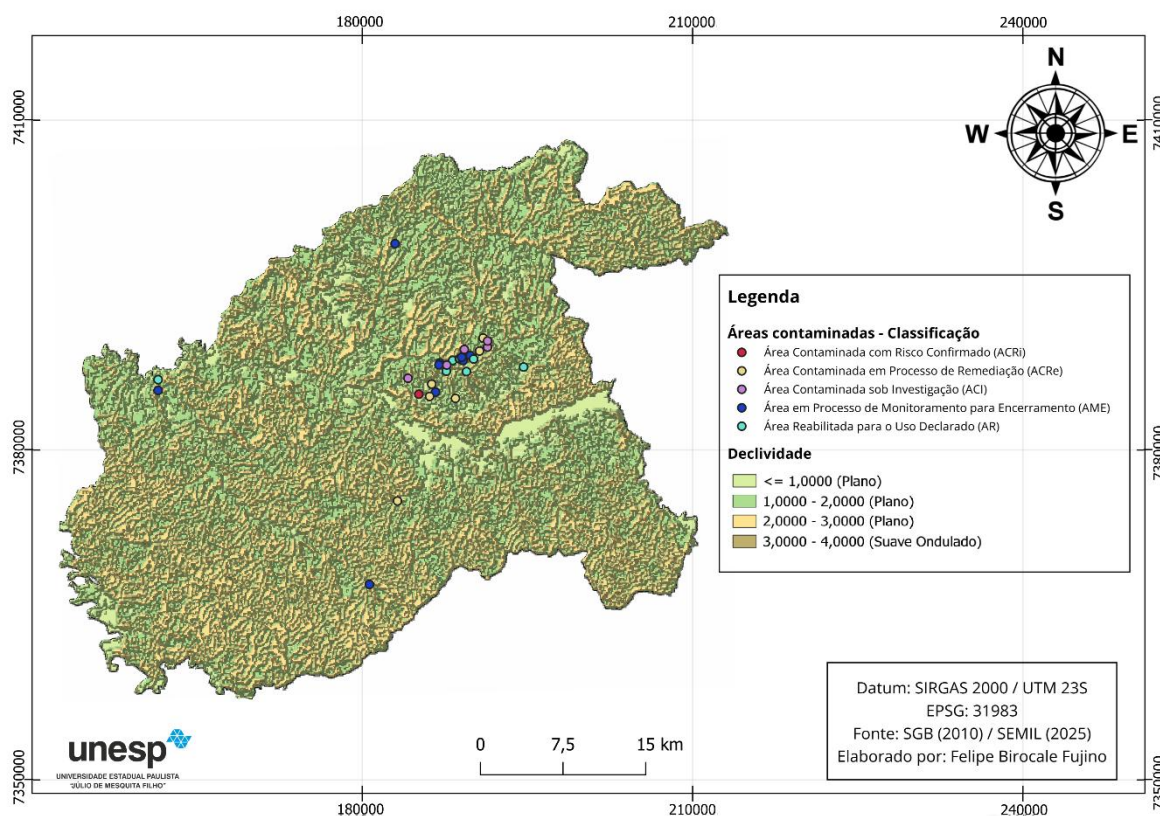
Figura 8 – Uso e cobertura do solo da região de Itapetininga-SP



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa de declividade apresentado na Figura 9 mostra que o território de Itapetininga é composto majoritariamente por áreas de baixa a média declividade, com predominância de superfícies inferiores a 3%, características de relevos suavizados. Observa-se que as áreas contaminadas cadastradas pela SEMIL (2025) se concentram nessas zonas de menor inclinação, sobretudo na porção central do município, onde se localiza a área urbana. Esse padrão indica que a ocorrência de contaminações está fortemente associada a superfícies planas ou suavemente onduladas, que são mais favoráveis à instalação de atividades urbanas, industriais e comerciais. Em contrapartida, regiões com declividades mais elevadas apresentam baixa ou nenhuma incidência de áreas contaminadas, reforçando que a ocupação antrópica intensiva — e, conseqüentemente, os passivos ambientais — tende a se desenvolver em terrenos mais acessíveis e adequados à urbanização.

Figura 9 – Declividade da região de Itapetininga-SP

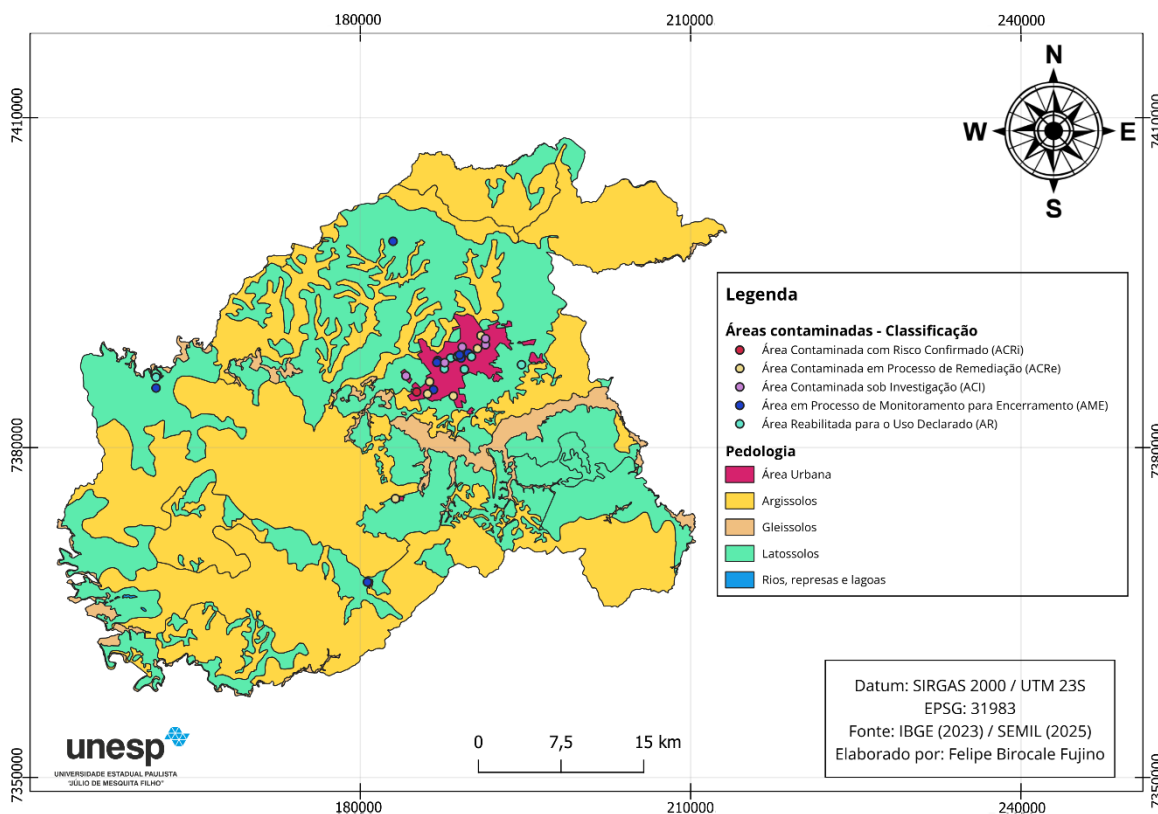


Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa pedológico apresentado na Figura 10 evidencia que o território de Itapetininga é composto principalmente por Argissolos e Latossolos, distribuídos de forma alternada ao longo do município. A análise espacial mostra que as áreas contaminadas cadastradas pela SEMIL (2025) se encontram concentradas quase exclusivamente sobre a mancha urbana, onde o tipo de solo é classificado como “Área Urbana” pela legenda, enquanto os solos naturais adjacentes — como Argissolos e Latossolos — apresentam baixa ocorrência de contaminações registradas.

Esse padrão indica que a presença de áreas contaminadas está muito mais relacionada à dinâmica antrópica urbana do que às características intrínsecas dos solos, uma vez que os tipos pedológicos não se destacam como fator determinante na distribuição dos passivos ambientais mapeados. Dessa forma, reforça-se que a origem dessas contaminações está associada às atividades econômicas e à infraestrutura urbana, e não às propriedades físico-químicas dos solos predominantes no município.

Figura 10 – Pedologia da região de Itapetininga-SP



Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao refletir sobre os resultados obtidos neste estudo, torna-se evidente que a realidade ambiental de Itapetininga-SP constitui uma rede complexa de pressões antrópicas e processos naturais, na qual cada ponto de contaminação representa um registro das interações humanas com o meio ambiente. Esses registros podem manifestar-se de forma discreta ou desencadear impactos significativos, especialmente quando associados a usos do solo inadequados, solos suscetíveis, declividades acentuadas ou proximidade de sistemas de drenagem.

A prevalência de contaminantes oriundos de combustíveis automotivos, amplamente identificados nas áreas mapeadas, evidencia não apenas a recorrência de vazamentos em postos de combustíveis, mas também a persistência e mobilidade dos hidrocarbonetos. Essas substâncias, ainda que invisíveis à superfície, interagem com diferentes formações litológicas e geológicas, deslocando-se através dos solos e

do subsolo e atingindo aquíferos estratégicos para o abastecimento humano e agrícola. Os mapas de litologia, geologia e pedologia demonstraram que grande parte das áreas contaminadas se encontra sobre formações sedimentares porosas e solos com maior permeabilidade, favorecendo a infiltração e eventual migração de contaminantes.

Os mapas temáticos produzidos — incluindo uso e cobertura do solo, declividade, drenagem, geomorfologia, além do inventário de áreas contaminadas — foram essenciais para compreender como fatores ambientais e antrópicos interagem no território. A análise espacial revelou padrões importantes, como a concentração de áreas contaminadas em zonas urbanizadas ou em áreas de infraestrutura econômica e logística, bem como a proximidade de muitos desses pontos com cursos d'água identificados no mapa de drenagem.

Além disso, o mapa de declividade contribuiu para identificar setores onde o escoamento superficial pode intensificar o transporte de contaminantes, enquanto o mapa de geomorfologia permitiu entender como diferentes formas do relevo condicionam processos de infiltração, acúmulo e dispersão. O mapa de uso do solo evidenciou a sobreposição entre zonas de atividades econômicas intensivas, como comércio e transporte, e a ocorrência de contaminações, reforçando a influência direta das atividades humanas no quadro ambiental local.

Os resultados deste levantamento demonstram a urgência de ações estratégicas e coordenadas, incluindo monitoramento contínuo, remediação eficaz, reabilitação ambiental e políticas públicas fundamentadas em evidências científicas. Nesse contexto, o geoprocessamento destaca-se como ferramenta decisiva, não apenas para diagnosticar e compreender a dinâmica das contaminações, mas também para orientar o planejamento urbano sustentável e a tomada de decisões voltadas à prevenção de novos passivos ambientais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2007. Disponível em: https://www.ana.gov.br/portaldpnqa/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.
- ANDRADE, C.; GONÇALVES, J. **Avaliação do risco de contaminação de recursos hídricos por postos de combustíveis na Bacia do Rio Piracicaba - MG**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 16, n. 4, p. 1823-1843, 2023.
- BARROS, R.; PORTO, R. **Risco de poluição das águas subterrâneas por vazamentos em postos de abastecimento de combustível, no município de Ribeirão Preto – SP**. Revista Águas Subterrâneas, v. 23, n. 1, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 18 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Asma**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/asma>. Acesso em: 12 out. 2025.
- CANÁRIO, P.; BETTINE, S. **Gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil: uma análise crítica**. Geociências (São Paulo), v. 39, n. 3, p. 751–764, 2020.
- CARNEIRO, G.; *et al.* **Contaminação das águas subterrâneas por compostos orgânicos na bacia hidrográfica do rio das Velhas, no estado de Minas Gerais, Brasil**. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e3109108536, 2020.
- CHIRA, P.; *et al.* **Groundwater contamination by gas stations in two Eastern Amazonian towns (Northern Brazil)**. Applied Sciences, v. 14, n. 13, p. 5529, 2024.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 3. ed. São Paulo: CETESB, 2023.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Mapas de Áreas Contaminadas**. Disponível em: <https://mapas.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/>. Acesso em: 09 out. 2025.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Brasil**. 2001. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=084eb25de8e14eaa95bddb1d505e1ab6>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- FERREIRA, R.; LOFRANO, F.; MORITA, D. **Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação brasileira**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan./fev. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Área Contaminada**. Belo Horizonte, 2025. Disponível em: <https://feam.br/area-contaminada>. Acesso em: 10 out. 2025.

GERDENITS, D. *et al.* **Áreas contaminadas e a gestão do passivo ambiental: estudo de caso Shell Paulínia**. InterfaceHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v. 4, n. 2, Seção InterfacEHS 1, p. 1-15, maio/ago. 2009.

GOMES, K.; *et al.* **Evaluation of the contamination of the subsurface and groundwater by monoaromatic hydrocarbons in an eastern Amazonian town in northern Brazil**. Environmental Earth Sciences, v. 82, article 23, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2022 – Itapetininga-SP**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

PEIXOTO, F. **Risco de contaminação da água subterrânea em uma sub-bacia urbana**. Mercator, Fortaleza, v. 19, e19013, 2020.

PEREIRA, B. *et al.* **Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 8, n. 07, jul. 2022

RIBEIRO, B. T. *et al.* **Contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos**. Brazilian Journal of Development, v. 10, n. 6, 2024.

SILVA, J.; *et al.* **Análise da vulnerabilidade à contaminação de água subterrânea em um aterro sanitário no semiárido do Estado da Paraíba – Nordeste do Brasil**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 44, p. e229387, 2024.

SILVA, J.; *et al.* **Effects of a recent urbanization event on coastal groundwater in the southeastern coast of Brazil: a case study of the Macaé municipality**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB), v. 57, n. 1, 2022.