

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

PÂMELA FERMINO CAMPIOLI

**ESTUDO DE CASO DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREA DE DESCARTE  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

São Paulo

2022

## **Estudo de Caso de Investigação Ambiental**

### **Versão Original ou Corrigida**

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

Orientador: Karin Regina Ribeiro de Araújo Guiguer

São Paulo

2022

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

#### Catalogação-na-publicação

Campioli, Pâmela

Estudo de caso de investigação ambiental em área de descarte de resíduos sólidos / P. Campioli -- São Paulo, 2022.  
49 p.

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

1.Áreas contaminadas 2.Gestão ambiental 3.Resíduos sólidos (origem)  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

## **RESUMO**

### **EM PORTUGUÊS**

Campioli, Pâmela F. Estudo de caso de investigação ambiental em área de descarte de resíduos sólidos. 2022. 49 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Este estudo de caso busca apresentar estratégias para uma investigação ambiental compreendendo as etapas de avaliação preliminar e investigação confirmatória para uma área antigamente utilizada para atividade de extração de argila que com o seu encerramento e sem atendimento da recuperação foi sendo utilizada pela população local como área de descarte de resíduos. Para o estudo de caso apresentado foram omitidos dados pertinentes a manter a confidencialidade da área de interesse na investigação ambiental. Os métodos empregados para a presente investigação seguiram as diretrizes da Instrução Normativa de Recuperação de Áreas Contaminadas (IN74), da qual atribui as normas da ABNT NBR15515/2011 mencionadas por ela para as etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória de gerenciamento de uma área contaminada. Conhecer a área e as atividades realizadas por um contexto histórico é de principal importância para definição de possíveis áreas fontes de contaminação que, em conjunto com o conhecimento dos aspectos físicos contribui para determinação de vias de transporte de contaminação a fim de reconhecer locais suscetíveis que possam estar sendo impactados pelas atividades históricas. Neste sentido foram identificados pontos de descarte de resíduos no terreno que podem estar impactando o curso d’água nos limites à oeste e consequentemente a população a jusante. Para confirmar tal contaminação foram analisadas amostras de água subterrânea, solos, água superficial e esgoto que confirmaram elevadas concentrações de alguns metais pesados na água subterrânea em dois poços de monitoramento localizados na porção noroeste do terreno. No entanto sem a delimitação da fonte de contaminação é indicado continuar com a avaliação partindo para a etapa de Investigação Detalhada, especificamente onde foi confirmada a presença de contaminação do terreno. E a área passa a ser definida como Área Contaminada sob Investigação.

Palavras-chave: Avaliação Preliminar. Investigação Confirmatória.

## **ABSTRACT**

Campioli, Pâmela F. Environmental investigation case study in solid waste disposal area. 2022. 49 f. Monograph (MBA in Contaminated Area Management, Sustainable Urban Development and Revitalization of Brownfields) – Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, 2022.

This case study seeks to present strategies for an environmental investigation comprising the preliminary assessment steps and confirmatory investigation for an area formerly used for clay extraction activity that, with its closure and without restoration service, was used as a solid waste disposal area. For the case study presented, pertinent data were issued to maintain the confidentiality of the area of interest in environmental investigation. The methods used for the present investigation followed the guidelines of the Normative Instruction for the Recovery of Contaminated Areas (IN74), which assigns the ABNT NBR15515/2011 standards mentioned by it for the Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation stages of the management of a contaminated area. Knowing the area and the historical activities performed is of main importance for the definition of possible contamination source areas that, together with the knowledge of the physical aspects, contributes to the determination of contamination transport routes to recognize susceptible locations that may be impacted by historical solid disposal. In this sense, waste disposal points were identified on the ground that may be influencing the watercourse in the western limits and consequently the population downstream. To confirm such contamination, samples of groundwater, soil, surface water and effluent were analyzed for contaminant concentrations. Analytical results confirmed high concentrations of some heavy metals in groundwater in two monitoring wells located in the northwest portion of the land. With the confirmation of contamination, the area is now defined as a Contaminated Area under Investigation. In addition, to characterize the contamination verified in the confirmatory investigation, it is recommended to continue with the evaluation, starting with the Detailed Investigation stage, specifically where the presence of contamination on the land was confirmed.

Keywords: Preliminary Assessment. Confirmatory Investigation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área em estudo, sob imagem satélite.....	16
Figura 2 - Mapa Geológico com destaque na área em estudo. ....	18
Figura 3 - Mapa Pedológico com destaque na área em estudo.....	19
Figura 4 - Mapa Hidrogeológico localizando a área em estudo. ....	20
Figura 5 - Mapa Hidrográfico localizando a área em estudo. ....	21
Figura 6 - Foto aérea de 1937/1938, destacando a área em estudo. ....	22
Figura 7 - Foto aérea de 1966, destacando a área em estudo. ....	22
Figura 8 - Cobertura aerofotogramétrica de 1972, destacando a área em estudo.....	23
Figura 9 - Imagem satélite de 2003 com destaque na área em estudo.....	24
Figura 10 - Ortofoto de 2010, destacando a área em estudo e indicação de alguns pontos de descarte de resíduos. ....	24
Figura 11 - Imagem satélite de fevereiro de 2019, com destaque na área em estudo. ....	25
Figura 12 – Mapa de uso do solo do entorno considerando um raio de 500 metros do limite da área de estudo. ....	26
Figura 13 – Mapa potenciométrico identificando o sentido do fluxo da água subterrânea....	27
Figura 14 - Identificação de áreas com presença de materiais de resíduos urbanos e construção civil diagnosticados nas sondagens a trado como fontes de contaminação.....	28
Figura 15 - Registro de saco plástico encontrado em sondagens. ....	29
Figura 16 - Registro de estopa encontrada em sondagens.....	29
Figura 17 - Registro de arame de ferro encontrado em sondagens. ....	29
Figura 18 - Registro de tecido encontrado em sondagens. ....	29
Figura 19 - Registro de pedregulhos em sondagens. ....	29
Figura 20 - Registro de tecido com óleo encontrado em sondagens .....	29
Figura 21 - Registro de estacas de madeira encontradas em sondagens. ....	30
Figura 22 - Registro de estacas de madeira e pedregulhos encontrados em sondagens.....	30
Figura 23 - Indicação dos locais de coleta das amostras de solo.....	33
Figura 24 - Indicação dos locais de coleta das amostras da água subterrânea, sendo PM-01 a montante. ....	34
Figura 25 - Indicação dos locais de coleta das amostras da água superficial e efluentes.....	35

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>9</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>    6.1. ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO PRELIMINAR .....</b>	<b>16</b>
6.1.1. Localização.....	16
6.1.2. Descrição das atividades atuais e pretéritas desenvolvidas no local .....	16
6.1.3. Mapas geológicos, pedológicos e hidrogeológicos regionais.....	17
6.1.4. Interpretação do levantamento aerofotogramétrico temporal.....	21
6.1.5. Mapa do uso e ocupação do solo na área e no seu entorno. ....	25
6.1.6. Resultados da investigação realizada .....	26
6.1.7. Áreas fonte de contaminação.....	27
6.1.8. Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1).....	30
6.1.9. Plano de Investigação Confirmatória .....	31
<b>    6.2. ESTUDO DE CASO - INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA .....</b>	<b>35</b>
6.2.1. Construção dos Poços De Monitoramento .....	36
6.2.2. Resultados das Análises Químicas .....	37
6.2.3. Interpretação dos Resultados das Análises Químicas.....	40
6.2.4. Modelo Conceitual da Área (MCA 2) .....	43
6.2.5. Diretrizes para a Investigação Detalhada .....	44
<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>8. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

O processo de urbanização e expansão urbana no Brasil deu um salto na década de 1950 com a crescente industrialização do país que contribuiu para a formação das grandes cidades e dos centros metropolitanos. No entanto deixou em seu rastro marcas que se traduziram em problemas ambientais urbanos, evidenciado pelo aumento da quantidade resíduos sólidos, e pela presença cada vez maior de substâncias perigosas utilizadas em processos industriais e em algumas atividades comerciais e domésticas (GUNTHER, 2006).

Gunther (2006, p.108) ainda informa que “quanto aos resíduos urbanos, volumes crescentes são produzidos e, dentro da lógica vigente do gerenciamento tradicional, que privilegia apenas a coleta e o afastamento do local de geração, estes acabam, em sua maioria, descartados no solo”, situação que pode dar origem a áreas de vazios urbanos contaminadas, constituindo passivos ambientais para as gerações futuras.

Ao longo dos últimos anos os órgãos nacionais de controle ambiental estão intensificando o foco sobre o problema da contaminação de solos e águas subterrâneas. A nível federal as diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas são descritas na Resolução CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009) que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

A nível estadual para o estado de Santa Catarina, o Instituto do Meio Ambiente (IMA) é um dos órgãos de controle ambiental que dispõe de uma Instrução Normativa de Recuperação de Área Contaminadas (IN74) com um dos seus objetivos de estabelecer critérios a serem executados no processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, dos quais inclui identificação, investigação e reabilitação da área (IMA, 2018).

A investigação ambiental permite amostragem e análises químicas do solo e da água, para que sejam representativas e confirmem ou não, a existência de passivos ambientais em áreas urbanas que possam colocar em risco a vida humana, o meio ambiente ou bens a proteger (CETESB 2001).

## **2. OBJETIVOS**

Empregar um estudo de caso através de uma Investigação de Passivos Ambientais em uma área prevista para atividade de loteamento que, no entanto, possui registros históricos de descartes inapropriados de resíduos sólidos urbanos; e para a implementação desse empreendimento foi necessário investigar a área através de amostragem e análises químicas do solo e da água, e confirmar ou não, a existência de passivos ambientais no terreno que possam colocar em risco a vida humana, o meio ambiente ou bens a proteger.

Desta forma este trabalho tem como objetivos:

- Apresentar as estratégias de uma investigação ambiental seguindo as diretrizes da Instrução Normativa Nº 74 Recuperação de Áreas Contaminadas do estado de Santa Catarina, da qual segue referências das normas NBR 15.515-1:2011 Avaliação Preliminar de Passivo Ambiental e NBR 15.515-2:2011 Investigação Confirmatória de Passivo Ambiental, através de um estudo realizado em terreno localizado no estado de Santa Catarina;
- Detalhar as práticas do Plano de Amostragem e Sondagem de Solo e do Projeto e Construção de Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares, e
- Apresentar uma avaliação crítica da investigação realizada pela Instrução Normativa Nº74.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Anteriormente a criação da IN 74 a recomendação para proceder ao gerenciamento das áreas contaminadas do estado de Santa Catarina era a utilização das normas ABNT 15.515. A Instrução Normativa Nº 74 (IN 74) do estado de Santa Catarina, criada em agosto de 2018, veio com o objetivo de definir a documentação necessária ao licenciamento ambiental e estabelecer critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais a serem executados na recuperação e gerenciamento de áreas contaminadas, incluindo identificação, investigação e reabilitação da área.

Os estudos de passivo ambiental do estado passaram então a seguir as diretrizes da IN 74, a fim de caracterizar por pesquisa e investigação os danos ambientais na água superficial, subterrânea e no solo para avaliação de áreas antes de iniciar uma atividade ou construir um empreendimento.

A motivação deste trabalho foi demonstrar a aplicação da Instrução Normativa de Recuperação de Área Contaminadas (IN 74) de 2018 do estado de Santa Catarina e as normas da ABNT mencionadas por ela para a etapa de Identificação da Contaminação, esta que compõe Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória. Para então avaliar a sua eficácia para a constatação de ser um local de risco ou não em uma determinada área de interesse para atividade de uso residencial.

#### **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos parte do processo de evolução da humanidade do qual passou a produzir cada vez mais bens de consumo, e sua disposição inadequada aliada a práticas de descarte irregulares vem causando danos à saúde humana e ao meio ambiente. Do ponto de vista do saneamento ambiental, os resíduos sólidos urbanos podem ser considerados um dos maiores problemas ambientais da atualidade, porque quando descartados de forma inadequada podem causar impactos socioambientais, como a poluição do solo, dos recursos hídricos e do ar, aumentando a proliferação dos vetores transmissores de doenças, como a febre tifoide, a peste bubônica, febre amarela, malária, leptospirose, dengue (ROMAGNOLI, 2021).

E, junto a evolução da humanidade, veio a crescente urbanização nas cidades sendo que nas últimas décadas encontrou-se dificuldade de se implementar políticas e programas de planejamento urbanístico elencadas ao processo migratório populacional do campo para as cidades, resultando em transformações do perfil das cidades que hoje deixou na paisagem urbana espaços vazios e subutilizados por conta de antigas áreas utilizadas para atividade industrial (MARKER, 2010).

Esses locais, denominados brownfields, são característicos por edificações e instalações fabris, galpões, depósitos e terrenos, principalmente os espaços vazios que até hoje são, por negligência, utilizados como áreas de “bota-fora” para disposição de resíduos, e que guardam restrições para novos usos em função da potencial presença de contaminações, e necessitam que sejam redefinidas as possibilidades de uso e destinação, permitindo a sua re-ocupação (MARKER, 2010).

Todas estas áreas apresentam um potencial de contaminação que pode configurar um risco para os atuais e futuros usuários. E o futuro uso habitacional de áreas contaminadas pode

colocar em risco os moradores e consequentemente gerar conflitos de cunho legal e financeiro. Marker (2010, p. 23) ainda cita:

“Os impactos oriundos da contaminação para os moradores podem ocorrer de imediato ou ao longo de muitos anos, por meio de contato direto dos moradores com substâncias nocivas remanescentes no solo, pela utilização de água subterrânea contaminada ou por via aérea”.

Por definição, uma área contaminada é descrita como o local onde tenham sido dispostos quaisquer substâncias ou resíduos que causam impacto negativos sobre aos bens a proteger, como as águas superficiais e subterrâneas, solo e a saúde da população humana e animal comprovados por estarem acima dos limites de referência vigente na região em estudo (CETESB, 2001).

Segundo Sánchez (2001), os quatro principais problemas decorrentes de áreas contaminadas são: risco à saúde humana e aos ecossistemas, risco à segurança dos indivíduos e da propriedade, redução do valor imobiliário da propriedade e restrições ao desenvolvimento urbano. Ainda há a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos, especialmente águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público.

Além disso, de acordo com Marker (2010, p. 23) “o manejo inadequado de solos, entulhos e outros materiais contaminados, seu transporte sem autorização do órgão competente e sua disposição final em locais não licenciados são condutas caracterizadas como crime ambiental”.

No Brasil, a Lei Federal nº 12.305 de 03 de agosto de 2010, trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), e define princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Além de diversos marcos legais importantes que tangem, direta ou indiretamente, o controle da poluição dos solos e das águas subterrâneas no Brasil.

O instrumento precursor das diretrizes ambientais no país é a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981), a qual estabelece a avaliação de impactos ambientais como um instrumento dessa lei, por meio da Resolução CONAMA nº 001/86 (CONAMA, 1986).

As diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas são descritas na Resolução CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009) que determina critérios e valores orientadores de referência de qualidade, de prevenção e de investigação do solo e valores de investigação para águas subterrâneas. A Resolução cita que “Na ocorrência comprovada de concentrações naturais de substâncias químicas que possam causar risco à saúde humana, os

órgãos competentes deverão desenvolver ações específicas para a proteção da população exposta”.

Ainda por definição, todo e qualquer dano infligido ao meio ambiente por atividades ou ações humanas são denominados passivo ambiental (ABNT NBR 15.515-1, 2011).

A fim de investigar e diagnosticar um possível dano ao meio ambiente, é necessário seguir as diretrizes das legislações ambientais vigentes (federais e/ou estaduais), que traçam um modelo de avaliação baseado em etapas sequenciais de investigação.

A norma técnica que norteia a avaliação e investigação de passivos ambientais no Brasil é a ABNT NBR 15.515 parte 1, 2 e 3 (2011) “Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea”.

O Instituto do Meio Ambiente (IMA) é órgão ambiental responsável por garantir a preservação dos recursos naturais por meio de fiscalização e licenciamento ambiental na esfera estadual do Governo de Santa Catarina. Com base no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB criou em agosto de 2018, a Instrução Normativa de Recuperação de Áreas Contaminadas (IN74), com um dos seus objetivos de estabelecer critérios a serem executados no Gerenciamento de Área Contaminadas, dos quais inclui identificação, investigação e reabilitação da área.

O processo de identificação de áreas contaminadas, apresentado na IN74 tem como objetivo principal a localização das áreas contaminadas, sendo constituído por cinco etapas:

1. Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
2. Avaliação Preliminar;
3. Investigação Confirmatória;
4. Investigação Detalhada;
5. Avaliação de Risco.

Ainda no processo de identificação de áreas contaminadas, a IN 74 subdivide as etapas em Identificação da Contaminação e Investigação da Contaminação. Sendo os estudos de avaliação preliminar e investigação confirmatória compreendidos na fase de Identificação da Contaminação, por serem as etapas iniciais do processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

A avaliação preliminar é a etapa inicial na investigação de passivo ambiental, executada com base nas informações disponíveis com relação ao empreendimento mediante inspeções de

reconhecimento com base na caracterização das atividades historicamente desenvolvidas ou em desenvolvimento no local, assim como entrevistas, inspeções em campo, análises de fotos e imagens aéreas, com o objetivo é identificar as fontes primárias e potencialidades e fundamentar a suspeita de contaminação (ABNT NBR 15.515-1, 2011).

Para o estudo de investigação ambiental se faz necessário o Plano de Amostragem e Sondagem de Solo conforme diretrizes da norma ABNT NBR 15492/2007: Sondagens de Reconhecimento para fins de Qualidade Ambiental: procedimento, com a finalidade de coleta de amostras deformadas, identificação preliminar das camadas de solo que compõem o subsolo e determinação da profundidade do nível d'água a fim de elaborar o mapa potenciométrico da área.

Segundo Oliveira (2018) o mapa potenciométrico mostra a forma e a elevação de uma superfície potenciométrica, sendo possível analisar a movimentação da água subterrânea na zona saturada, assim como a direção e o sentido do fluxo.

Havendo indícios de potencial de contaminação por passivos ambientais verificados na avaliação preliminar, é realizada a etapa da investigação confirmatória a fim de comprovar a existência ou a ausência de contaminação na área de estudo através de análises realizadas por meio dos métodos diretos e indiretos de investigação e verificar a necessidade de realizar a etapa de investigação detalhada. (ABNT NBR 15.515-2, 2011). Conforme descrito por Romagnoli (2021, p. 897):

“os métodos diretos compreendem a retirada de amostras de solo, de gases e de águas subterrâneas, enquanto os métodos indiretos são obtidos por meio do uso de sensores especiais, normalmente instalados na superfície do terreno, mais conhecido como estudos geofísicos”.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente monografia apresenta um estudo de caso considerando a etapa inicial de identificação da contaminação segundo a metodologia de Gerenciamento de áreas Contaminadas da Instrução Normativa N°74, do qual é constituído de Avaliação Preliminar e subsequente Investigação Confirmatória.

A Avaliação Preliminar de Passivo Ambiental foi realizada por meio de levantamento de dados bibliográficos, consulta de mapas oficiais e imagens para elaboração de mapas temáticos; além de incursões em campo para caracterização dos corpos d'água, e verificação da situação

ambiental da área e entorno a fim de identificar aspectos que geraram a suspeita de contaminação.

A IN 74 permite realizar eventuais estudos de investigação. Assim, ainda na etapa da avaliação preliminar foi executado o Plano de Amostragem e Sondagem de Solo conforme diretrizes da norma ABNT NBR 15492/2007, identificando os aspectos geológicos e o sentido do fluxo da água subterrânea para conceituação do ambiente subterrâneo da região de estudo, a fim de determinar os pontos estratégicos para coleta de amostra de solo e água subterrânea para análise química.

A partir destas informações seguiu-se para a Investigação Confirmatória de Passivo Ambiental de acordo com as diretrizes da NBR 15.515-2:2011. Para a investigação foram locados e instalados cinco poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea seguindo as diretrizes das Normas ABNT NBR 15495-1 e 15495-2, que tratam do projeto e construção de poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Também foram locados cinco pontos de coleta de solo em locais de maior concentração de resíduos enterrados, de água superficial em um ponto do rio próximo aos limites da área; e efluente em pontos a montante e jusante de descarte de efluente domésticos na vala de drenagem nos limites do terreno.

A investigação confirmatória foi realizada através de coleta e análise química de amostras de solo, água superficial, efluente e água subterrânea. Os resultados das análises químicas foram comparados com valores orientadores da legislação, considerando a Resolução CONAMA nº 420/2009 para uso residencial, assim como os padrões estabelecidos pela CETESB por meio da Decisão de Diretoria nº 125/2021/E, que dispõe sobre a aprovação da atualização da lista de valores orientadores para solo e água subterrânea, sendo, então, possível afirmar a existência ou não de passivos ambientais na área em estudo.

O estudo de caso foi executado de acordo com as legislações de investigação ambiental e com respeito às normas técnicas, sendo as principais orientações:

- Instrução Normativa nº 74 – Agosto/2018 - IMA – Recuperação e Gerenciamento de Áreas contaminadas;
- ABNT NBR 15515-1/2011 – Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar;

- ABNT NBR 15515-2/2011 – Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória;
- ABNT NBR 15495-1/2009 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 1: Projeto e Construção;
- ABNT NBR 15495-2/2008 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 2: Desenvolvimento;
- ABNT NBR 15847/2010 – Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento – Métodos de Purga.

Vale ressaltar que para o estudo de caso apresentado foram omitidos dados pertinentes a manter a confidencialidade da área de interesse na investigação ambiental.

## **6. RESULTADOS**

Na Instrução Normativa Nº 74 a identificação da contaminação é o primeiro passo para iniciar a investigação ambiental, que consiste nas seguintes etapas sequenciais:

- 1<sup>a</sup> etapa: Avaliação Preliminar
  - Determina constatar evidências, indícios ou fatos que permitem a suspeitar da existência de contaminação através das pesquisas de aspectos fisiográficos sobre a área, inspeções em campo e levantamento de atividades historicamente desenvolvidas.;
  - Instalação de 16 poços piezométricos para determinação do nível de água e elaboração do mapa potenciométrico;
  - Confirmada a suspeita da existência de contaminação se faz necessário criar o Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1) para então elaborar o Plano de Investigação Confirmatória para seguir com a próxima etapa da investigação ambiental.
- 2<sup>a</sup> etapa: Investigação Confirmatória que dará sequência a investigação seguindo o plano da Avaliação Preliminar a fim de confirmar ou não a existência de contaminação executando no mínimo o escopo da ABNT NBR 15515-2/2011 – Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória, da qual considera os seguintes serviços:
  - Sondagens de solo para fins ambientais;
  - Amostragem de solo;
  - Instalação de poços de monitoramento;
  - Amostragem de água subterrânea;
  - Desenvolvimento do Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 2) a partir da atualização do Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1);
  - Elaboração do Plano de Investigação Detalhada os casos em que foi confirmada contaminação.

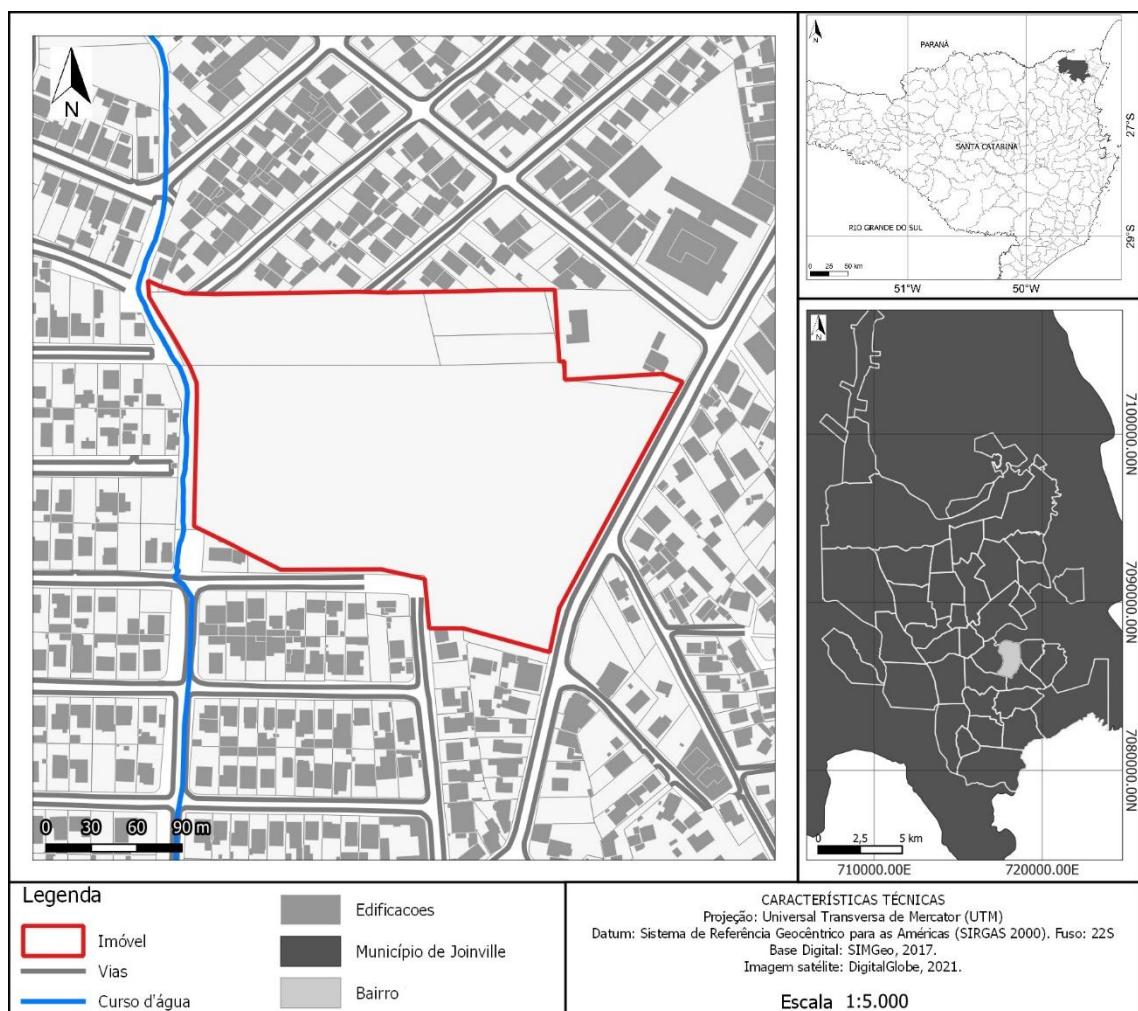
## 6.1. ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO PRELIMINAR

### 6.1.1. Localização

A identificação e delimitação da área a ser avaliada permite centralizar a região a ser estudada e vistoriada a fim de gerar todas as possibilidades de possível contaminação e áreas de risco, sendo necessário informar a localização em coordenadas UTM (SIRGAS 2000) do centro da área.

A área de estudo localiza-se município de Joinville, estado de Santa Catarina. Sob coordenadas UTM, datum SIRGAS 2000, 7080000.0N e 710000.0E (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área em estudo, sob imagem satélite.



Fonte: Do autor (2021).

### 6.1.2. Descrição das atividades atuais e pretéritas desenvolvidas no local

O levantamento das atividades históricas e atuais realizadas na área possibilita ter a suspeita de possível existência de contaminação constatada por evidências, indícios ou fatos

investigados. Assim como obter informações relacionadas a outras sondagens ou investigações já realizadas que permitem detalhar as suspeitas determinadas.

O histórico levantado sobre a área objeto do estudo de caso revela que foi utilizada para fins de extração de argila vermelha para fins de fabricação de telhas e tijolos entre os anos de 1954 e 1996. A concessão pertencia à empresa de cerâmica da região.

A área destinada para a atividade de lavra possuía licença de operação para uma superfície de 0,98 ha. A atividade no local era apenas de extração, sem qualquer tipo de beneficiamento ou utilização de qualquer produto químico. Os rejeitos de mineração gerados compreendiam porções de argila misturada à areia ou areia misturada com argila, que não serviam para a produção de cerâmica vermelha. Eram rejeitos minerais originais do local.

No licenciamento havia o Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD), no qual estava previsto o aterrramento de parte das cavas de onde estava sendo retirada a argila, com material de uma outra cava a ser escavada. O uso e ocupação do terreno estava previsto para a atividade de loteamento, considerando ainda, que a última cava seria utilizada para implantação de pequeno lago para piscicultura, este aprovado pelo órgão ambiental municipal responsável em 1994.

Deve ser salientado que no Requerimento de Registro de Licença foi informada a presença de um único curso d'água, que atualmente serve como limite oeste da área.

A empresa encerrou a atividade em 1998 devido a dificuldades econômicas, sem realizar o PRAD como previsto no licenciamento. E da data de seu encerramento até o ano de 2019 o local passou a ser utilizado para deposição irregular de resíduos sólidos de diversos tipos, conforme constatado por moradores da região.

Após o encerramento da atividade, e a inexecução do PRAD, conforme planejado e aprovado no licenciamento ambiental, foram relatados diversos agentes geradores de ações poluentes no terreno, tais como descartes de resíduos da construção civil e resíduos sólidos urbanos.

#### **6.1.3. Mapas geológicos, pedológicos e hidrogeológicos regionais**

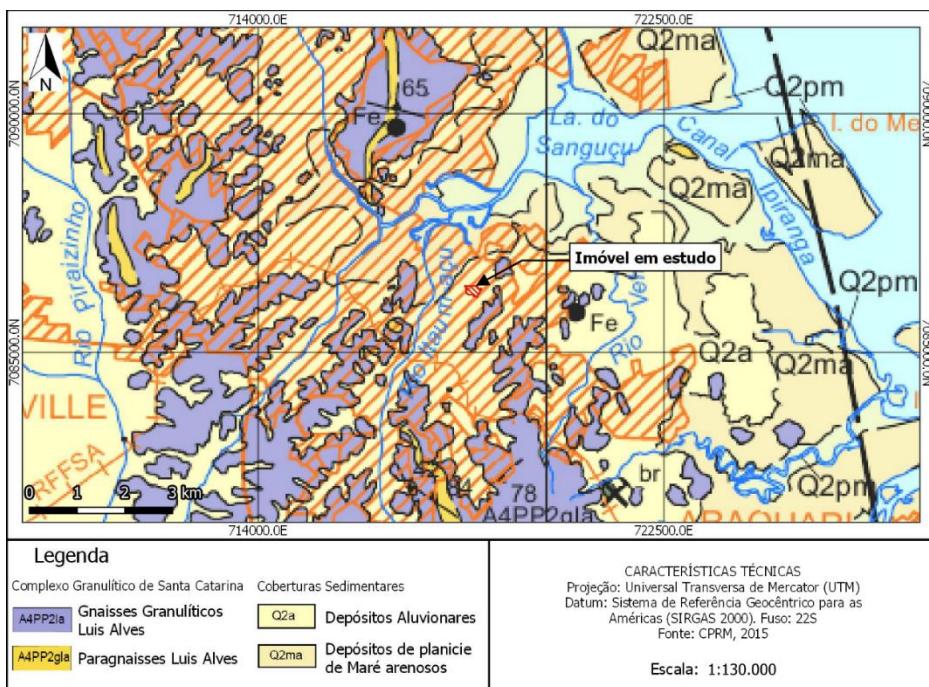
Na IN74 os mapas geológicos, pedológicos e hidrogeológicos regionais são itens relacionados para pesquisa e interpretação do meio físico. O estudo relacionado ao meio físico da região com suspeita de contaminação permite conhecer as vias de transporte das possíveis

contaminações levantadas, bem como os bens que possam ser atingidos que necessitam de proteção.

Os aspectos físicos regionais do presente estudo de caso são peculiares da geomorfologia da planície litorânea de clima temperado. A geologia da região é pouco diversificada no que diz respeito ao número de unidades, restringindo-se às coberturas e sedimentos recentes do Cenozoico e Complexo Granulítico de Santa Catarina.

Regionalmente pode ser diagnosticada a interferência marinha e fluvial no local, marcada por Depósitos Aluvionares, conforme observado na Figura 2. De acordo com Wilden *et al* (2014) esta é uma cobertura sedimentar caracterizada por ser constituída em areia grossa a fina, cascalho e sedimento siltico-argiloso, em calhas de rios e planícies de inundação.

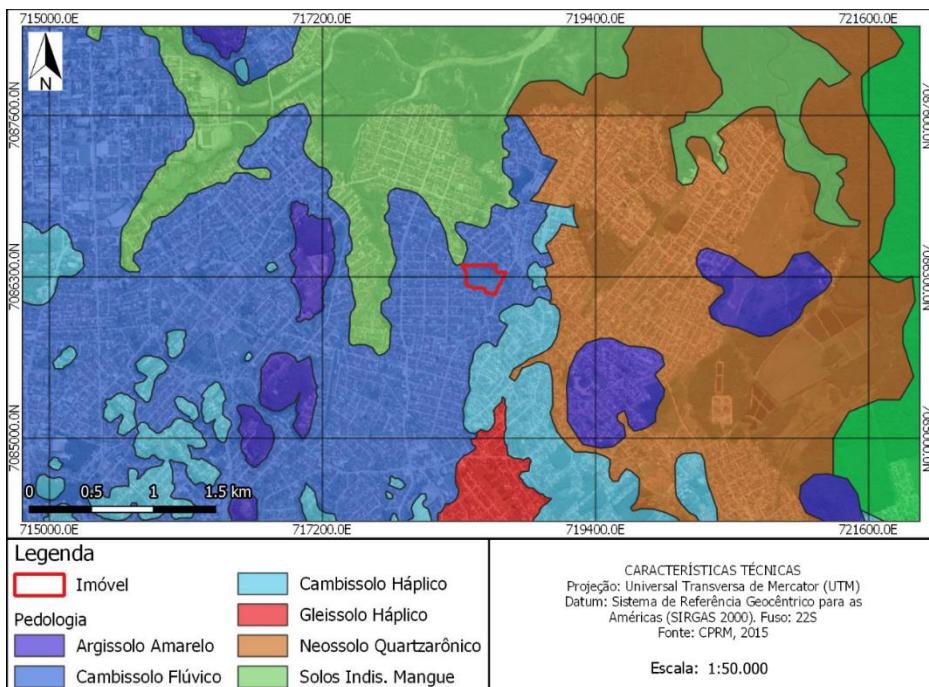
Figura 2 - Mapa Geológico com destaque na área em estudo.



Fonte: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2014. Escala original: 1:20.000, modificada.

A Pedologia do local é classificada como Cambissolo Flúvico Distrófico gleissólico, horizonte A proeminente, textura argilosa+gleissolo háplico distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo plano, substrato sedimentos do período Quaternário (Figura 3).

Figura 3 - Mapa Pedológico com destaque na área em estudo.



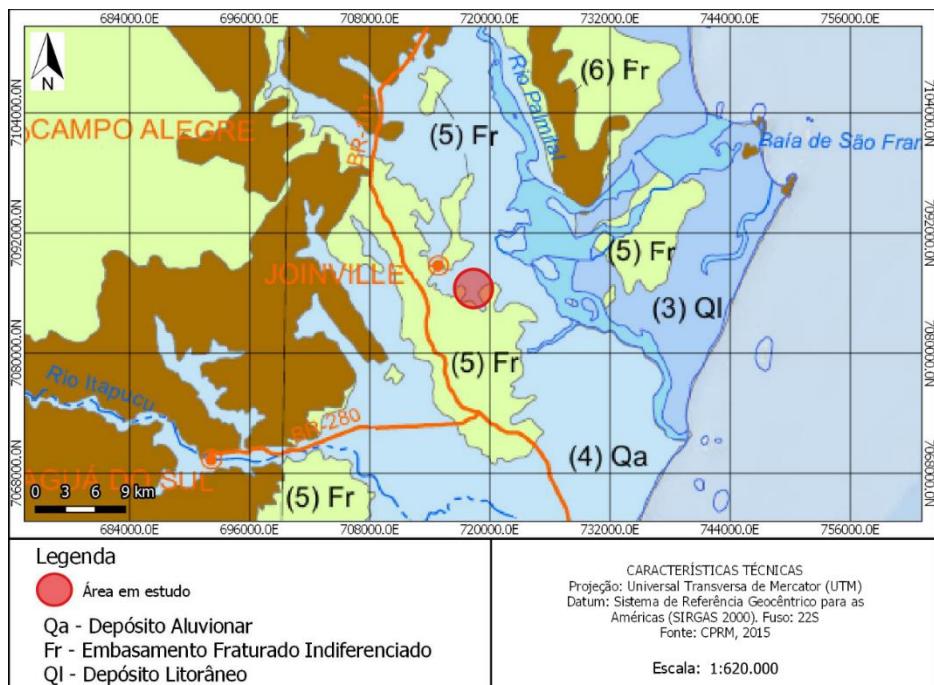
Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville, 2012.

A hidrogeologia regional é composta basicamente por dois tipos de aquíferos: poroso e fissural. Os aquíferos fissurais, que normalmente sofrem pressões superiores à atmosférica, são constituídos pelas descontinuidades (falhas, fraturas, xistosidade) das rochas do Complexo Granulítico que estão cobertas pelos sedimentos cenozoicos.

Os aquíferos porosos, sobrepostos às rochas mais antigas, possuem uma superfície freática e geralmente estão em contato direto com a pressão atmosférica, mas podendo estar também semiconfinados, isto é, estão sujeitos à pressão de horizontes impermeáveis sobrepostos. A movimentação vertical da superfície freática possui influência direta da pluviosidade, da condutividade hidráulica, do gradiente hidráulico e da cobertura vegetal.

A unidade hidroestratigráfica da área em estudo denomina-se Qa, correspondente ao Depósito Aluvionar (Figura 4). De acordo com Senhorinho *et al* (2015), essa unidade engloba uma série de tipos litológicos, sedimentos inconsolidados, incluindo areias grossas e cascalhos e que também ocorrem areias finas e médias alternadas com argila.

Figura 4 - Mapa Hidrogeológico localizando a área em estudo.



Fonte: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2015. Escala original: 1:20.000, modificada.

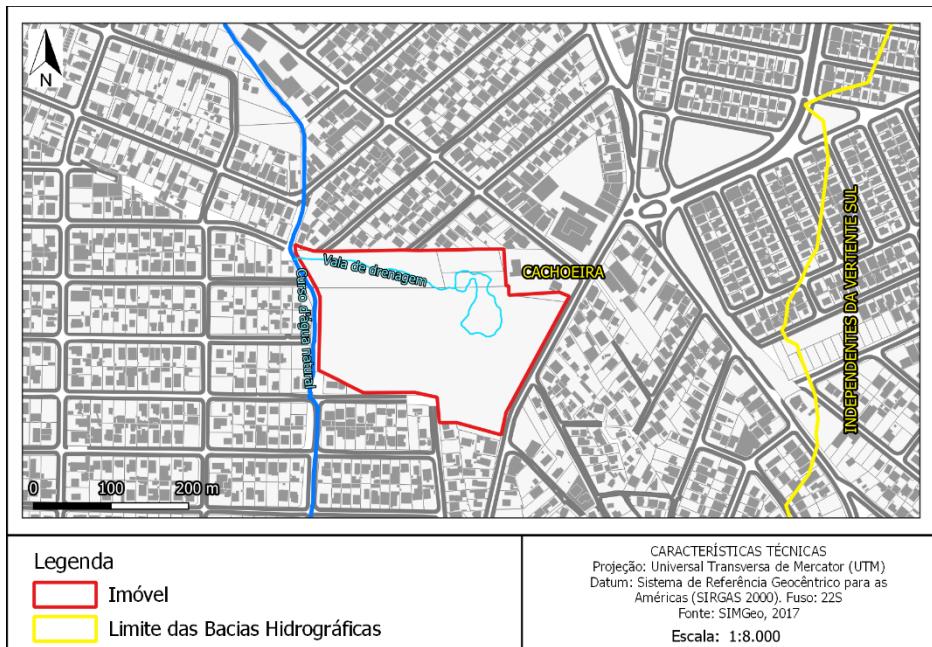
O estudo de caso ainda necessitou buscar informações referentes a hidrografia da região a fim de esclarecer a situação das águas superficiais no entorno do terreno.

Por isso vale salientar que a área do estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, da qual possui uma área total de 81,4 km<sup>2</sup>, está localizada no ambiente da planície costeira, que é caracterizada por baixas altitudes e presença de morros que, mesmo com pouca amplitude, se destacam em meio à extensa área plana.

À oeste dos limites do terreno escoa um curso da água natural (riacho), que corre sentido sul-norte e desagua no Rio Cachoeira a cerca de 1,62 km a norte do terreno. No limite Oeste do terreno o rio permanece em canal aberto.

A base de dados do sistema de informações municipais georreferenciadas (SIMGeo) de Joinville também indica a presença de um corpo da água no interior da área em estudo. Este corpo da água foi gerado pela mineração, sendo que atualmente forma uma lagoa no interior do imóvel, da qual é ligada ao curso d'água natural pela vala de drenagem ao norte do imóvel.

Figura 5 - Mapa Hidrográfico localizando a área em estudo.



Fonte: Do Autor, 2019.

#### 6.1.4. Interpretação do levantamento aerofotogramétrico temporal

A interpretação de imagens aéreas ao longo do tempo possibilita reconstituir os acontecimentos que demandaram o desenvolvimento das atividades do local e ao redor da área de interesse, permitindo conhecer a evolução e ocupação do solo.

Imagens aerofotogramétricas de anos passados, da área do estudo de caso apresentado, denunciam a existência da atividade de extração de lavra no imóvel ao longo dos anos, sem a presença de cursos d'água no interior do imóvel, conforme apresentado a seguir.

Por volta de 1937/1938 não havia edificações existente na região, mas se iniciava aberturas de estradas, Figura 6, ao mesmo tempo pode ser observada uma clareira em parte do terreno.

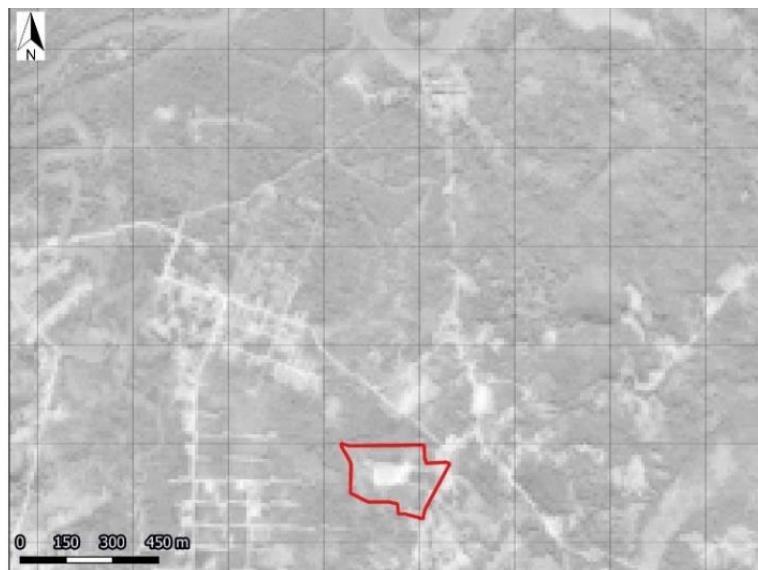
Figura 6 - Foto aérea de 1937/1938, destacando a área em estudo.



Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville. 1937/1938 Fotos Aéreas do setor leste do município de Joinville. Escala aproximada: 1:20.000, modificada. Executada por Marinha Norte Americana, ano de 1937/1938. Material Cedido pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina.

Em 1966 a região já apresentava intervenções antrópicas com estradas e implantação de edificações, iniciando assim um forte desenvolvimento urbano na região de entorno à área de estudo, Figura 7. No terreno é observada clareira em meio à área com vegetação.

Figura 7 - Foto aérea de 1966, destacando a área em estudo.

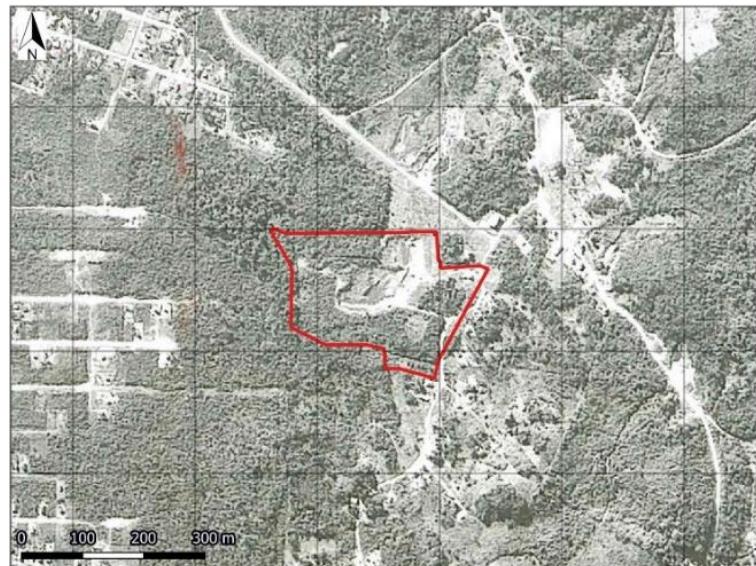


Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville. 1966. Fotos Aéreas. Escala de vôo: 1:8.000, modificada. Executado por: LASA Levantamentos Aerofotogramétricos S.A, ano de 1966.

É possível identificar na cobertura aerofotogramétrica de 1972 que a atividade de extração de argila já estava em operação. Com a melhoria na qualidade de imagens, é possível perceber

que o local da cava para extração se encontra na mesma situação em que hoje está locada uma lagoa, Figura 8.

Figura 8 - Cobertura aerofotogramétrica de 1972, destacando a área em estudo.



Fonte: Prefeitura Municipal de Joinville. 1972. Fotos Aéreas. Escala de vôo: 1:8.000, modificada. Executado por: VASP Levantamentos Aerofotogramétricos S.A., ano de 1972.

As imagens satélites mais antigas disponibilizadas pelo Google Earth refere-se ao ano de 2003, sete anos após o término da atividade de extração de argila no terreno. Na imagem identifica-se a presença de duas lagoas no interior do terreno, estas com valas direcionadas ao rio à oeste do limite do imóvel (Figura 9).

Figura 9 - Imagem satélite de 2003 com destaque na área em estudo.



Fonte: Google Earth Pro, 2019.

Nos anos seguintes o terreno não passou por grandes alterações, sendo observado na Figura 10 pontos de descarte de resíduos sólidos no terreno em 2010.

Figura 10 - Ortofoto de 2010, destacando a área em estudo e indicação de alguns pontos de descarte de resíduos.



Fonte: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão/Prefeitura Municipal de Joinville. 2010. Ortofotos do Município de Joinville. Escala de Vôo 1:10.000 / 1:5.000. Executado por: Aeroimagem Engenharia e Aerolevantamento, ano de 2010.

Na imagem satélite de fevereiro de 2019 (ano da investigação ambiental), identifica-se caminhos com a movimentação de material, Figura 11. Não é atividade de terraplenagem, pois não há mudanças na geomorfologia do terreno, e aparentemente está relacionada com uma limpeza. O terreno se mantém com a vegetação rasteira e os caminhos definidos.

Figura 11 - Imagem satélite de fevereiro de 2019, com destaque na área em estudo.



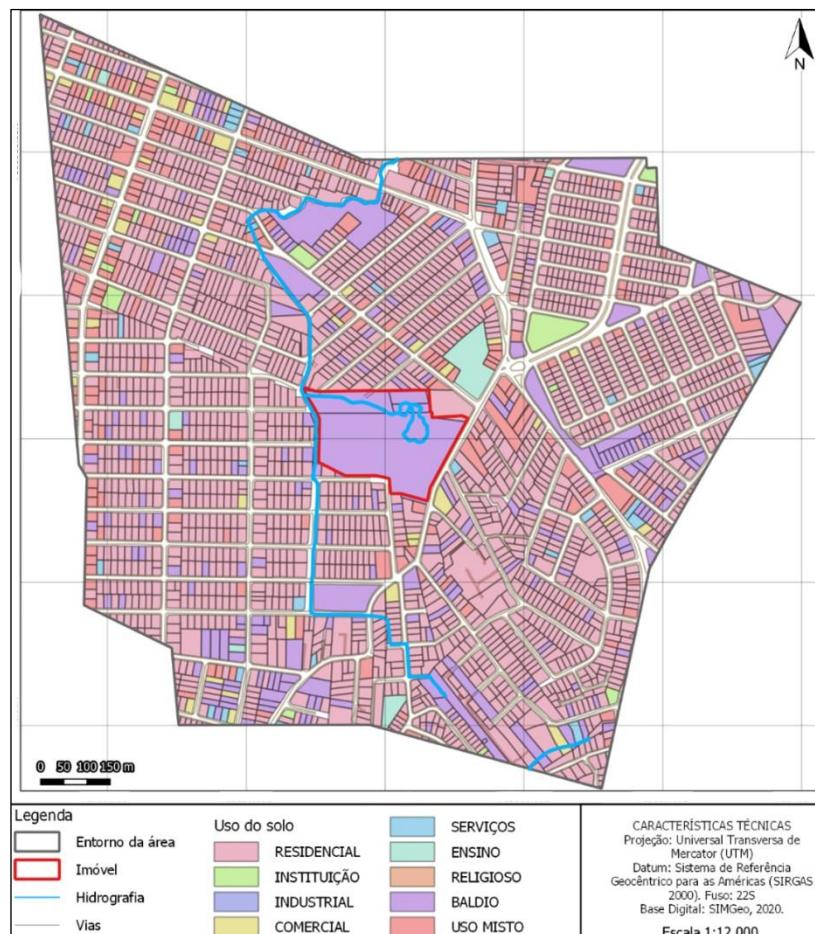
Fonte: Google Earth Pro 2019.

#### **6.1.5. Mapa do uso e ocupação do solo na área e no seu entorno.**

O conhecimento do uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo é de grande importância para delimitação e identificação das áreas relevantes na investigação ambiental, determinadas como: Áreas com Potencial de Contaminação, Áreas Suspeitas de Contaminação, Áreas Contaminadas sob Investigação, Áreas Contaminadas com Risco Confirmado, Áreas em Processo de Monitoramento para Encerramento e as Áreas Reabilitadas (AP, AS, ACI, ACRI, AME, AR), os bens a proteger presentes e os poços de abastecimento de água caso tenham sido identificados, especialmente a localização dos corpos d'água, com discriminação de sua classificação

A IN Nº74 recomenda considerar um raio de 500 metros do limite da área para reconhecimento do uso e ocupação do solo. Para o estudo de caso foi identificado que a área está localizada em uma região urbana residencial, sendo classificada como Área com Potencial de Contaminação por haver atividades que acumulam matérias sob condições que tornem o ambiente contaminado, sendo possível transmitir para o corpo d'água e população a jusante, conforme observado na Figura 12.

Figura 12 – Mapa de uso do solo do entorno considerando um raio de 500 metros do limite da área de estudo.



Fonte: Do autor (2021).

De acordo com Oliveira (2017) os rios pertencentes a bacia do Rio Cachoeira são de Classe II, da qual considera seu uso admitido a abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de locais com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e atividade de pesca.

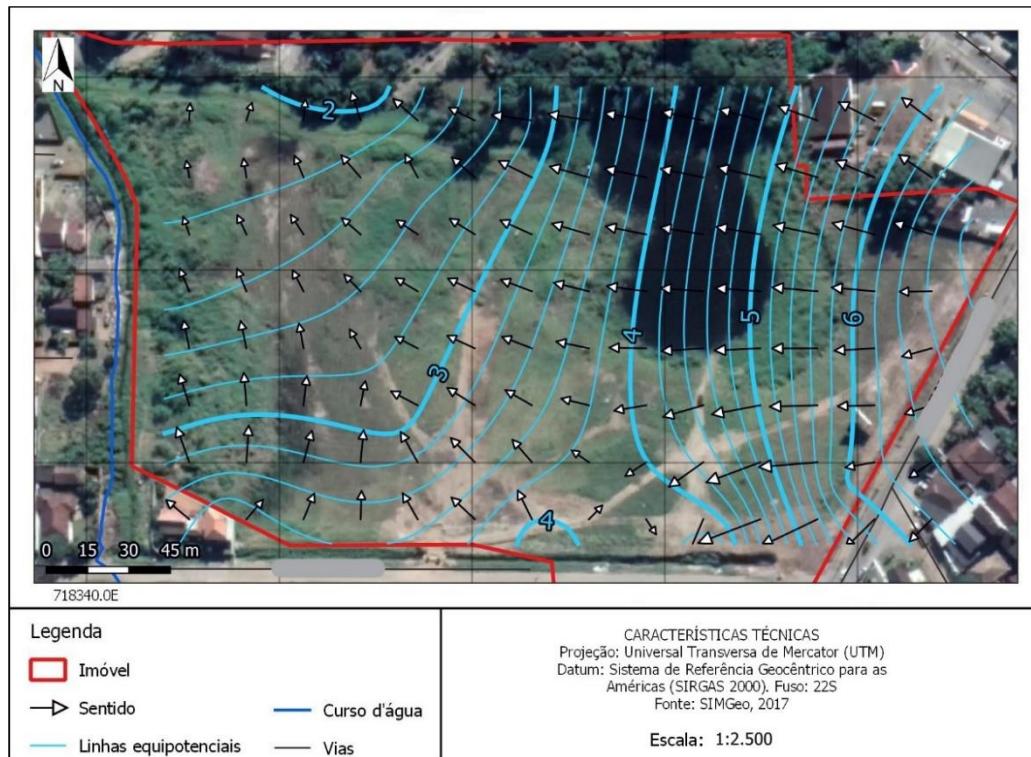
#### **6.1.6. Resultados da investigação realizada**

A IN 74 ainda admite apresentar um resumo de resultados de investigações realizadas na área ou vizinhança, que foi atribuído no estudo de caso com a necessidade de buscar caracterizar o nível freático e o comportamento da água subterrânea do terreno para determinação de vias de transporte de possíveis contaminantes.

Na investigação foi executado o Plano de Amostragem e Sondagem de Solo onde foram implantados poços piezométricos de tubo aberto de 40 mm por sondagens a trado em pontos equidistantes do terreno. As perfurações à trado possibilitam caracterizar perfis litológicos do terreno e sua relação com o comportamento da água subterrânea.

A partir das medições do nível freático e a cota topográfica de cada poço piezométrico foram obtidos os níveis d'água subterrânea em relação ao nível do mar e elaborado o mapa potenciométrico da área, observado na Figura 13.

Figura 13 – Mapa potenciométrico identificando o sentido do fluxo da água subterrânea.



Fonte: Do autor (2019).

O mapa potenciométrico em geral é solicitado na etapa de Investigação Confirmatória, no entanto para este estudo foi realizado na etapa de Investigação Preliminar para melhor investigação e entendimento do local e ambiente subsuperficial para elaboração do modelo conceitual da área.

Como resultado do mapa potenciométrico foi possível concluir que o fluxo da água subterrânea do local dirige-se para o sentido noroeste, sendo uma possível via de transporte de contaminantes para essa direção.

#### 6.1.7. Áreas fonte de contaminação

De acordo com IN 74 (2018) uma área fonte de contaminação é onde abrigou ou abriga fontes primárias ou fontes potenciais de contaminação. É considerado fonte primária o material a partir dos quais os contaminantes se originam e estão causando impacto no meio; e fonte

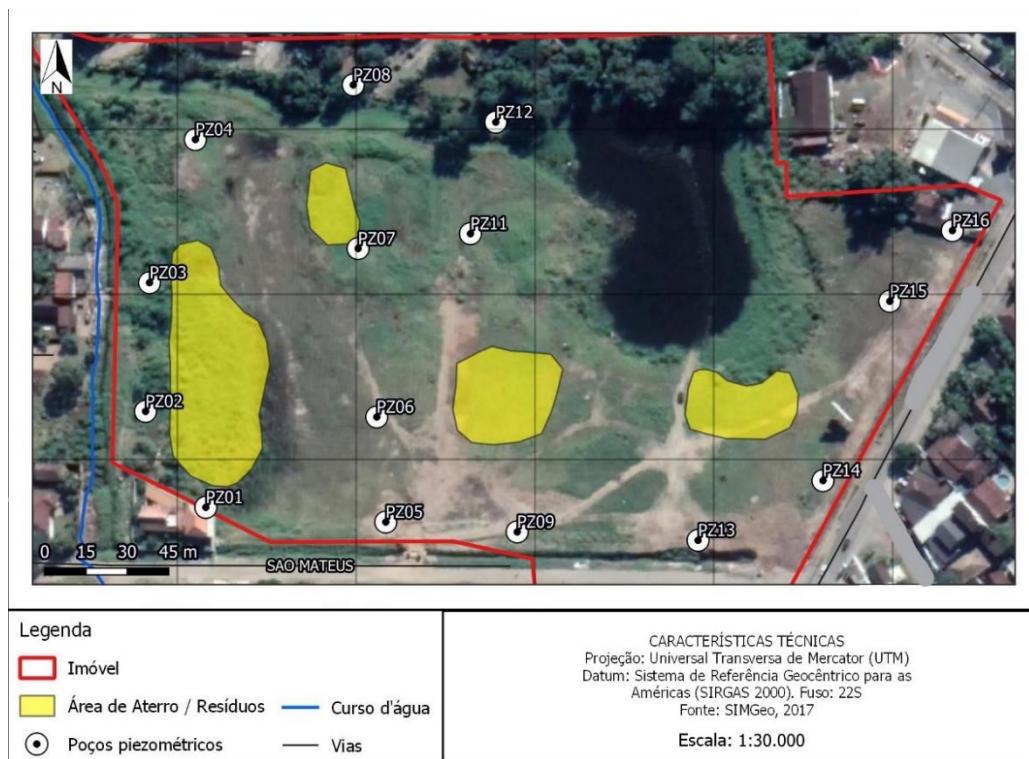
potencial é o material a partir dos quais os contaminantes podem ser liberados para o ambiente, sem ainda associar impacto ao meio.

As áreas fontes de contaminação foram definidas quando realizadas as incursões em campo e instalação de poços piezométricos na investigação do ambiente subterrâneo. As fontes primárias de contaminação são confirmadas serem resíduos sólidos encontrados na superfície e subsuperfície do terreno. E onde historicamente foi realizada a escavação para extração de argila é confirmada a fonte potencial de contaminação.

Nas perfurações a trado para implantação dos 16 poços piezométricos não foi possível implantar o poço piezométrico de número 10, previsto para estar localizado entre os poços 09 e 11 por haver materiais que impediam a passagem do trado no solo em profundidades que variaram em 0,30 a 0,50 m.

Esse fato ocorreu em outras porções do terreno onde foram realizadas inúmeras tentativas de implantação de poços piezométricos, e que foi necessário reposicionar os locais projetados. Nessas sondagens foram encontrados diversos materiais de resíduos urbanos e de construção civil, conforme indicado na Figura 14 e identificado nas figuras 15 a 22.

Figura 14 - Identificação de áreas com presença de materiais de resíduos urbanos e construção civil diagnosticados nas sondagens a trado como fontes de contaminação.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 15 - Registro de saco plástico encontrado em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 17 - Registro de arame de ferro encontrado em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 19 - Registro de pedregulhos em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 16 - Registro de estopa encontrada em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 18 - Registro de tecido encontrado em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 20 - Registro de tecido com óleo encontrado em sondagens



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 21 - Registro de estacas de madeira encontradas em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 22 - Registro de estacas de madeira e pedregulhos encontrados em sondagens.



Fonte: Do Autor, 2019.

As especificações de áreas fontes na Avaliação Preliminar da IN 74 não informa sobre a identificação de fontes secundárias de contaminação, no entanto define como fonte secundária o meio impactado por contaminantes da fonte primária, a partir do qual, outros meios são impactados. Então, na área do estudo de caso, o solo é considerado fonte secundária de contaminação, por receber contaminação diretamente da fonte primária (resíduo urbano).

#### **6.1.8. Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1)**

Pode-se considerar que áreas onde esteja sendo ou foi realizada disposição de resíduos de maneira inadequada, não atendendo as normas vigentes, podem ser classificadas como suspeitas de estarem contaminadas (CETESB, 1999).

O modelo conceitual inicial do terreno com possível presença de um passivo ambiental, gerado por deposição de resíduos sólidos, é relativamente simples. O volume do material depositado não é conhecido e a variedade demasiada de resíduos impede seu detalhamento. O que impede estabelecer um determinado produto ou parâmetro para considerar numa investigação das áreas com potencial de contaminação. Além da vala de drenagem ao norte do imóvel que transfere a água acumulada da escavação para o rio à oeste, servindo também para descarte de efluente residual da população a montante.

Seguindo a Instrução Normativa N°74 o modelo conceitual é classificado como MCA 1B, que é aplicado a este estudo de caso pois foram determinadas incertezas quanto à identificação, caracterização e localização de áreas fonte e/ou das fontes potenciais de contaminação associadas a áreas fonte; e nesse caso, a relação de substâncias químicas de interesse a serem investigadas deverá considerar todas as possibilidades que existam para a área.

Quadro 1 - Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1B)

<b>Fontes primárias</b>	<b>Mecanismos primários de liberação</b>	<b>Fontes secundárias</b>	<b>Mecanismos secundários de liberação</b>	<b>Vias de transporte dos contaminantes</b>	<b>Vias de exposição</b>	<b>Receptores, e bens a proteger</b>
Disposição de resíduos sobre solo	Dispersão em solo superficial	Solo superficial contaminado	Erosão e transporte de particulados, infiltração em solo subsuperficial	Contaminantes adsorvidos nas partículas de solo contaminado e transporte aéreo.	Inalação, contato dérmico e ingestão de partículas.	Futuros residentes, moradores no entorno.
Disposição de resíduos sobre solo	Infiltração no solo	Solo subsuperficial contaminado	Lixiviação no solo sub-superficial e contaminação da água subterrânea	Migração através da água subterrânea e curso d'água	Ingestão	Solo, água subterrânea, curso d'água, moradores.

Diante de muitas suposições e algumas observações, o terreno deve ser classificado como Área Suspeita de Contaminação (AS), definição dada pela IN 74 como sendo uma área da qual foram observados indícios da presença de contaminação.

Portanto, uma possível pluma de contaminação pode existir em um determinado ponto ou vários pontos da área, o que poderá ser confirmado através de uma investigação ambiental confirmatória. E para que seja realizada a sequência da investigação ambiental deve ser elaborado ainda na Avaliação Preliminar um Plano de Investigação Confirmatória, este apresentado a seguir.

#### **6.1.9. Plano de Investigação Confirmatória**

O Plano de Investigação Confirmatória é baseado pelo Modelo Conceitual da Área, que neste caso considerado MCA 1B, permite ser elaborado com base numa abordagem probabilística, de modo a possibilitar o direcionamento, ou o posicionamento adequado das amostragens.

Neste caso, por não ser possível identificar e caracterizar todos os resíduos urbanos dispostos e aterrados na área, é admitido considerar todas as possibilidades que existem para a análise de substâncias químicas de interesse a serem investigadas.

A investigação confirmatória é realizada basicamente pela coleta e análise química de amostras de solo e água subterrânea, coletados em pontos específicos relacionados em mapas georreferenciados e ilustrativos. Os resultados das análises químicas são comparados com valores orientadores da legislação, neste caso Resolução CONAMA nº 420/2009, sendo possível afirmar a existência ou não de passivos ambientais na água subterrânea ou solo na área em estudo; Resolução CONAMA 357/2005 para os resultados da análise da água superficial; e Resolução CONAMA 430/2011 para as condições de lançamento de efluentes.

Os pontos de amostragem para análise de solo foram realizados com trado holandês de aço inoxidável pelo método de amostra composta. Neste método são realizadas coletas de amostras simples em 3 pontos com profundidade média de 15 cm, essas 3 amostras simples foram recolhidas e misturadas em uma bacia de aço inoxidável, sendo posteriormente quarteada a fim de compor uma única amostra (amostra composta). Desta forma, melhora a representatividade de uma amostra, sendo a análise química realizada para uma área média de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>, representando apenas 2% da área total do imóvel.

Os pontos foram determinados a partir dos resultados das sondagens, permitindo coletar nas regiões onde foram encontrados diversos resíduos aterrados, portanto foram realizadas 5 coletas de amostras de solo no terreno (Figura 23).

Figura 23 - Indicação dos locais de coleta das amostras de solo



Fonte: Do Autor, 2019.

As coletas e análises foram realizadas por laboratório com acreditação do INMETRO, e todos os procedimentos de análises certificadas pelos requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC17025.

As amostras são armazenadas em frascos específicos para encaminhamento ao laboratório e armazenados em caixas de isopor refrigeradas.

Foram analisados todos os parâmetros especificados na Lista de Valores Orientadores da Resolução CONAMA 420/2009, tornando representativa a investigação para todos os possíveis tipos de contaminação que possa estar gerando um passivo ambiental na área. Os resultados devem ser comparados com os valores “Residencial” para solos, pelo fato de a área estar prevista para uso residencial.

As análises da água subterrânea foram realizadas por amostras retiradas dos poços de monitoramento utilizando o método de baixa vazão, do qual aumenta a representatividade da amostra e reduz a interferência de fatores que possam mascarar resultados, tais como particulados em suspensão.

Os poços de monitoramento foram instalados em pontos que permitiram a amostragem representativa da qualidade da água subterrânea do imóvel, sendo implantados um a montante e quatro a jusante do fluxo da água subterrânea, conforme indicado na Figura 24. A implantação dos poços seguiu as normas: ABNT NBR 15495-1 – Poços de Monitoramento de Águas

Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 1: Projeto e Construção e ABNT NBR 15495-2 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 2: Desenvolvimento.

Figura 24 - Indicação dos locais de coleta das amostras da água subterrânea, sendo PM-01 a montante.



Fonte: Do Autor, 2019.

As coletas e análises foram realizadas pelo laboratório com acreditação do INMETRO, e todos os procedimentos de análises certificadas pelos requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC17025.

As amostras de água subterrânea de cada poço de monitoramento foram armazenadas em frascos diferenciados de acordo as especificações de análise de cada parâmetro, armazenados em caixas de isopor e refrigerados. Para os metais, a água subterrânea coletada foi filtrada em campo, diretamente para o frasco. Os resultados foram comparados com os “Valores de Investigação” constantes na Resolução CONAMA 420/2009.

Em relação a água superficial foram realizadas coletas e análise de amostra num ponto do Rio que faz limite com o terreno em estudo, no local a montante da interceptação da vala que vem da lagoa do imóvel com o Rio.

Além de coleta e análise de duas amostras de esfluente em pontos da vala de drenagem que vem da lagoa, uma na saída da antiga cava (Ponto EF01 da Figura 25) e outra na vala de escoamento da cava (Ponto EF02 da Figura 25), a jusante da saída de dois pontos de descarte de esgoto doméstico que chega pela drenagem pluvial.

Figura 25 - Indicação dos locais de coleta das amostras da água superficial e efluentes.



Fonte: Do Autor, 2019.

As amostras de efluente e água superficial foram coletadas com o Coletor com Braço Retrátil de inox sendo destinada ao balde de inox até seu preenchimento para posteriormente serem armazenadas em diferentes frascos de acordo com cada parâmetro analisado em laboratório, após cada coleta os equipamentos foram higienizados para assim realizar nova coleta em outro ponto.

Os resultados da análise da água superficial, foram comparados com os valores orientadores para água de Classe II da Resolução CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A comparação dos resultados com os valores da Classe II se justifica através da classificação das águas doces da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira ser de uso exclusivo a Classe II.

Os resultados da análise do efluente foram comparados com os valores orientadores para efluentes da Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

## 6.2. ESTUDO DE CASO - INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A investigação confirmatória foi realizada objetivando confirmar ou não a existência de contaminação na área classificada como Área Suspeita de Contaminação (AS) na avaliação preliminar, seguindo o plano de investigação confirmatória da etapa anterior.

O escopo de trabalho para investigação confirmatória incluiu:

- Coleta de amostras compostas de solo em 5 (cinco) nas regiões onde foram encontrados os resíduos aterrados. Sendo coletadas amostras simples em 3 pontos de profundidade de 15 cm cada, misturadas e quarteadas para conter uma amostra composta.
- Coleta de amostras de água superficial no rio que faz limite a oeste da área, realizada com coletor com braço retrátil de inox.
- Coleta de amostras efluente em dois pontos da vala de drenagem ao norte dos limites da área, também sendo realizadas com coletor com braço retrátil de inox.
- Instalação de 5 (cinco) poços de monitoramento de água subterrânea, localizados um a montante e quatro a jusante do fluxo da água subterrânea.
- Coleta de amostras de água subterrânea através o método de baixa vazão do qual aumenta a representatividade da amostra e reduz a interferência de fatores que possam mascarar resultados, tais como particulados em suspensão.
- Análises físico-químicas foram realizadas em laboratório com acreditação do INMETRO, e todos os procedimentos de análises certificadas pelos requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC17025.
- Elaboração do MCA 2 atualizando o Modelo Conceitual elaborado na investigação preliminar, com base nas informações das análises químicas realizadas na investigação confirmatória.
- Elaboração do Plano de Investigação Detalhada nos casos em que foi confirmada a contaminação.

#### **6.2.1. Construção dos Poços De Monitoramento**

A fim de iniciar as análises para a Investigação Confirmatória é necessário a instalação de 5 (cinco) poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea para coleta de amostras. Para isso foi seguido as orientações da ABNT NBR 15495-1 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 1: Projeto e Construção e ABNT NBR 15495-2 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulados – Parte 2: Desenvolvimento.

A implantação dos 5 (cinco) poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea, exige os seguintes serviços: locação dos poços, implantação dos poços e desenvolvimento dos poços.

## **Locação dos Poços de Monitoramento**

Os poços de monitoramento foram instalados em pontos que permitam a amostragem representativa da qualidade da água subterrânea do imóvel, sendo implantado um a montante do terreno e quatro a jusante seguindo o fluxo da água subterrânea.

## **Implantação dos Poços**

Os poços foram implantados seguindo as diretrizes das Normas ABNT NBR 15495-1 e 15495-2 sendo constituídos basicamente dos seguintes elementos: revestimento interno, filtro, pré-filtro, proteção sanitária, tampão superior e inferior, sistema de proteção, selo, preenchimento e tampa.

Os 5 poços foram implantados com filtro de 2 metros de altura, e apresentaram profundidades de 3,00 a 4,50 metros.

## **Desenvolvimento dos Poços**

Após a implantação dos poços foi realizado o pistoneamento para efetivar o desenvolvimento do poço, permitindo que a água do aquífero flua espontaneamente para o seu interior, e posteriormente cada poço foi purgado com a utilização de bailer. Depois de desenvolvidos, os poços passam a estar em conformidade para fornecer amostras de água subterrânea confiáveis.

### **6.2.2. Resultados das Análises Químicas**

Segundo as instruções da IN 74, as coletas das amostras foram realizadas por profissionais habilitados e as análises foram realizadas pelo laboratório com acreditação do INMETRO, e todos os procedimentos de análises certificadas pelos requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC17025.

### **Resultados das Análises Químicas das Amostras de Solo**

Os resultados das análises de solos foram comparados com os valores orientadores à região residencial da Resolução CONAMA 420/2009 que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. A Tabela 1 apresenta os resultados dos valores orientadores que

ultrapassaram o Valor Máximo Permitido (VMP) pela resolução, e outros valores com altas concentrações, mas que a resolução não refere (N.R.).

Tabela 1 - Resumo dos resultados das análises das amostras de solo.

Resultados Analíticos						Resolução CONAMA 420	
	Unid.	AMS01 Prof. 30 a 50 cm	AMS02 Prof. 30 a 50 cm	AMS03 Prof. 30 a 50 cm	AMS04 Prof. 30 a 50 cm	AMS05 Prof. 30 a 50 cm	VMP Residencial
Benzeno	mg/Kg	9,10	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,08
Alumínio	mg/Kg	3030	8500	12100	18200	14900	N.R.
Boro	mg/Kg	21,2	97,1	152,0	119,0	56,2	N.R.
Ferro	mg/Kg	5420	25900	44600	30200	12900	N.R.
Manganês	mg/Kg	37,9	174	244	101,0	79,8	N.R.

### Resultados das Análises Químicas das Amostras de Água Subterrânea

Os resultados da análise da água subterrânea foram comparados com os valores orientadores para água subterrânea da Resolução CONAMA 420/2009 que 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, e com os valores orientadores da Resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. A Tabela 2 apresenta os resultados dos valores orientadores que ultrapassaram o Valor Máximo Permitido (VMP) pelas resoluções.

Tabela 2 - Resumo dos Resultados da Água Subterrânea - Baixa Vazão

Resultados Analíticos						CONAMA 420 Água Subterr.	CONAMA 396 Água Subterr. Consumo Humano	
	Unid.	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	VMP	VMP
Alumínio	µg/L	116	5,6	69,9	9960	50,1	3500	200
Cobalto	µg/L	7,5	13,1	110	111	11,9	70	N.R.
Ferro	µg/L	2510	1160	156000	201000	75300	2450	300
Manganês	µg/L	320	1970	11300	6830	2350	400	100
Níquel	µg/L	1,9	< 1	72,2	324	1,4	20	20
Zinco	µg/L	24,7	45,9	29,9	1510	10,3	1050	5000
pH (a 25°C)	-	5,02	5,27	5,81	3,47	5,99	N.R.	N.R.
Potencial Redox	mV	1,1	12,1	-36,5	193,8	-68,7	N.R.	N.R.

## **Resultados das Análises Químicas das Amostras de Água Superficial**

Os resultados da análise da água superficial foram comparados com os valores orientadores para água subterrânea de Classe II da Resolução CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. A Tabela 3 apresenta os resultados dos valores orientadores que ultrapassaram o limite permitido pela resolução (VMP).

Tabela 3 - Resumo dos resultados das análises da Água Superficial

<b>Resultados Analíticos</b>		<b>CONAMA 357</b>	
	<b>Unid.</b>	<b>AS-01</b>	<b>Classe II - Art 15 - VMP</b>
Materiais Flutuantes	---	Presentes	Ausentes
Óleo e Graxas Visíveis	---	Presentes	Ausentes
Substâncias que Comunicam Odor	---	Presentes	Ausentes
Resíduos Sólidos Objetáveis	---	Presentes	Ausentes
Coliformes Totais	NMP/100mL	> 24200	1000
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	NMP/100mL	> 24200	1000
DBO	mg/L	19,8	5
Cor Verdadeira	CU	76,6	75
Ferro Dissolvido	mg/L	1,20	0,3
Fósforo Total	mg/L	1,76	ambiente lêntico: 0,03; ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico: 0,05
Manganês	mg/L	0,138	0,1
Nitrogênio Amoniacial	mg/L	17	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Índice de Fenóis	mg/L	0,01	0,003
Surfactantes (como LAS)	mg/L	9,25	0,5
Tolueno	µg/L	6,54	2,0

## **Resultados das Químicas das Amostras Análises de Efluente**

Os resultados da análise do efluente foram comparados com os valores orientadores para efluentes da Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. A Tabela 4 apresenta os resultados dos valores orientadores que ultrapassaram o limite permitido pela resolução (VMP), e outros valores com altas concentrações, mas que a resolução não referencia (N.R.).

Tabela 4 - Resumo dos resultados das análises dos Efluentes

Resultados Analíticos		CONAMA 430 Art. 16		
	Unid.	EF01 (Montante)	EF02 (Jusante)	VMP
Materiais flutuantes	-	Ausentes	Presentes	Ausentes
DBO	mg/L	3,1	23,4	N.R
DQO	mg/L	32,6	134	N.R
Coliformes Termotolerantes (E. coli)	NMP/100mL	1000	178500	N.R

### 6.2.3. Interpretação dos Resultados das Análises Químicas

As concentrações de metais, hidrocarbonetos e substâncias potencialmente poluentes no solo e na água subterrânea do terreno são relativamente baixas, considerando que o terreno tenha recebido historicamente resíduos de diversas origens no passado.

Mas, analisando os resultados das análises químicas, é possível confirmar que ocorreram impactos na água e solo possivelmente associados a deposição de resíduos no histórico de uso e ocupação do terreno no passado.

#### Solo

O benzeno foi o único elemento referenciado pela legislação CONAMA 420 que ultrapassou os valores de prevenção e investigação para solo na amostra AMS01 (ponto a montante). Esse é um elemento encontrado no petróleo em geral, na concentração de 4 g/l e as emissões ocorrem durante a produção, uso e derramamentos de derivados de petróleo (ATSDR, 2004; OSHA, 2004).

Faz parte do grupo dos hidrocarbonetos monoaromáticos, assim como o tolueno, etilbenzeno e os três xilenos orto, meta e para, chamados compostos BTEX. Estes são os compostos que têm maior solubilidade e volatilidade e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o aquífero freático ou serão inalados (CORSEUIL, 1994; ATSDR, 1997; ATSDR, 2004). Esses compostos são nocivos tanto ao meio ambiente quanto ao ser humano, atuando como depressores do sistema nervoso central e apresentando toxicidade crônica (ANDRADE *et al.*, 2010).

Sua presença nesse ponto se justifica por estar próximo a via, que na área urbana é sempre movimentada pode acarretar de gerar o benzeno para a vizinhança.

A presença de alumínio, boro, ferro e manganês em concentrações relativamente elevadas pode estar ligada à geologia. A geologia regional compreende os terrenos cristalinos do Escudo

Catarinense e, em parte, depósitos sedimentares inconsolidados de origem cenozoica. Os primeiros, relacionados às litologias do Complexo Granulítico de Santa Catarina, aos migmatitos, xistos e granitoides e aos granitos alcalinos da Suíte Intrusiva Serra do Mar. O intemperismo químico origina espessos pacotes de alteração de rocha sobre estas formações (Hartmann *et al*, 1979)

### **Água subterrânea**

Os resultados das análises químicas nas amostras de água subterrânea informaram a presença de altos níveis em relação ao CONAMA 420 de ferro e manganês em todos os pontos de coleta, com exceção do PM-01 que apresentou manganês elevado apenas em relação ao CONAMA 396 de limites para consumo humano.

A amostra de água do poço PM-04 apresentou maior contaminação referente a quantidade de parâmetros analisados, com um total de seis parâmetros acima dos valores permitidos pela CONAMA 420, sendo eles: alumínio, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco.

E a amostra PM-03 apresentou quatro parâmetros acima dos valores permitidos pela CONAMA 420, sendo eles: cobalto, manganês e níquel, parâmetros definidos como “metais pesados”.

A presença de metais pesados na água subterrânea pode provocar uma série de danos à saúde humana e ao meio ambiente a depender da maior ou menor concentração. A elevada concentração destes metais na água subterrânea preocupa principalmente devido aos efeitos toxicológicos e fisiológicos nos seres vivos (PORTO *et al.* 1991).

A elevada concentração de ferro e manganês na água subterrânea está concordante com o elevado teor destes metais no solo da região. As formações ferríferas são descritas associadas ao Complexo Granulítico de Santa Catarina (HARTMANN *et al.* 1979). Por isso, a presença de manganês e ferro em concentrações elevadas interferem de forma generalizada na qualidade da água subterrânea regional, sendo que a própria legislação sugere que deve ser considerado o background regional, e não faz restrições a estes elementos e ao alumínio.

Tais concentrações são explicadas pela geologia regional, mas não podem ser descartados possíveis aumentos da concentração pelos materiais antrópicos depositados nos pontos PM-03, PM-04 e PM-05.

Deve ser salientado que o PM04 apresentou também o pH muito baixo, de 3,47, o que é relativamente ácido para o ambiente subterrâneo em questão. A acidez do terreno promove a redução iônica dos metais, facilitando a dissolução e consequentemente a mobilidade dos mesmos na água subterrânea. Este aspecto químico é ratificado pelo elevado potencial redox, que indica a tendência dos elementos em adquirir elétrons e serem reduzidos.

Portanto, entende-se que será necessária a continuidade da investigação, agora de forma detalhada, para identificar ou delimitar a fonte, ou fontes, dos metais diagnosticados e a causa da redução do pH naquela no PM04. Para isso, justifica-se uma investigação detalhada na porção em que estão implantados os poços de monitoramento PM03 e PM04, a fim de identificar e delimitar a fonte da contaminação dentro do terreno.

### **Água Superficial**

Os resultados da análise química da amostra de água superficial informaram os parâmetros que ultrapassaram os valores máximos permitidos a Classe II dos cursos de água na Resolução CONAMA 357, sendo eles: Coliformes totais, coliformes termotolerantes, DBO, Cor verdadeira, Ferro dissolvido, Manganês, Nitrogênio Amoniacal, Índice de Fenóis, Surfactantes e Tolueno.

As elevadas concentrações de coliformes termotolerantes, nitrogênio e fósforo são característicos de efluentes domésticos, o que é denunciado pelo forte odor experimentado no local, vindo da drenagem urbana ao norte do terreno.

Os materiais flutuantes, óleo e graxas visíveis, substâncias que comunicam odor e resíduos sólidos objetáveis, que não são permitidos estarem presentes pela Resolução CONAMA 357, foram observados na análise.

Os resultados das análises da água superficial amostradas no rio, comprovam que a qualidade do curso d'água é característica da área urbana residencial e industrial, sem coleta e tratamento sanitários, apresentando parâmetros de origem antrópica provenientes de despejos de efluentes diretos no rio, e de resíduos sólidos e da construção civil depositados irregularmente nas margens do rio.

### **Efluentes**

Materiais flutuantes foi o único parâmetro que ultrapassou o limite dos valores orientadores definidos pela CONAMA 430/2011 por estar presente na análise.

A diferença básica entre os resultados das amostras de montante e de jusante da tubulação pluvial que desagua no meio da vala é a presença de materiais flutuantes, o elevado DBO, o elevado DQO e a elevadíssima concentração de coliformes termotolerantes. Esta diferença evidencia a contribuição da nucleação urbana do entorno para a contaminação regional.

#### **6.2.4. Modelo Conceitual da Área (MCA 2)**

Com a confirmação da presença de benzeno (Hidrocarboneto monoaromático) e cobalto, manganês e níquel (metais pesados) em altos valores de concentração, estando acima dos limites permitidos pelas resoluções respectivas de interesse do meio, foi possível atualizar Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 1) desenvolvendo o Modelo Conceitual da Área (MCA 2), apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelo Conceitual Inicial da Área (MCA 2)

Fonte primária	Mecanismos primários de liberação	Fonte secundária	Mecanismos secundários de liberação	Contaminantes identificados em solo e água subterrânea	Vias de transporte dos contaminantes	Vias de exposição	Receptores e bens a proteger
Hidrocarboneto monoaromático, provável fonte externa à área	Queima de combustível	Solo superficial	Erosão e transporte de particulados, infiltração em solo subsuperficial	Benzeno	Aporte aéreo do material particulado	Inalação, contato dérmico e ingestão de partículas	Futuros residentes, moradores no entorno.
Disposição de resíduos sobre solo	Infiltração no solo	Solo subsuperficial contamina-do	Lixiviação no solo subsuperficial e contaminação da água subterrânea	Alumínio, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco	Migração através da água subterrânea e curso d'água	Ingestão	Solo, água subterrânea, curso d'água, moradores.

Diante do apresentado a área passou a ser classificada como Área Contaminada sob Investigação (ACI), definição dada pela IN 74 como aquela em que comprovadamente for constatada, mediante investigação confirmatória, a contaminação com concentrações de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação.

### **6.2.5. Diretrizes para a Investigação Detalhada**

Devido às incertezas da origem das elevadas concentrações de metais na água subterrânea dos poços de monitoramento PM04 e PM03, e alta concentração de hidrocarboneto monoaromático no PM01, a área passa a ser definida como Área Contaminada sob Investigação (ACI). Por isso, é indicada a continuidade da investigação, que de acordo com a IN 74 deve seguir pela Investigação Detalhada, especificamente naquela porção do terreno. Assim com elaborar o Plano de Investigação Detalhada ainda nesta etapa da investigação.

Considerando ser difícil a perfuração a trado manual para elaborar seções do terreno que auxiliem na identificação dos resíduos, ou mesmo para realizar coleta de amostras de solo em maior profundidade, é sugerida a utilização de uma sonda hidráulica para a continuidade da investigação detalhada.

Além dos perfis do solo/resíduo, são necessários mais poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea para verificar a extensão da pluma de contaminação, e se há a presença de contaminantes fora da área em investigação. A fim de determinar a mancha de contaminação na área.

Mais uma vez, deve ser salientado que as coletas de amostras de água subterrânea devem utilizar o método de baixa vazão, o laboratório deve ser acreditado pelo INMETRO, e os procedimentos de análises químicas com certificação da ISO 17025.

## **7. DISCUSSÃO**

Diante dos objetivos determinados para os estudos de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória referentes a etapa de Identificação da Contaminação, conforme determinado pela Instrução Normativa Nº 74:

- Na etapa da avaliação preliminar o objetivo principal é constatar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área sob avaliação, por meio do levantamento de informações disponíveis sobre o uso atual e pretérito da área (IMA, 2018).
- A etapa de investigação confirmatória tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação [...] por meio da realização de coleta e análises químicas laboratoriais de amostras de solo e água subterrânea segundo o Plano de Investigação Confirmatória, bem como a interpretação dos resultados destas análises por meio da

comparação com Padrões Legais Aplicáveis (PLA) recomendados pela Resolução CONAMA nº 420/2009, ou pelas demais normativas elencadas nesta Instrução Normativa, ou pelo IMA. (IMA, 2018).

O estudo de caso apresentado identificou na etapa da avaliação preliminar as áreas fontes e fontes potenciais de contaminação e conseguiu classificar a área como Área Suspeita de Contaminação (AS).

A IN 74 aponta, na avaliação preliminar, o desenvolvido o Modelo Conceitual Inicial (MCA 1), o qual caracteriza-se por um relato escrito e/ou a representação gráfica da área investigada, do meio físico e dos processos físicos, químicos e biológicos que determinam o transporte de contaminantes da(s) fonte(s) primárias através dos compartimentos do meio físico, até os potenciais receptores da contaminação. A partir do MCA 1 é elaborado o Plano de Investigação Confirmatória.

No entanto para a elaboração do MCA 1 e seguidamente o Plano de Investigação Confirmatória, se fez necessário conhecer o ambiente subterrâneo da área na etapa da Avaliação Preliminar para definição dos pontos de amostragem da água subterrânea, pois o caso de ser uma área que não tem históricos de investigação ou estudos hidrogeológicos não foi possível identificar o comportamento da água subterrânea. Desta forma, foi realizada a instalação de poços piezométricos para a obtenção do nível de água e elaboração do mapa potenciométrico, este só solicitados na etapa da Investigação Confirmatória.

Portanto para uma área sem conhecimento do ambiente subterrâneo se fez necessário adiantar um item da 2<sup>a</sup> etapa da investigação ambiental, este sendo a elaboração do mapa potenciométrico, além de investigar o seu ambiente subterrâneo nesta etapa para evidenciar possíveis fontes de contaminação. Pois só por entrevistas locais e visualização superficial da área não seria possível identificar outras fontes potenciais de contaminação.

Durante as atividades de instalação de poços piezométricos foram observados diversos resíduos enterrados sob o solo, estes itens identificados como fontes primárias de contaminação na avaliação preliminar.

Para o Plano de Investigação Confirmatória foram determinados os pontos de coletas de amostras para solo e água subterrâneas, itens obrigatórios pela IN 74, e para água superficial e efluente, os quais não são citados ou instruídos pela mesma e se fizeram necessários por serem meios de interesse de análise para a região de estudo.

Na segunda etapa da identificação da contaminação, com estudo de investigação confirmatória foi possível declarar a área como Área Contaminada Sob Investigação, por haver concentrações de substâncias analisadas acima dos limites dos valores orientadores.

Para a Investigação Confirmatória a IN 74 orienta a utilização da ABNT/NBR 15.515 – Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória para execução de seu escopo técnico, no entanto também dispõe dos dados e informações listados em itens obrigatórios para apresentação do Relatório de Investigação Confirmatória, o que torna a elaboração do relatório confusa, sendo a NBR15.515/2 apresentar um detalhamento específico para o plano de amostragem e a IN74 indicar por itens resumidamente ao que a NBR15.515/2 solicita.

Nesta etapa a IN 74 indica a elaboração do Plano de Investigação Detalhada em casos que foi confirmada a contaminação, no entanto não dispõe de instrução para sua elaboração por isso o que foi realizado do estudo de caso apresentado sugere as diretrizes para uma investigação mais detalhada.

## **8. CONCLUSÕES**

O emprego da Instrução Normativa Nº 74 para a investigação de passivo ambiental em uma área de interesse para atividade de loteamento se fez eficaz para determinação da classificação da área para Área Contaminada sob Investigação (ACI).

As diretrizes da IN 74 para a primeira etapa da investigação, denominada avaliação preliminar, levaram a reconhecer o local como Área Suspeita de Contaminação (AS) por serem encontrados, nas incursões em campo, vestígios de resíduos aterrados e sob o solo. O levantamento histórico foi importante para reconhecer que não houve atividades dentro da área que causasse algum passivo ambiental além da deposição irregular de resíduos.

Vale salientar que a IN 74 não especifica o estudo hidrográfico da região, item importante para conhecimento dos cursos d’água considerando o possível transporte de contaminantes e possíveis análises químicas a serem realizadas para avaliação.

Com a avaliação preliminar concluída e sendo constatada possível contaminação no local, a IN 74 recomenda desenvolver o Modelo Conceitual da Área e elaborar o Plano de Investigação Confirmatória com todas as diretrizes para coleta, análises e comparação dos pontos de interesse para confirmar ou não a existência de contaminação.

Assim, seguindo as diretrizes do plano, é constatada a contaminação com concentrações de substâncias acima dos valores de investigação nas águas subterrâneas e solo.

Portanto cabe afirmar que as duas primeiras etapas de uma investigação ambiental comprovam a existência ou não de passivos ambientais na área e sua classificação. Sendo confirmado elevadas concentrações de alguns metais pesados junto aos poços de monitoramento PM04 e PM03 e hidrocarboneto monoaromáticos no PM01.

De toda forma, o que preocupa são as concentrações de cobalto, níquel e zinco acima dos valores orientadores, pois estes influenciam na qualidade do meio ambiente, sendo parâmetros definidos como metais pesados que causam risco a saúde humana e ao meio ambiente.

Portanto, entende-se que será necessária a continuidade da investigação, agora de forma detalhada, como prevê a IN 74, para identificar ou delimitar a fonte, ou fontes, dos metais e hidrocarboneto nas suas respectivas porções no terreno e seguir com os estudos de Avaliação de Risco a Saúde Humana.

Caso a área apresente risco a IN 74 orienta ao processo de reabilitação de áreas contaminadas constituído pela elaboração e execução de um plano de intervenção seguindo por um monitoramento para encerramento ou reabilitação da área.

## **9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. *Eclética Química*, v. 35, n. 3, p. 17-43, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46702010000300002>>.

BRASIL. Lei Nº 6,938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasil, 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm)>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Brasília, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. 2001. Disponível em: <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/manual-de-gerenciamento/>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasil, 1986.

GÜNTHER, Wanda M. R; Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 2, p. 105-117, abr./jun. 2006. Disponível em: <[http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02\\_08.pdf](http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf)>.

HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI FILHO, V. 1979. O Complexo Granulítico de Santa Catarina. Descrição e implicações genéticas. *Acta Geológica Leopoldensia*, 3(6):93-112.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE – IMA. Instrução Normativa Nº 74 – Recuperação de Áreas Contaminadas. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. Ago. 2018.

MARKER, A. Avaliação ambiental de terrenos com potencial de contaminação: gerenciamento de riscos em empreendimentos imobiliários. Caixa Econômica Federal; GTZ. Brasília, 2010. 164 p.

NORMA BRASILEIRA. ABNT NBR 15515-1 - Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar; Versão corrigida 05.04.2011.

NORMA BRASILEIRA. ABNT NBR 15515-2 – Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória; Primeira edição 22.03.2011.

OLIVEIRA, Therezinha M. N. Bacias Hidrográficas da Região de Joinville: Gestão de Dados. Joinville, SC. Editora Univille, 2017.

OLIVEIRA, Antonio M. S; MONTICELI, João J. Geologia de Engenharia Ambiental. Volume 2. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia e Engenharia e Ambiental, 2018.

PORTE, M.F.A; BRANCO, S.M, DE LUCA, S.J. Caracterização da qualidade das águas. In: SM. Branco & R.L.L. (eds.) Hidrologia Ambiental. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 411, EDUSP-São Paulo, 1991.

ROMAGNOLI, J. M. Avaliação preliminar de passivos ambientais em área de deposição de resíduos sólidos urbanos. Revista Faculdades do Saber v. 6, nº 12, 2021.

SÁNCHEZ, L. E. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: Edusp; Fapesp, 2001.