

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

**LUCIANE CANDEIA**

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA EM ÁREA  
SUSPEITA DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DEPOSIÇÃO DE RESÍDUO  
SÓLIDO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO E ANÁLISE CRÍTICA**

SÃO PAULO  
2020

**LUCIANE CANDEIA**

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA EM ÁREA  
SUSPEITA DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DEPOSIÇÃO DE RESÍDUO  
SÓLIDO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO E ANÁLISE CRÍTICA**

**Versão Corrigida**

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

Orientadora: Prof. Dra. Monica Machado Stuermer

**SÃO PAULO**

**2020**

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

#### Catálogo-na-publicação

Candeia, Luciane

AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA EM ÁREA SUSPEITA DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR DEPOSIÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO E ANÁLISE CRÍTICA / L. Candeia -- São Paulo, 2020.

52 p.

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

1.contaminação ambiental 2.contaminação do solo 3.recuperação ambiental 4.caracterização ambiental I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela essência da vida, testemunho de intelectualidade, força de luz e esperança.

Aos meus pais Erci Rech De Martini e José Américo Candeia (*in memorian*) pelos ensinamentos de integridade, resiliência e moral que conservo na vida.

A orientadora Sra. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica Machado Stuermer que aceitou o desafio de orientar a elaboração dessa monografia, com dedicação, transmissão de conhecimento e paciência, para que a conclusão do mesmo fosse possível.

Ao Sr. Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo, pela importante contribuição, auxílio e compreensão no desenvolvimento deste trabalho.

A Sra. Prof<sup>a</sup>. MSc. Evy Hannes pela avaliação deste trabalho.

A Universidade de São Paulo pela oportunidade de aprendizado, a equipe suporte e DI- MBA-GAC juntamente com a coordenação pelo apoio e organização para que fosse possível a conclusão deste projeto.

A empresa Sulpet Plásticos Ltda, pelo apoio vivenciado na elaboração do presente trabalho.

Ao laboratório GreenLab/Ceimic Análises Ambientais Ltda pelo fornecimentos das avaliações analíticas utilizadas.

A Preserve Projeto e Assessoria Ambiental Ltda pela oportunidade profissional.

A Ore Engenharia e Geologia pelo auxílio técnico na elaboração do presente trabalho.

Aos colegas de MBA pela força conjunta de apoio e troca de informações durante todo o curso, consolidando as amizades que ficarão presentes em minha vida.

## RESUMO

CANDEIA, Luciane. Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória em Área Suspeita de Contaminação Ambiental por Deposição de Resíduo Sólido Industrial: estudo de caso e análise crítica. 2020. 53 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Com a crescente industrialização, os órgãos ambientais desenvolveram ações específicas para gerenciar áreas com potencial de contaminação por resíduo, neste conceito, várias políticas foram criadas para a regulamentação da disposição de resíduos sólidos, bem como normativas pertinentes ao gerenciamento de áreas contaminadas.

Neste contexto, alguns estados e municípios desenvolveram políticas próprias e incisivas para atuar de forma mais efetiva no gerenciamento de áreas contaminadas por deposição de resíduos sólidos.

O presente estudo foi desenvolvido no intuito de elaborar uma análise crítica dos procedimentos utilizados na avaliação preliminar e investigação confirmatória utilizando estudo de caso, em comparação as diretrizes da DD nº 038/2017/C (CETESB), objetivando levantar os procedimentos em desacordo com DD, elaborando ao final, recomendações para atendimento as diretrizes condicionantes da normativa de referência.

Através destas avaliações, foram identificadas a necessidade de revisão dos procedimentos utilizados no estudo da área avaliada, principalmente no que se refere ao meio físico e substâncias químicas de interesse, buscando aprofundar a avaliação do gerenciamento de áreas contaminadas e informações no processo de identificação e na remediação da área.

**Palavras-chave:** contaminação ambiental, contaminação do solo, recuperação ambiental, caracterização ambiental.

## ABSTRACT

CANDEIA, Luciane. Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation in a Suspected Area of Environmental Contamination by Industrial Solid Waste Disposal: case study and critical analysis.2020. 53 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The growing industrialization, the need for environmental agencies to develop specific actions to manage areas with potential for contamination by waste was necessary. Several policies were developed with the objective of regulating the disposal of solid waste, as well as acting on sustainable development, promoting maximum reuse of them, as recommended by the legislation and regulations pertinent to the theme.

This context, some states and municipalities have developed their own and incisive policies to act more effectively in the management of areas contaminated by deposition of solid waste. The state of Rio Grande do Sul does not have specific regulations for the management of contaminated areas, using national regulations for the delimitation and direction of the theme.

The present study was developed in order to elaborate a critical analysis of the procedures used in the preliminary assessment and confirmatory investigation using case study, in comparison with the guidelines of DD nº 038/2017 / C (CETESB), aiming to raise the procedures in disagreement with DD , elaborating at the end, recommendations to meet the conditional guidelines of the reference regulation.

Through these evaluations, the need to review the procedures used in the study of the assessed area was identified, mainly with regard to the physical environment and chemical substances of interest, seeking to deepen the assessment of the management of contaminated areas and information in the identification process and in the remediation of the area.

**Key words:** environmental contamination, soil contamination, environmental recovery, environmental characterization.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contabilização de remessas para aterro dos resíduos depositados na área em estudo.....	28
Tabela 2 - Plano de amostragem e especificações técnicas e meio amostrado para determinação de existência de contaminação para a investigação confirmatória.....	38
Tabela 3 - Tabelas de valores comparativos dos resultados analíticos .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Depósito de resíduos na área em estudo.....	27
Figura 2. Remoção de resíduos realizados no local.....	28
Figura 3. Localização da Área em estudo.....	29
Figura 4. Localização da área de estudo.....	30
Figura 5. Contexto geológico da área de estudo.....	31
Figura 6. Mapa de solos do município de Farroupilha.....	32
Figura 7. Vista geral do solo da área em estudo.....	33
Figura 8. Modelagem da superfície topográfica.....	34
Figura 9. Fluxo das águas no sentido da declividade natural do Terreno.....	35
Figura 10. Mapa topográfico dos pontos de amostragem de solo.....	37
Figura 11. Levantamento fotográfico dos pontos de coleta.....	40
Figura 12. Mapa de localização dos pontos de amostragem com identificação da hidrogeologia local.....	52



## **LISTA DE SIGLAS**

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – Rio Grande do Sul.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

VRQs - Valores de Referência de Qualidade

SQI - Substâncias químicas de interesse.

MCA – Modelo conceitual da área em estudo

PET- Polietileno tereftalato

IPAGRO - Instituto de Pesquisas Agronômicas

DD – Decisão de Diretoria nº 038/2017/C de 07 de fevereiro de 2017 (CETESB)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

km<sup>2</sup> - quilometro quadrado

m - Metro

m<sup>2</sup> - metro quadrado

ton. - toneladas

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	11
2.	OBJETIVO .....	13
3.	JUSTIFICATIVA .....	14
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	15
4.2.	GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS .....	19
5.	METODOLOGIA .....	24
6.	ESTUDO DE CASO .....	25
6.1.	AVALIAÇÃO PRELIMINAR.....	25
6.1.1.	LEVANTAMENTO HISTÓRICO.....	27
6.1.2.	ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCAIS E REGIONAIS.....	28
6.1.3.	ESTUDO DA DRENAGEM SUPERFICIAL.....	32
6.1.4.	MODELO CONCEITUAL.....	34
6.2.	INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA.....	36
7.	RESULTADOS .....	38
8.	CONCLUSÃO.....	45
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
10.	ANEXOS .....	51
10.1.	Anexo 1 – Figura 12 - Mapa de localização dos pontos de amostragem com identificação da hidrogeologia local.....	51
10.2.	Anexo 2 – Tabela 3 - Tabelas de valores comparativos dos resultados analíticos .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

Para identificação de áreas contaminadas são realizados diagnósticos ambientais focados na investigação do local, que consistem na completa descrição e análise dos fatores ambientais e suas interações, de modo a caracterizar a situação ambiental de uma área suspeita de contaminação.

Através das diretrizes propostas pelo CONAMA 420/ 2009 e Decisão de Diretoria nº 038/2017/C (CETESB), as etapas de uma investigação ambiental visam o fornecimento de orientações técnicas e de procedimentos para a identificação e avaliação de contaminação em áreas industriais, cujas atividades poluidoras podem ter gerado algum dano ao meio ambiente.

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas visa reduzir, para níveis aceitáveis, os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente em decorrência de exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos riscos e danos decorrentes da contaminação, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas ( DD nº 038 / 2017)<sup>1</sup>.

Com o objetivo de otimizar recursos técnicos e econômicos, a Metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior.

A primeira etapa do processo de avaliação do local é conhecida como avaliação preliminar (CETESB, 2001)<sup>2</sup>. Essa avaliação reúne informações históricas e outras informações disponíveis sobre as condições e arredores, para avaliar se o local representa uma ameaça potencial à saúde humana e ao meio ambiente ou a necessidade de estudos específicos. Esta avaliação mostra-se fundamental no

---

<sup>1</sup> DECISÃO DE DIRETORIA Nº 038/2017/C, DE 07 FEVEREIRO DE 2017. *Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas*, da revisão do “*Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas*” e estabelece “*Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental*”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013.

<sup>2</sup> LOPES, A.G, MARKER, A., GLOEDEN E., GÜNTHER, M.A., FRACCAROLI, M. J.B., ALMEIDA, N. A., CUNHA, R. C.A., AQUINO, V., Manual de gerenciamento de áreas contaminadas / CETESB, GTZ.

estabelecimento do potencial de contaminação de solo através do modelo conceitual inicial e de uma sequência de investigações.

Em seguida á avaliação preliminar utiliza-se a invetigação confirmatória, que inclui a coleta de amostras ambientais de áreas identificadas no modelo conceitual propostas após a avaliação preliminar ter sido realizada. A investigação confrimatória também determina se substâncias perigosas estão sendo liberadas para o meio ambiente e são uma ameaça para a saúde humana.

Este trabalho consiste na análise crítica comparativa com a DD nº 038 / 2017 / C (CETESB), e as etapas desenvolvidas na avaliação preliminar e investigação confirmatória realizadas em área suspeita de contaminação já delimitada pelo órgão ambiental competente do estado do Rio Grande do Sul (FEPAM), visando apontar as diretrizes e condições técnicas desenvolvidas no estudo em comparativo as condicionantes propostas pela normativa.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise dos procedimentos utilizados para avaliação preliminar e investigação confirmatória em relação as diretrizes da DD nº 038 / 2017 / C (CETESB), utilizando-se para isso, estudo de caso em uma área previamente delimitada pelo órgão ambiental, pertencente a empresa de reciclagem de PET, com suspeita de contaminação por depósito de resíduos, localizada no Município de Farroupilha no Estado do Rio Grande do Sul.

Os objetivos específicos para o levantamento técnico proposto neste trabalho são considerados:

- Levantamento da legislação e normas técnicas pertinentes ao gerenciamento de áreas contaminadas, nos âmbitos nacional, estadual e municipal;
- Apresentar estudo de caso de avaliação preliminar e investigação confirmatória, realizada por equipe multidisciplinar;
- Elaborar análise crítica dos procedimentos adotados para o estudo apresentado, em comparativo as diretrizes propostas na normativa DD nº 038 / 2017 / C (CETESB).

### 3. JUSTIFICATIVA

Com base na solicitação do órgão ambiental para identificação de possível contaminação em área específica de deposição de fardos de material PET, a serem utilizados em processo industrial de reciclagem, foi desenvolvido estudo de avaliação preliminar e investigação confirmatória, levando em consideração um modelo conceitual inicial que teve como base, as características técnicas do material existente, bem como as condições do meio físico local.

As avaliações realizadas somente na subsuperfície da matriz solo, bem como, as substâncias químicas de interesse (SQI) foram determinadas em função das seguintes premissas: (a) delimitação da área em estudo, na qual não abrangia a área total do empreendimento, (b) propriedades inertes do material, conforme NBR 10.004/87, anexo H, na qual é identificado como resíduo Classe II, (c) identificação das SQI em função da existência de ativos remanescentes nas embalagens pós-consumo, conjuntamente com compostos prováveis existentes em rótulos, que por ação de intemperies promovem o contato solo, (d) características pedológicas do local na qual identifica um solo com baixa permeabilidade e baixa infiltração, (e) proposta inicial, com a confirmação da existência de contaminação, objetivando revisão do modelo conceitual proposto, e estudo aprofundado da área estudada.

Com base nestes preceitos, foi desenvolvido um comparativo das diretrizes estabelecidas pela DD nº 038/2017/C (CETESB), em função da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória objetivando uma análise do estudo realizado.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No intuito de garantir a integridade ambiental minimizando as atividades potencialmente poluidoras, o gerenciamento de áreas contaminadas visa equacionar os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente, em virtude de impactos de empreendimentos. Através de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características das áreas estudadas e dos impactos a que estão sujeitas, é possível a tomada de decisão quanto às formas de avaliação e intervenção mais adequadas, objetivando a preservação ambiental e proteção humana.

As questões referentes à proteção ou recuperação da qualidade ambiental são abordadas como base legal em políticas estaduais, bem como, normativas nas quais se dá relevância para o problema de áreas contaminadas.

A Constituição Federal do Brasil de 1988 estabelece os princípios da política nacional do meio ambiente. No capítulo VI (“Do Meio Ambiente”), Artigo 225, encontra-se o princípio:

*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

A Lei Federal 6.938/81, regulamentada pelo Decreto 99.274/90, define a política nacional do meio ambiente e regula a estrutura administrativa de proteção e de planejamento ambiental – o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Essa lei introduz alguns instrumentos de planejamento ambiental e determina a responsabilidade/penalidade para casos de poluição:

*Art. 2º – A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: (...)*

*VIII – recuperação de áreas degradadas;*

*Art. 4º – A Política Nacional do Meio Ambiente visará: (...) e/ou indenizar os danos causados (...).*

O Artigo 3o, Inciso II, define:

*Art. 3o – Para os fins previstos nesta lei, entende-se por: (...)  
II – degradação da sua qualidade, a alteração adversa das características do meio ambiente.*

De acordo com o Art. 14, IV, § 1, o responsável pela poluição tem a obrigação de reparar os danos causados por suas atividades, ao meio ambiente ou a terceiros, ou deve pagar indenização correspondente.

*Art. 14, IV, § 1º – Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. (...)*

O Art. 6º estabelece o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e determina a estrutura hierárquica das entidades responsáveis da União, dos Estados e dos Municípios.

*Art. 6º, VI – Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; (...)*

*VII – Órgãos Locais: os órgãos e entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições.*

*§ 1º – Os Estados, na esfera de suas competências e nas áreas de sua jurisdição, elaborarão normas supletivas e complementares e padrões relacionados com o meio ambiente, observados os que foram estabelecidos pelo CONAMA.*

*§ 2º – Os Municípios, observadas as normas e os padrões federais e estaduais, também poderão elaborar as normas mencionadas no parágrafo anterior.*

A Lei Federal 6.766/79 define as competências do Estado e do Município sobre a questão do parcelamento do solo. É um instrumento importante na interface de áreas contaminadas com o desenvolvimento urbano. A lei não permite o parcelamento do solo em áreas poluídas.

*Art. 3º, Parágrafo único: Não será permitido o parcelamento do solo: (...) II – em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; (...)*

*V – em áreas (...) onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.*

*Art. 49 – As intimações e notificações previstas nesta Lei deverão ser feitas pessoalmente ao intimado ou notificado, que*



*assinará o comprovante do recebimento, e poderão igualmente ser promovidas por meio dos Cartórios de Registro de Títulos e Documentos da Comarca (...)*

A Lei nº 9.605/98 – sobre as sanções penais e administrativas derivadas de lei de crimes ambientais, condutas e atividade lesivas ao meio ambiente (Lei dos Crimes Ambientais), em sua Seção IV prevê penas de reclusão de até 5 anos ("Da Poluição e outros Crimes Ambientais"), conforme mencionado no Art. 54:

*Art. 54 – Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora.*

A omissão da autoridade ambiental na apuração de infrações ambientais é considerada como infração administrativa no Art. 70.

*Art. 70 – Considera-se infração administrativa ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente.*

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos regida pela Lei nº 12305/10 contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Neste contexto, a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, propósitos fundamentais do processo da empresa em questão:

*Art. 60 São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos: VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;*

No Estado do Rio Grande do Sul, o Código Estadual do Meio Ambiente, instituído pela Lei Estadual nº 11.520, de 03.08.2000, estabelece no Capítulo XII,

*Art. 222 - recuperação de áreas degradadas pela ação da disposição de resíduos é de inteira responsabilidade técnica e financeira da fonte geradora ou, na impossibilidade de identificação desta, do ex-proprietário ou proprietário da terra responsável pela degradação, cobrando-se destes os custos dos serviços executados quando realizados pelo Estado em razão da eventual emergência de sua ação.*

Em procedimento adjunto, a Política Estadual de Resíduos Sólidos, fixada através de Lei Estadual nº 9921, de 27 de julho de 1993, e regulamentada pelo Decreto nº 38.356, de 01 de abril de 1998, define:

*Art. 8º- como sendo de responsabilidade da fonte geradora a coleta, o transporte, o tratamento, o processamento e a destinação final dos resíduos sólidos gerados. No caso de contratação de serviços de terceiros, de direito público ou privado, para a execução de uma ou mais atividades, estabelece o mesmo artigo a configuração da responsabilidade solidária.*

A Resolução CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

No âmbito estadual a Portaria FEPAM N.º 85/2014 que dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Este documento considera a importância de serem conhecidas as concentrações de determinadas substâncias que definem a qualidade natural do solo no Estado do Rio Grande do Sul (VRQs);

Ressalta-se ainda a Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 fevereiro de 2017, dispõe sobre a aprovação do Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas, e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013, e dá outras providências.

Ainda nas esferas estaduais a diretriz técnica FEPAM nº 001/2011, estabelece procedimentos referentes ao licenciamento ambiental de empreendimentos detentores de áreas que possam apresentar potencial ou suspeita de contaminação, decorrentes de atividades industriais ou manipulação de resíduos sólidos dos quais deverão ser objeto de investigação e posterior intervenção. Neste âmbito, a legislação aborda termos de referência para elaboração do plano de trabalho para avaliação preliminar e investigação confirmatória em áreas com potencial de contaminação.

## 4.2. GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

O gerenciamento de áreas contaminadas é conduzido por órgãos federais, estaduais ou municipais os quais possuem a responsabilidade pela incidência das etapas do processo de identificação de áreas contaminadas e pela fiscalização da execução das etapas do processo de recuperação que será atribuído ao responsável pela contaminação.

O gerenciamento visa minimizar os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente, por meio de estratégia constituída por etapas sequenciais, em que a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior.

Para desenvolvimento das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas, é fundamental definir, (CETESB, 2001)<sup>3</sup>, uma área contaminada como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

Nestes locais, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções, (CETESB, 2001)<sup>4</sup>.

Segundo SÁNCHEZ (2001)<sup>5</sup> se entende frequentemente por contaminação a liberação na água, ar e solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, quantidade e concentração, de características tais que podem causar danos à biota, incluindo os seres humanos.

---

3 LOPES, A.G, MARKER, A., GLOEDEN E., GÜNTHER, M.A., FRACCAROLI, M. J.B., ALMEIDA, N. A., CUNHA, R. C.A., AQUINO, V., Manual de gerenciamento de áreas contaminadas / CETESB, GTZ. 2.ed.São Paulo- CETESB, 2001.[389] p

4 LOPES, A.G, MARKER, A., GLOEDEN E., GÜNTHER, M.A., FRACCAROLI, M. J.B., ALMEIDA, N. A., CUNHA, R. C.A., AQUINO, V., Manual de gerenciamento de áreas contaminadas / CETESB, GTZ. 2.ed.São Paulo- CETESB, 2001.[389] p

5 SÁNCHEZ. L. H. II Curso Internacional de Aspectos Geologicos de Protecção Ambiental. Unesco- 2002. p. 37. Montevideo

Com base neste contexto, os contaminantes podem ser transportados por diferentes meios, alterando as características naturais de qualidade destes meios, determinando impactos e riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

Com a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, o gerenciamento de áreas contaminadas tornou-se regulamentado, devendo ser realizado com adoção de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos por ela causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas. A Resolução também trata, com enfoque especial, sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto a presença de substâncias químicas.

Em relação à Decisão da Diretoria nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017 (CETESB), verificamos que a mesma dispõe sobre procedimentos e diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e sua Regulamentação através do Decreto nº 59.263/2013.

Além de identificar as áreas contaminadas, determinar sua localização e características, a DD também tem o objetivo de avaliar os riscos a elas associados, possibilitando a tomada de decisão sobre a adoção de medidas de intervenção se necessário, o processo de identificação de áreas contaminadas, de acordo com esse documento, possui seis etapas:

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

Segundo a diretriz, a etapa inicial de avaliação de passivo ambiental consiste na identificação e priorização de áreas com potencial de contaminação, onde são definidos os limites da região a ser abrangida pelo gerenciamento e estabelecidos os objetivos principais a serem alcançados por este, considerando os principais bens a proteger, que devem ser definidos pela vulnerabilidade, importância e vias de propagação.

A escolha das técnicas de investigação de uma área contaminada é realizada em função das características específicas de cada área a ser estudada. Inicialmente, são levantados dados sobre as características do fluxo das águas com o objetivo de definir os meios pelos quais os prováveis contaminantes podem se propagar, além de se definir os métodos de perfuração e amostragem que poderão ser utilizados para coleta de amostras.

A identificação dos contaminantes pode ser executada realizando-se, por exemplo, um levantamento histórico da área, utilizando-se várias fontes de informação, como registros de matérias primas e resíduos gerados, além da interpretação de fotografias, para localizar as áreas onde estes eram manipulados, aplicados ou dispostos (NICHOLSON; SMYTH, 1994)<sup>6</sup>.

A execução da etapa de avaliação preliminar reúne o levantamento de informações existentes e coletadas em inspeções realizadas na área, objetivando elaborar um diagnóstico inicial das áreas potencialmente contaminadas, possibilitando levantar informações específicas do site de modo a subsidiar o desenvolvimento das próximas etapas do gerenciamento. Nesta etapa, ocorre a elaboração do modelo conceitual inicial do local, verificando, inclusive, a necessidade iminente da adoção de medidas emergenciais na área em estudo (CETESB, 2011)<sup>7</sup>.

O estudo histórico da área possibilita a verificação de como foram desenvolvidas as atividades e disposição de substâncias no local, além de verificar a evolução do uso e ocupação do solo e o posicionamento dos bens a proteger após a conclusão do estudo. O levantamento histórico requer avaliação dos dados sobre atividades ocorridas na área, bem como conhecimento sobre os processos industriais, substâncias químicas e o meio ambiente em geral.

O levantamento de dados do meio físico e o levantamento histórico das atividades desenvolvidas na área reúnem procedimentos básicos de inspeção de reconhecimento da área, realizada por meio de observações em campo e por

---

<sup>6</sup> NICHOLSON, R.; SMYTH, D. Desk top review. In: Canadian Council of Ministers of the Environment Waterloo Centre for Ground Water Research. Subsurface Assessment Handbook for Contaminate Sites. Winnipeg

<sup>7</sup> LOPES, A.G, MARKER, A., GLOEDEN E., GÜNTHER, M.A., FRACCAROLI, M. J.B., ALMEIDA, N. A., CUNHA, R. C.A., AQUINO, V., Manual de gerenciamento de áreas contaminadas / CETESB, GTZ. 2.ed.São Paulo- CETESB, 2001.[389] p

entrevistas com pessoas do local, visitas in loco das instalações, o uso do solo na área e em seus arredores.

O modelo conceitual consiste na síntese das informações relativas a uma área em estudo, onde se pode visualizar, através de texto explicativo ou ilustração, a localização estimada das contaminações, sua forma provável de propagação e sua relação com os bens a proteger existentes. Esta etapa ainda inicial, reúne informações de evidência, objetivando fornecer diretrizes para a investigação confirmatória (MARKER, 2013)<sup>8</sup>.

Com base no modelo conceitual proposto, são planejadas e executadas investigações, utilizando-se de sondagens, amostragens e testes para definir as propriedades do solo, para caracterização da contaminação nos diferentes compartimentos, definindo-se, dessa forma, o seu posicionamento e taxa de propagação e as concentrações que atingem os receptores ou bens a proteger (LAGREGA et al., 1994)<sup>9</sup>.

Utilizando-se as diretrizes da avaliação preliminar, a elaboração de relatório para investigação confirmatória objetiva principalmente confirmar ou não a existência de contaminação nas áreas suspeitas. Os resultados obtidos nesta etapa são fundamentais para o órgão ambiental responsável, definir as responsabilidades pela contaminação do local e das intervenções necessárias para o atendimento a legislação, caso for comprovada a existência de contaminação na área sob investigação (DD 038,2017 CETESB)<sup>10</sup>.

A confirmação da contaminação ocorre com a interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas e suas substâncias químicas de interesse, estabelecidas no modelo conceitual, pela comparação dos valores de concentração

---

<sup>8</sup> MARKER. Andreas. Revitalização de áreas degradadas e contaminadas (brownfields) na América Latina 1º ed. São Paulo, 2013. ICLEI-Brasil. Departamento de Proteção Ambiental da Cidade de Stuttgart, Alemanha ISBN: 978-85-99093-24-5.

<sup>9</sup> LAGREGA, M.D.; BUCKINGHAM, P.L.; EVANS, J.C. Hazardous waste management. New York, McGraw- Hill, 1994.

<sup>10</sup> DECISÃO DE DIRETORIA Nº 038/2017/C, DE 07 FEVEREIRO DE 2017. *Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas*, da revisão do “*Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas*” e estabelece “*Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental*”.

estabelecidos em listas de padrões, definidas pelo órgão responsável pelo gerenciamento de áreas contaminadas, ( CETESB, 2001)<sup>11</sup>.

Atualmente a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, na qual 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, é a referência na interpretação dos resultados analíticos nas matrizes definidas no estudo preliminar de áreas sob investigação.

O Estado do Rio Grande do Sul, que tem como órgão ambiental competente a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), ainda não possui lista de valores de referência de qualidade para todos os compostos definidos na Resolução CONAMA 420/(2009), porém através da Portaria FEPAM nº 85/2014, dispõe sobre o estabelecimento de valores de referência de Qualidade (VRQ) dos solos para nove elementos químicos naturalmente presentes considerando diferentes províncias geomorfológicas e geológicas do Estado do Rio Grande do Sul.

Desta forma, independentemente do ambiente afetado pela ação humana, ou da fonte de contaminação existente, a área sob investigação, pode em certa medida, ser recuperada mediante ações apropriadas. A recuperação de ambientes ou de ecossistemas degradados envolve medidas de melhoria do meio físico, e das condições do solo, a fim de que se possa restabelecer a níveis aceitáveis em conformidade com a legislação vigente.

---

<sup>11</sup> LOPES, A.G, MARKER, A., GLOEDEN E., GÜNTHER, M.A., FRACCAROLI, M. J.B., ALMEIDA, N. A., CUNHA, R. C.A., AQUINO, V., Manual de gerenciamento de áreas contaminadas / CETESB, GTZ. 2.ed.São Paulo- CETESB, 2001.[389] p

## 5. METODOLOGIA

Para este trabalho, inicialmente foram realizadas pesquisas das legislações relacionadas ao gerenciamento de áreas contaminadas e de resíduos sólidos. O objetivo foi delinear informações no atendimento às condicionantes legais a empreendimentos existentes no Estado do Rio Grande do Sul.

O estado de São Paulo, através da CETESB, foi pioneiro na elaboração de normas técnicas para o gerenciamento de áreas contaminadas, desenvolvendo neste preceito, amplo conhecimento para o tema. Desta forma, com base neste princípio, definiu-se a utilização da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C (CETESB), para balizar os procedimentos adotados no estudo de caso, buscando uma análise dos procedimentos e métodos adotados no estudo e as diretrizes da normativa em questão.

O relatório técnico avaliado, refere-se a área pré-determinada pelo órgão ambiental, com possível existência de contaminação por deposição de material classe II, onde se comparou os dados existentes no estudo realizado com as diretrizes da DD nº 038/2017/C.

Os dados para elaboração do estudo de caso foram obtidos a partir dos relatórios de avaliação preliminar e investigação confirmatória e de visita técnica à área industrial pesquisada, na qual a empresa disponibilizou a documentação necessária.

Foi realizada uma análise, buscando apontar na sequência de etapas estabelecidas pela norma, as principais e significativas diferenças na realização do estudo do site, comparando a metodologia utilizada para a realização do mesmo a DD nº 038/2017/C. Após a avaliação proposta, foi elaborado um diagnóstico baseado nos pontos identificados nesta análise.



## 6. ESTUDO DE CASO

### 6.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A Avaliação Preliminar e a Investigação Confirmatória foram solicitadas pela FEPAM, à indústria, como parte integrante de solicitações técnicas complementares elaboradas após vistoria realizada no ano de 2017 pelo órgão ambiental. De acordo com a solicitação, a empresa deveria apresentar relatórios pertinentes ao ofício emitido, ou proposta mitigadora, juntamente com cronograma de remoção do material existente no local.

A delimitação da área suspeita de contaminação foi realizada pelo órgão ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM). Esta delimitação foi motivada pela atividade de deposição de material plástico por empresa de reciclagem de (PET) (figura 1), localizada na estrada á Mato Perso no Município de Farroupilha.

De acordo com o relatório de avaliação preliminar, os estudos foram direcionados somente na área específica já definida, com a verificação da concentração de materiais plásticos em sua maioria (PET) em solo, e que seriam destinados à moagem, tratamento e fabricação de flake (pequenos flocos de PET obtidos após o processo de moagem) industrial em grau alimentício, produzido pelo empreendimento.

Figura 1 - Depósito de resíduos na área em estudo.



Fonte: Preserve Engenharia, 2020

Segundo o estudo, a avaliação da contaminação ambiental teve início com a retirada e limpeza do material depositado em aproximadamente 1375 m<sup>2</sup> (figura 2), com uma remoção de aproximadamente 1,78 ton/m<sup>2</sup> de material, no período de 2017 a 2019, totalizando 2.451 toneladas para destinação final.

Tabela 1- Contabilização de remessas para aterro dos resíduos depositados na área em estudo.

Ano	Ton
2017	374
2018	969
2019	1108
Total	2451,00

Fonte: FEPAM – Sistema MTR *on line*.

Figura 2. Remoção de resíduos realizados no local.



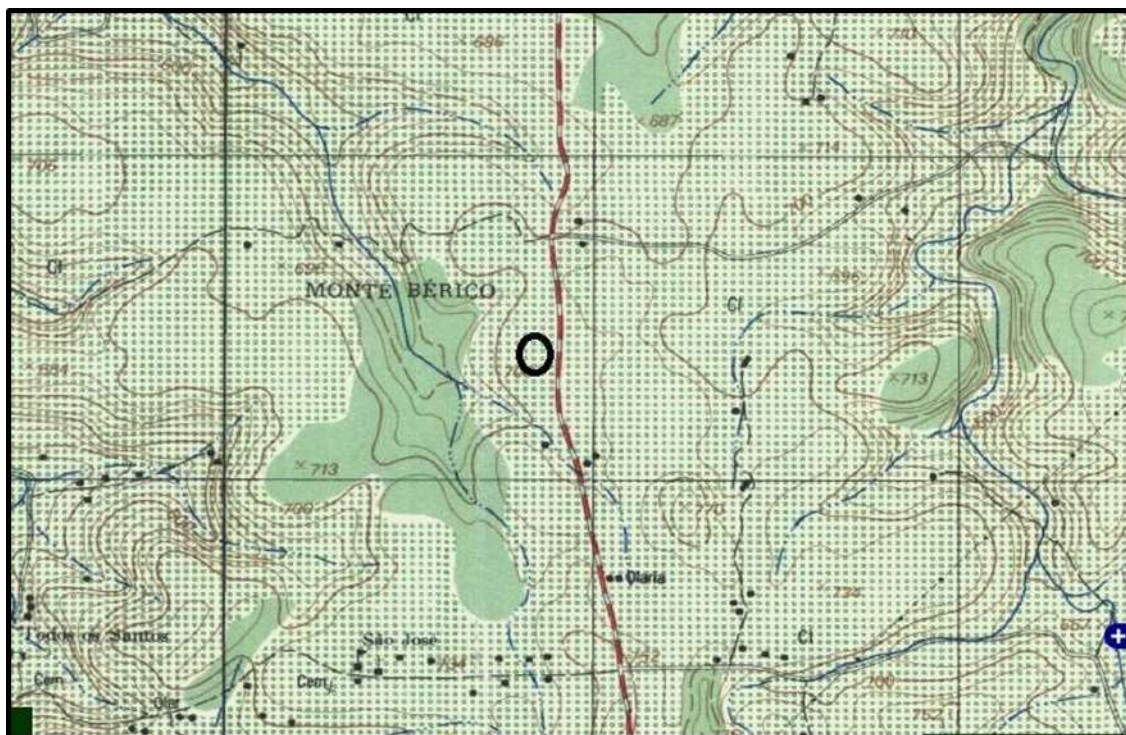
Fonte: Preserve Engenharia, 2020.

Com base nas informações descritas, o estudo foi realizado após o material ter sido totalmente removido da área, objetivando apontar através das avaliações a existência de contaminação no sítio.

#### 6.1.1. LEVANTAMENTO HISTÓRICO

Segundo o documento, a área objeto do estudo está localizada no Município de Farroupilha (figura 3), na estrada de Mato Perso, pertencente a Linha Palmeiro de propriedade de empresa de reciclagem de PET, integrante do complexo industrial em atividade.

Figura 3: Localização da Área em estudo no contexto Regional.



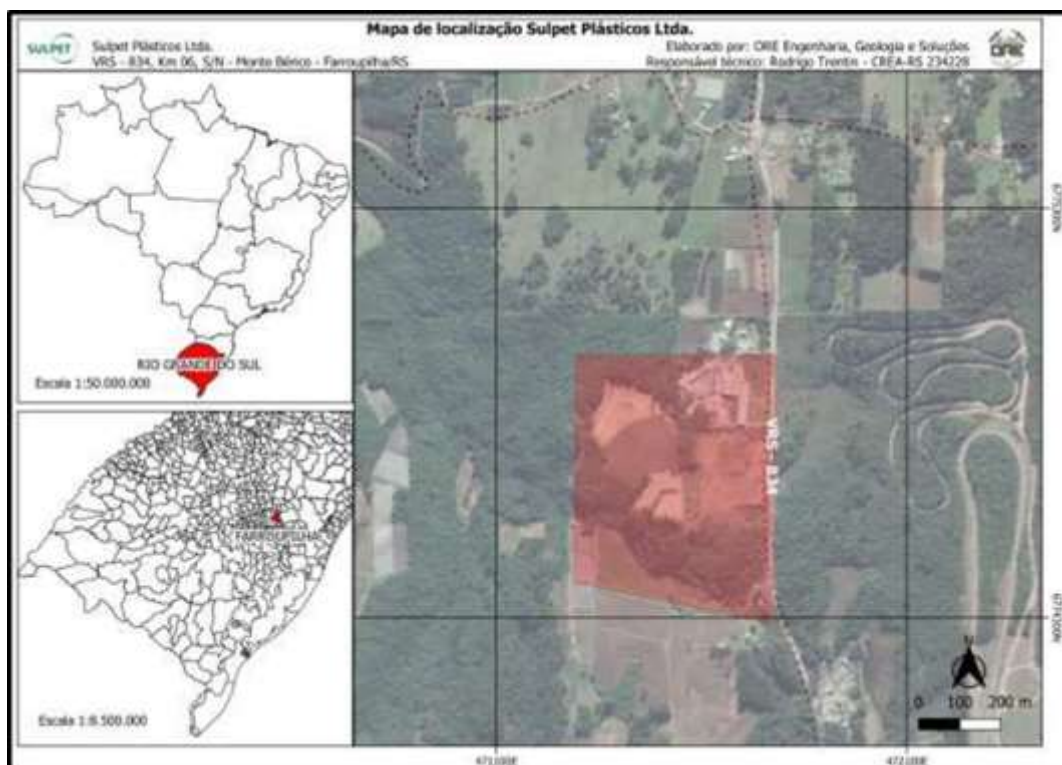
Fonte: Banco de Dados Geográficos do Exército (2020).

O levantamento histórico da área indica que no local anteriormente foram desenvolvidas atividades voltadas á agricultura, até a instalação da empresa em 18 de outubro de 2003. A empresa com atividade industrial na reciclagem de PET utiliza processos de armazenagem, lavagem, trituração e desinfecção do flake produzido para utilização industrial e grau alimentício.



Segundo, certidão de zoneamento emitida pelo departamento de planejamento físico e territorial, coordenadoria de cadastro imobiliário do Município de Farroupilha, em conformidade com a Lei Municipal nº 3644/2010, a propriedade é enquadrada como área Urbana em Macrozona 2, Zona Ambiental I (ZAI), área permitida a atividades industriais.

Figura 4. Localização da área de estudo.



Fonte: ORE Engenharia, Geologia e Soluções.

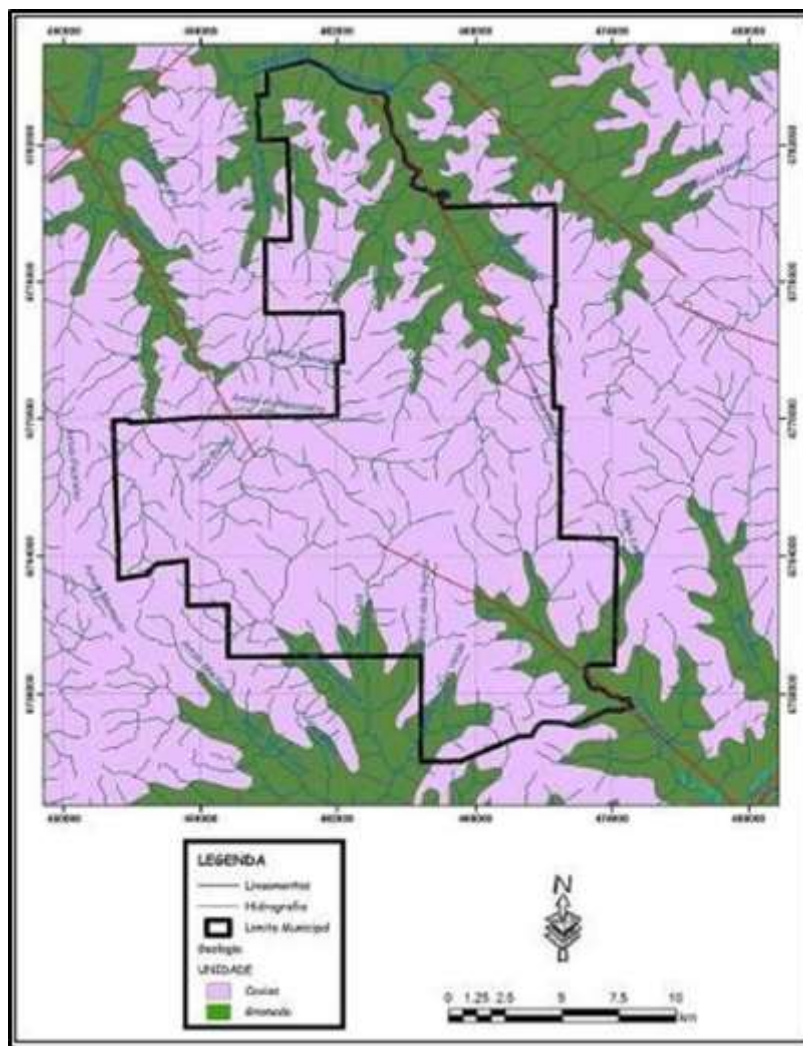
### 6.1.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCAIS E REGIONAIS

No relatório consta a informação que durante as etapas desenvolvidas, foram realizadas pesquisas bibliográficas e visitas na área para identificar as formações geológicas.

Regionalmente, a região está inclusa na área chamada Província Litoestratigráfica do Estado do Rio Grande do Sul, denominada Formação Serra Geral, descrita como uma formação geológica constituída por rochas magmáticas relacionadas a eventos de vulcanismo fissural e intrusões que recobrem 1,2

milhões de Km<sup>2</sup> da Bacia do Paraná, abrangendo toda a região nordeste do estado ( figura 5).

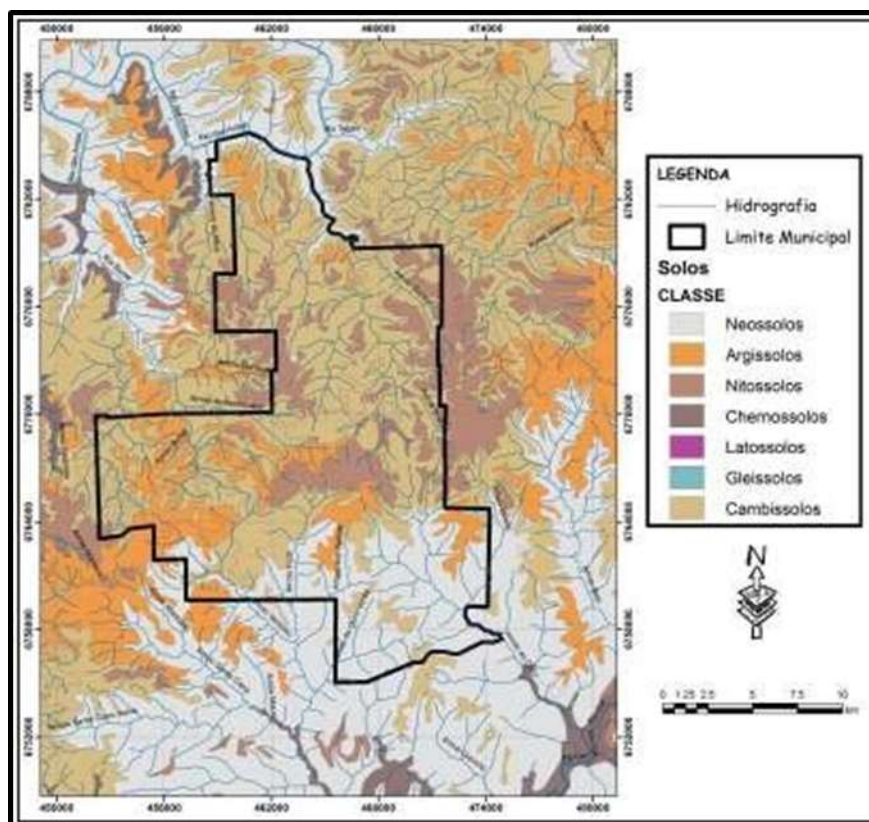
Figura 5. Contexto geológico da área de estudo.



Fonte: Prefeitura Municipal de Farroupilha, (2014).

O documento descreve a formação dos solos (figura 6) no município e na região como fortemente influenciada pelo material de origem (rocha matriz), características do relevo e condições climáticas.

Figura 6: Mapa de solos do município de Farroupilha.



Fonte: PMSB (2014) – Prefeitura Municipal de Farroupilha.

Segundo o estudo, os solos que ocorrem na área e seu entorno são Argissolos, Cambissolos, Neossolos e Nitossolos, compostos por produtos da alteração de litologias vulcânicas ácidas, apresentando um perfil de média a alta espessura, com textura predominantemente argilosa, muito plástica, pouco porosa e com baixa permeabilidade.

Considerando os parâmetros descritivos do estudo, os solos existentes no local são tipo Neossolo Litólico Distrófico, (figura 07), estando posicionado em sua totalidade sobre manto de alteração do substrato vulcânico ácido que pode ser caracterizado como um saprólito mole a médio, ora passando abruptamente para rocha sã (STRECK et al. 2002)<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> STRECK, Edemar Valdir et al. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS. UFRGS, 2002.

Figura 7. Vista geral do solo da área em estudo:



Preserve Engenharia, (2020).

Segundo o estudo, o horizonte A é o menos profundo no local (0,8 m), apresenta grande quantidade de matéria orgânica, com granulometria argilosa sendo um rigolito tenro, de tonalidade marrom escuro e gradando na profundidade marrom, ou seja, no contacto com o horizonte inferior.

Em relação ao horizonte B, a característica apresentada no estudo, descreve a tonalidade nas cores ocre avermelhado devido a quantidade de óxidos de ferro III, gradando nas cotas mais elevadas para vermelho, mostrando sua formação em ambiente oxidante, profundidade de (0,8m ) á (5,0 m), com granulometria fina na faixa siltico-argilosa sendo um rigolito médio, boa plasticidade, moderada á baixa porosidade e permeabilidade.

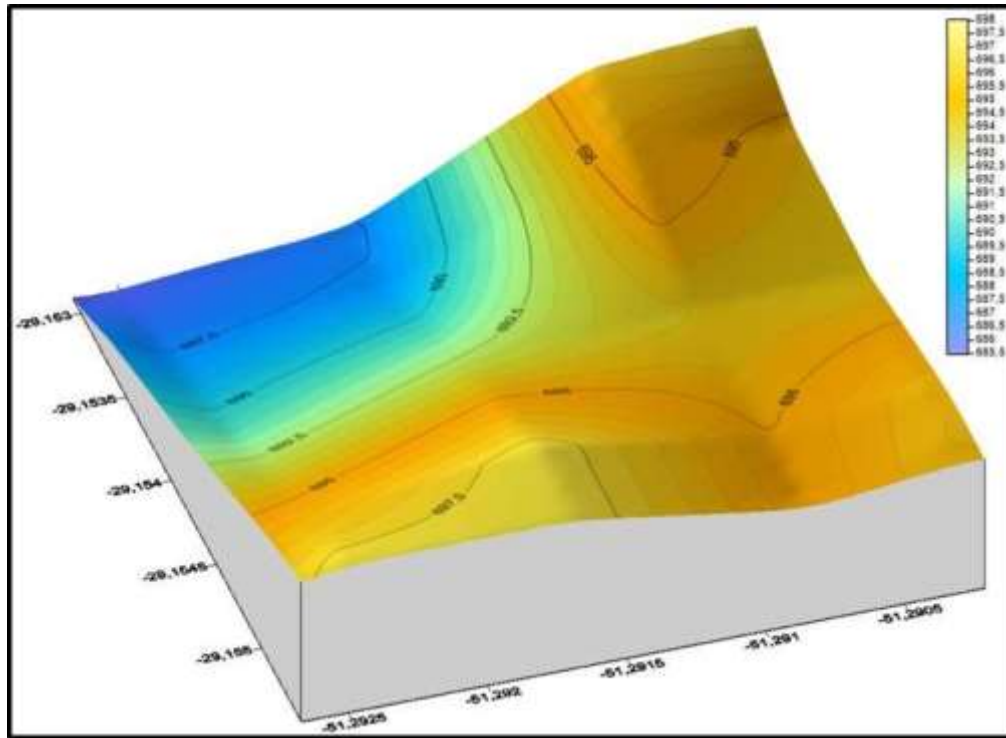
Descreve ainda, o horizonte C com profundidade de (1,8 m) á (2,0 m) com cores avermelhadas mostrando as características da rocha matriz, principalmente na zona de disjunção horizontal saturado no setor noroeste onde apresenta as cotas menores.



### 6.1.3. ESTUDO DA DRENAGEM SUPERFICIAL

Nos estudos realizados foram utilizados a avaliação topográfica com a verificação das cotas planialtimétricas para definir os caminhos preferenciais da drenagem superficial (figura 8), identificando assim as seguintes informações:

Figura 8. Modelagem da superfície topográfica.



Fonte: ORE Engenharia e Geologia,(2020)

- O estudo avaliou todo o local estudado, devido as evidências de escoamento e acúmulo de água na superfície do solo evidenciado a partir do quadrante NNO e NNE;
- o escoamento da área em estudo aponta a direção da água superficial de duas formas: drenagem de sul para norte no quadrante NNE e de sul para oeste no quadrante NO (figura 9). Sentido topográfico indicado pela seta laranja e sentido das águas superficiais no local do estudo indicados pela seta azul.
- O fluxo formou uma vala de drenagem natural no quadrante ONO sentido NNO onde encontra uma porção de água represada, circundada por terra resultante de execução de obra (açude), que possui alimentação gravitacional por declividade dos terrenos lindeiros;



Figura 9: Fluxo das águas no sentido da declividade natural do Terreno.



Fonte: Ore Engenharia e Geologia, (2020)

- a alimentação hídrica do açude existente no quadrante NNE ocorre por drenagem artificial pela gravidade proveniente do quadrante leste em área de terceiros, que recebe contribuição industrial a montante e aditivos da agricultura ao longo do seu curso. Neste ponto ocorre o escoamento natural para o açude existente no quadrante NNO;
- o açude existente no quadrante NNE recebe contribuição de drenagem do oeste com intensa atividade agrícola seguindo o fluxo com direção SE-NO sentido NO;
- o corpo receptor das águas superficiais originárias da área de influência do empreendimento é uma vertente de 4ª ordem que deságua no Arroio Biazus, afluente do Rio das Antas, que drena suas águas em direção a Bacia Hidrográfica do Taquari- Antas pertencente à Região Hidrográfica do Guaíba;
- a topografia da área favorece ao aporte externo de contaminantes.
- as construções existentes no perímetro tornam-se barreiras naturais ao fluxo de águas, quando direcionadas da cota mais elevada para a mais baixa.

Segundo o estudo, as águas pluviais tem demonstrado resistência em penetrar no solo devido a porosidade e permeabilidade existente.

A avaliação ainda enfatiza que a drenagem da área concentra-se principalmente no setor sudeste e noroeste, devido a conjugação dos fatores topográficos, granulométricos e antrópicos onde em períodos de maior pluviosidade estes acúmulos de água, extravasam para talvegue da fratura da vertente de 4ª ordem do Arroio Biazus.

A avaliação preliminar realizada no gerenciamento de áreas contaminadas considera os efeitos meteorológicos como via de propagação de contaminação, promovendo impactos negativos ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

O relatório menciona o clima da região, como subtropical úmido, com precipitação pluviométrica mais intensa entre os meses de junho, julho e agosto.

Segundo MACHADO (1950)<sup>13</sup>, REIS & BERLATO (1972)<sup>14</sup> e IPAGRO (1979)<sup>15</sup>, para todas as regiões Climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, as direções predominantes do vento são do quadrante leste (NE, E e SE).

Neste contexto, o estudo aponta que, pela ação do vento, o resíduo sólido e o solo contaminado são direcionados para dentro da unidade industrial, com contenção por barreiras determinadas pela construção civil nos quadrantes referenciados, mantendo a propagação do material controlada pela estrutura da empresa.

#### 6.1.4. MODELO CONCEITUAL

O modelo conceitual a ser elaborado no final da etapa de avaliação preliminar deve ser uma síntese das informações obtidas da área em estudo, e deve embasar o desenvolvimento das etapas subsequentes.

Considerando o relatório avaliado, o levantamento topográfico da área, a drenagem superficial, as características químicas do resíduo pré-classificado conforme a NBR 10.004/2004 anexo H como resíduo não perigoso, e o uso anterior da área para atividades agrícolas, foram determinantes para a definição das SQIs e 4 pontos de amostragem na área avaliada ( figura 10).

---

<sup>13</sup> MACHADO, F.P. Contribuição ao estudo do Clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1950. 91 p.

<sup>14</sup> REIS, B.G.; BERLATO, M.A. Aspectos gerais do Clima do Estado. Porto Alegre: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 1972. 187 p. (v. 1).

<sup>15</sup> IPAGRO (Instituto de Pesquisas Agronômicas). Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1979, 271 p. (Boletim Técnico n. 3).

Figura 10: Mapa de superfície topográfica da área e ponto de amostragem de solo.



Fonte: ORE Engenharia e Geologia, (2020).

Desta forma, o relatório descreve que a investigação de suspeita de contaminação foi baseada na tendência do resíduo de se concentrar na superfície do solo devido às suas características físico-químicas, tendo em vista os pontos de maior concentração do material no local, determinando-se desta forma, que o meio a ser amostrado representa o solo subsuperficial.

A escolha das substâncias químicas de interesse (SQI), segundo o estudo, foi baseada na existência de substâncias remanescentes nas embalagens PET proveniente das recicladoras, uso da área voltada a agricultura, bem como, possíveis compostos existentes em envólucros e rótulos que podem sofrer lixiviação através da ação de intempéries.

Tabela 2. Plano de amostragem e especificações técnicas e meio amostrado para determinação de existência de contaminação para a investigação confirmatória.

Ponto de Amostragem	Meio amostrado	Profundidade (m)	Parâmetros a serem analisados
1 (branco)	Solo	0,5	Al, Sb, Ar, Ba, Ca, Ch, Co, Cu, Cr, , Fe, Mn, Hg,Mo, Ni, Se, Ni, As, Ti, , V, , Zn, , B, CTC, fenol, óleos e graxas, pH, Si, matéria orgânica
2	Solo	0,5	Al, Sb, Ar, Ba, Ca, Ch, Co, Cu, Cr, , Fe, Mn, Hg,Mo, Ni, Se, Ni, As, Ti, , V, , Zn, , B, CTC, fenol, óleos e graxas, pH, Si, matéria orgânica
3	Solo	0,5	Al, Sb, Ar, Ba, Ca, Ch, Co, Cu, Cr, , Fe, Mn, Hg,Mo, Ni, Se, Ni, As, Ti, , V, , Zn, , B, CTC, fenol, óleos e graxas, pH, Si, matéria orgânica
4	Solo	0,5	Al, Sb, Ar, Ba, Ca, Ch, Co, Cu, Cr, , Fe, Mn, Hg,Mo, Ni, Se, Ni, As, Ti, , V, , Zn, , B, CTC, fenol, óleos e graxas, pH, Si, matéria orgânica

Fonte: Preserve Engenharia, (2020).

O relatório ainda descreve que não foram coletadas amostras de água subterrânea, levando-se consideração um estudo inicial, uma vez que o material depositado apresenta características técnicas de resíduo não perigoso conforme NBR 10.004/2004.

Conforme descrição contida no estudo avaliado, as informações da topografia (anexo 1), juntamente com a características pedológicas, foram determinantes para demarcação dos limites preferenciais para a localização das amostras de solo.

## 6.2. INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A confirmação da contaminação ocorre basicamente por coleta de amostras e análises laboratoriais, em pontos definidos no modelo conceitual proposto. A interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas, segundo o estudo, foram obtidas pela comparação dos valores de concentração das amostras, com os valores estabelecidos em listas de padrões, definidas pelo CONAMA 420/2009 e Portaria da FEPAM 85/2014, (anexo 2).

O relatório descreve a metodologia utilizada para realização da etapa de investigação confirmatória constituída basicamente pelas seguintes partes: plano de amostragem, coleta de amostras, realização de análises e interpretação dos resultados.

As fontes de contaminação, segundo o relatório avaliado, foram identificadas pela disposição de resíduos classe II, em sua maioria polimerizados PET diretamente no solo. Ainda descreve que o solo como via de transporte, pode possibilitar o carreamento de possíveis contaminantes, devido à topografia da área, com declividade norte, colocando os receptores da contaminação à jusante do local com a presença de água superficial no quadrante de menor declividade.

O estudo mostra que o ponto P01, demarcado em cota superior a 693 metros, localizado junto ao local com menor influência antrópica, foi utilizado como ponto de referência direcionando os demais pontos de amostragem, para as cotas mais baixas alinhando-se a localização de maior concentração de material existente no local. Os pontos de amostragem P02, P03 e P04, estão respectivamente a 691 m, 690 m e 692 m respectivamente, (anexo 1).

O relatório ainda menciona que a profundidade da coleta das amostras de solo subsuperficial (- 0,5m) levou em consideração a classificação do resíduo depositado, e a forma de disposição do material no local.

O relatório aponta que a campanha de coleta ocorreu em período seco em março de 2020, onde foi utilizado um GPS Garmim III para registrar as coordenadas de cada ponto coletado. Utilizou-se trado de 4 polegadas para todas as amostragens realizadas segundo a norma (NBR 10.007)<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 1007/87 - Amostragem de Resíduos - Procedimento. NBR 10703/89 - Degradação do Solo.



Figura 11. Levantamento fotográfico dos pontos de coleta, representados por: (a) Ponto branco, (b) Ponto P02, (c) Ponto P03 e (d) Ponto P04.



Fonte: Preserve Engenharia,(2020).

## 7. RESULTADOS

Através do estudo de caso, os relatórios de avaliação preliminar e investigação confirmatória realizados na área industrial foram comparados à metodologia definida pela Decisão de Diretoria nº 038/2017/C.

No que se refere à etapa de Avaliação Preliminar, a DD nº 38/2017/C, define que o objetivo é constatar evidências e indícios da existência de contaminação em uma determinada área, e orientar a execução das demais etapas de processo de gerenciamento de áreas contaminadas. Estas diretrizes estabelecem ainda que a etapa de avaliação preliminar seja realizada através de levantamento e coleta de dados existentes, e que tais informações devem ser a base para a elaboração do modelo conceitual inicial que definirá o plano de investigação confirmatória.

Analizando a metodologia utilizada para realizar a Avaliação Preliminar da área estudada, e comparando com a metodologia preconizada na Decisão de Diretoria nº 38/2017/C, nota-se que o relatório, em sua maioria, foi elaborado conforme as normas, ou seja: através de levantamento de documentação sobre a área disponível na empresa; levantamento de informações relativas a ocupação da área e atividades desenvolvidas; levantamento de informações coletadas em inspeções de reconhecimento; levantamento de informações coletadas em entrevistas; levantamento da geologia e pedologia regional e local.

Entretanto, não há informações de levantamento sobre eventuais investigações ou etapas do gerenciamento de áreas contaminadas anteriores ao estudo; levantamento do uso da água subterrânea e levantamento aerofotogramétrico temporal. A utilização destes dados contribui para determinar as condições anteriores e atuais da área, uma vez que através do levantamento fotográfico, pode ser obtido informações quanto à localização e extensão da deposição dos resíduos, além de resgatar a ordem cronológica das mudanças ocorridas no local.

O mapeamento do uso da água subterrânea, contribui para identificar os locais de captação vulneráveis ao estudo, bem como, pode ser utilizado como referência para coleta de amostras na avaliação da contaminação da área avaliada.

Em relação a hidrogeologia local, o relatório consultado cita que não foram coletados dados necessários para construção de mapa potenciométrico, tais como medida de níveis e profundidade dos poços de monitoramento. O estudo utiliza somente avaliação da drenagem superficial com sinalizações topográficas de reconhecimento do meio físico.

Neste contexto, ressalta-se a importância de avaliar as condições hidrogeológico da área, com o objetivo de indicar a direção do fluxo e a existência de contaminação na água subterrânea, através de análises laboratoriais realizadas nos poços de monitoramento, para uma análise mais completa da área investigada.

Ainda, avaliando as metodologias, o relatório apresenta o modelo conceitual, atendendo em sua maioria as diretrizes da DD nº 38/2017/C, porém não descreve a estratégia adotada, onde seria classificado como modelo MCA 1A, e a estratégia adotada seria a Estratégia 1, segundo a normativa de referência.

Em relação as informações necessárias a elaboração do modelo conceitual, no estudo em questão, não há avaliação de bens a proteger, apenas identificação de locais com açudes a jusante da área em estudo, dentro do complexo da indústria, que possuem grande importância hídrica, uma vez que conforme o relatório avaliado, o local é considerado zona de recarga com drenagem a recurso hídrico superficial.

Diante deste quadro, ressalta-se a importância do estudo dos bens a proteger em função da proteção quanto a possíveis danos a saúde humana e ao meio ambiente ao entorno. O estudo deve considerar a qualidade do solo, áreas agrícolas próximas e a água superficial como meios prioritários, pois além de ser bens a proteger de extrema relevância, normalmente são as principais vias de propagação de contaminantes nas quais podem alterar a qualidade e causar danos ao meio ambiente.

Outro aspecto técnico de interesse na identificação dos bens a proteger descrito no documento, é determinado pela direção dos ventos, uma vez que o processo de remoção do material, descrito no relatório, faz com que o contato brusco com os fardos de PET, provoque estilhaços do material que podem permanecer na superfície do solo, e desta forma, serem dispersos nas áreas adjacentes.

Sabe-se que a empresa utiliza material reciclável como matéria-prima para fabricação de flake para conformação de recicláveis em várias aplicações, inclusive com certificação Anvisa para grau alimentício. O material utilizado é inerte a intempéries sendo considerado de baixo potencial poluidor, conforme classificação



dada pelo anexo H da norma NBR 10.004<sup>17</sup>, que considera plásticos polimerizados como não perigosos.

A definição das substâncias químicas de interesse através de possíveis contaminantes existentes em rótulos ou invólucros e pela análise de classificação conforme a NBR 10.004/1987, anexo H, apresenta-se insuficiente.

Neste contexto, a identificação de novas substâncias químicas de interesse em função dos possíveis contaminantes provenientes do PET, deve ser revista para subsídio do aprofundamento das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

Segundo a Decisão de Diretoria nº 38/2017/C, para a elaboração do relatório de investigação confirmatória, deve ser desenvolvida justificativa do posicionamento dos pontos de investigação e de coleta das amostras de solo, além de outros meios que possam ter sido amostrados.

Segundo o estudo, as propriedades técnicas do material, acondicionamento em fardos e bags, a área delimitada do estudo, a drenagem superficial e declividade contribuíram para determinar coletas subsuperficiais de solo.

Com as análises químicas realizadas pelo laboratório, os resultados de solo foram tabelados e comparados com valores de referência fornecidos pela resolução CONAMA 420/(2009), apresentando o diagnóstico da situação da área, obedecendo as diretrizes Decisão de Diretoria nº 038/2017/C.

Segundo o estudo, as substâncias químicas de interesse foram definidas levando em consideração as atividades anteriores à deposição do material, conforme modelo conceitual proposto, inclusive com justificativas dos resultados obtidos no ponto P01, no qual estabeleceu valores comparativos de “background” da área.

Para os autores da norma Reimann e Garrett (2005)<sup>18</sup> e Galuszka (2007a)<sup>19</sup> o estabelecimento de valores de background geoquímico de determinados elementos para uma área é crucial, pois permite a separação das contribuições geogênicas/biogênicas de um meio específico daquelas de origem antrópica. Uma vez estabelecidos valores de “background”, é possível a elaboração de mapas

---

<sup>17</sup> ABNT, NBR 9898 Resíduos sólidos – Classificação., Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

<sup>18</sup> REIMANN, C., GARRET, R.G. Geochemical background - concept and reality. *Science of the Total Environment*, v. 350, p. 12-27, 2005.

<sup>19</sup> GALUSZKA, A. Methods of determining geochemical background in environmental studies. *Problems of landscape ecology. Polish association of landscape ecology - Warsaw (in Polish with English summary)*, v. 16, n. 1, p. 507-519, 2006.

geoquímicos com enfoque geoambiental, considerados ferramentas importantes na gestão territorial.

Nesse caso, tais resultados são utilizados para calcular valores de “background” geoquímico, os quais permitem estabelecer padrões de qualidade ambiental, estudar o impacto de fontes de poluição antropogênicas ou, ainda, identificar fontes naturais de poluição, em uma determinada área, (MATSCHULLAT, 2000a)<sup>20</sup>.

Dessa forma, é importante esclarecer a importância do estabelecimento de valores de “background” devido às avaliações quantitativas serem determinantes nas implicações em estudos ambientais. No relatório em estudo, observou-se a utilização de valores comparativos conforme a Portaria FEPAM N.º 85/2014, onde apresenta valores de referência considerando províncias do Estado do Rio Grande do Sul, diretriz considerada na interpretação dos resultados.

Neste contexto, observa-se no relatório que os resultados obtidos das campanhas realizadas nos quatro pontos P01 branco, P02, P03 e P04, foram compilados e analisados conforme dados comparativos em conformidade com a DD nº 038/2017/C.

No relatório em questão, foram identificados os laudos analíticos devidamente assinados pelo profissional responsável pelas análises, com a razão social do laboratório e os números identificadores dos mesmos, bem como a cadeia de custódia e ficha de recebimento de amostras emitida pelo laboratório, no período das coletas de campo, mostrando desta forma, o atendimento à normativa comparativa. O relatório apresenta, seções fotográficas relativa aos serviços de campo, atendendo a norma da CETESB.

A atualização do modelo conceitual proposto, gerando o modelo conceitual 2 (MCA 2) não foi observada. Em contrapartida o relatório aponta que através dos resultados obtidos, cabe discutir a metodologia adotada para uma atualização do modelo conceitual utilizado. Recomenda ainda uma proposta de avaliação de situações possíveis de contaminação de solo para que seja realizado um estudo mais preciso no local, visando as consequências para as etapas subsequentes.

O relatório aponta as seguintes premissas conclusivas do estudo realizado:

---

<sup>20</sup> MATSCHULLAT, J., OTTENSTEIN, R., REIMANN, C. Geochemical background - can we calculate it *Environmental Geology*, v. 39, p. 990-1000, 2000a.

- tendência de que a concentração maior e comprometedora dos constituintes poluentes teve seus aportes anteriores ao depósito de fardos de PET, motivo pelo qual o ponto P01 apresenta valores próximos aos demais pontos amostrados;
- o solo não recebeu cargas poluentes devido ao depósito de materiais, fator comprovado pela comparação das SQI com valores de intervenção para solo industrial, e que hoje, vem experimentando uma recuperação natural, devido a valores em redução identificados nos pontos de coleta;
- o local possui convergência natural das cotas topográficas com declive de sul para norte, característica de todo o entorno, somado ainda aos canais naturais de drenagem que trazem as águas do setor oeste, leste e sul. Esta condição proporciona que de todos os quadrantes, e consequentemente todas as águas, sejam convergentes para a drenagem natural juntamente com qualquer tipo de substância;
- os resultados analíticos obtidos confirmam a aceleração do intemperismo químico com a presença de constituintes do solo natural, em altas concentrações, não aparecendo resultados discrepantes com possíveis contaminantes advindos das embalagens depositadas onde a maior contribuição está relacionada a contaminação física;
- as características pedológicas do solo dificultam a penetração da água, favorecendo a contenção de possíveis contaminantes;
- a comparação entre as concentrações representativas dos parâmetros estudados e os valores de referência, mostram que não há contaminação na área investigada, tendo em vista que os resultados analíticos das amostras do solo apresentaram concentrações inferiores aos valores comparativos, para todas as SQI analisadas.

O documento aponta recomendações de ações a serem realizadas em vista aos levantamentos e resultados obtidos, diretriz condicionada a apresentação de relatórios de investigação confirmatória conforme a DD nº 038/2017/C, entre elas:

- com base nos resultados obtidos, há necessidade de medidas mitigadoras para o controle da área. Estas ações foram iniciadas com a suspensão imediata do depósito de fardos e bags de garrafas PET realizadas pela empresa, evidenciando que qualquer possível foco de contaminação foi cessado;

- proteção da drenagem artificial no quadrante NE e NO, devido ao aporte de possíveis contaminantes carregados pela declividade natural do local, proveniente de empresas de alto potencial poluidor localizadas no quadrante sul. As drenagens naturais no quadrante oeste e quadrante sul, convergem naturalmente para a área mais baixa do local estudado, contribuindo de alguma forma o contato de solo e água;
- identifica a liberação para uso futuro do local, recomendando a impermeabilização do piso com contenção e armazenamento das águas pluviais, onde o efluente deve ser encaminhado a tratamento na estação de tratamento de efluentes da empresa, liberando o local para uso declarado;

Em avaliação final, o estudo aponta ainda a importância de dados regionais nas avaliações de contaminação ambiental, levando em consideração as características, geológicas, hidrogeológicas, pedológicas, toxicológicas e biológicas considerando os ecossistemas regionais, buscando a relação entre as alterações naturais e as proporcionadas pela ação antrópica.

## 8. CONCLUSÃO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de comparar o estudo de caso de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, realizado em área com suspeita de contaminação com as diretrizes da Decisão de Diretoria (DD) 38/2017/C.

Identificou-se através da análise comparativa, os critérios que podem contribuir para o conhecimento das características da área que não foram desenvolvidos, nos quais podem proporcionar instrumentos necessários à um conhecimento técnico aprofundado do local avaliado.

Em análise a metodologia utilizada para realizar a Avaliação Preliminar na área estudada, em função das diretrizes da DD nº 38/2017/C, conclui-se que o relatório foi elaborado utilizando as etapas identificadas na norma, através do levantamento de informações relativas a ocupação da área e atividades desenvolvidas, levantamento de informações coletadas em inspeções de reconhecimento, estudo do clima, levantamento de informações coletadas em entrevistas e levantamento da geologia e pedologia regional e local.

Com base nas metodologias utilizadas pela normativa, o relatório falha diante da falta do levantamento do uso da água subterrânea, levantamento aerofotogramétrico temporal e estudo hidrogeológico do local, essenciais para o completo estudo conclusivo da área.

Pode-se perceber que os pontos de amostragem foram definidos em função das fontes potenciais de contaminação, identificadas através da verificação da localização de maior incidência do material disposto no solo e da topografia do local, uma vez que a área sob investigação foi delimitada pelo órgão ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM).

Constatou-se que as profundidades de coleta das amostras foram definidas em função da pedologia, das características do material determinado pela NBR 10.004/2004, anexo H, bem como, possíveis contaminantes remanescentes e invólucros das embalagens.

Baseado neste trabalho, o modelo conceitual proposto para uma identificação inicial de contaminação, não configurou estudos aprofundados do meio físico, levando em consideração subsídios somente na matriz solo, mostrando a necessidade de avaliação da água subterrânea para uma análise completa do local.

Em relação as informações obtidas para a Investigação Confirmatória, conclui-se que foram adotados os objetivos descritos na etapa de Avaliação Preliminar. Analisando-se o estudo de caso apresentado, conclui-se que a área avaliada não apresenta potencial de contaminação, conforme o modelo conceitual proposto, porém cabe ressaltar a necessidade de estudo aprofundado em função das características hidrogeológicas que não foram abordadas na avaliação preliminar conforme as diretrizes da DD nº 038/2017/C.

A partir das informações obtidas através da análise crítica dos relatórios de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória em comparativo com a DD, torna-se necessário algumas recomendações para orientar os estudos no local, tais como:

- Instalação de poços de monitoramento para estudar a qualidade da água subterrânea, medir os dados hidrogeológico e construção de mapa potenciométrico, inclusive com o mapeamento do fluxo existente no local;
- revisão das substâncias químicas de interesse, enfatizando o material disposto (PET) e possíveis contaminantes remanescentes nas embalagens;
- levantamento aerofotogramétrico temporal de modo a caracterizar as alterações do uso e ocupação do solo na área e no seu entorno, considerando um raio de 500 m a partir dos limites da área sob avaliação, objetivando evidências relativas à existência de fontes potenciais de contaminação;
- levantamento do uso de água subterrânea, com a localização dos poços de abastecimento de água,
- levantamento de informações sobre eventuais investigações ou etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas realizadas;
- revisão do modelo conceitual proposto na Avaliação Preliminar, conforme item 4.1.4.1 (o) da DD nº 038/2017/C para uma nova realização da Investigação Confirmatória;
- identificação dos bens a proteger;

-manter as campanhas de monitoramento para controle da área, em função do aporte externo devido a topografia local.

Assim ressalta-se a importância de metodologias eficientes efetuadas na fase de Avaliação Preliminar, nas quais promovem a minimização das incertezas, proporcionando dados mais completos e seguros para a fase de Investigação Confirmatória.

Finaliza-se reiterando que os estudos na área devem prosseguir através de avaliações específicas como preconiza a DD nº 038/2017/C, com a revisão principal das substâncias químicas de interesse e estudo hidrogeológico local, visando identificar o potencial de contaminação na área avaliada.

## 9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma n. 10007/2013**, de 02 de setembro de 2013. Diário Oficial da União. São Paulo, 02 de setembro de 2013.

BRASIL. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma n. 9898/1987**, de 30 de junho de 1987. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BRASIL. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma n.10703/89**, de 30 de agosto de 1989 - Degradação do Solo.

BRASIL. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma n. 10004/2004**- Resíduos Sólidos – Classificação, de 30 de novembro de 2004. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA n. 420**, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União. Brasília, 30 de dezembro de 2009. Disponível em:  
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>. Acesso em: 19 Out. 2020.

BRASIL. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2010. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso; Acesso: 16 Mai. 2020.

BRASIL. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 212 p., 1997.

BRASIL. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

BORSATTO, Saulo. 2011. **Contribuição ao Estudo Geológico-Geotécnico da área Urbana de Caxias do Sul –RS**. Disponível em:<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/26444/browse?value=Borsatto%2C+Saulo&type=author>. Acesso em : 13 agost.2020.



BRASIL.IPAGRO-Instituto de Pesquisas Agronômicas. **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1979, 271 p. (Boletim Técnico n. 3). Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=461641&biblioteca=CNPSO&busca=autoria:%22IPAGRO%20\(Porto%20Alegre,%20RS\).%22&qFacets=autoria:%22IPAGRO%20\(Porto%20Alegre,%20RS\).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=461641&biblioteca=CNPSO&busca=autoria:%22IPAGRO%20(Porto%20Alegre,%20RS).%22&qFacets=autoria:%22IPAGRO%20(Porto%20Alegre,%20RS).%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1). Acesso em: 15 julh.2020.

CETESB. **Legislação**: DD 038/2017/C. **CETESB**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2020.

CETESB. **Legislação**: Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. **CETESB**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 2005.

FEPAM.**Legislação**: Diretriz Técnica 001/2011. **FEPAM**. Porto Alegre, 2011.Disponível em:[http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/Diret\\_Tec\\_01\\_2011.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/Diret_Tec_01_2011.pdf). Acesso em : 27 Out. 2020.

GALUSZKA, A. **Methods of determining geochemical background in environmental studies**. Problems of landscape ecology. Polish association of landscape ecology - Warsaw (in Polish with English summary), v. 16, n. 1, p. 507-519, 2006.

LAGREGA, M.D.; BUCKINGHAM, P.L.; EVANS, J.C. **Hazardous waste Management**. New York, McGraw- Hill, 1994

LISBOA, NELSON AMORETTI. **Estratificações Hidrogeoquímicas e seus Controladores Geológicos, em unidades Hidrogeológicas do Sistema aquífero Serra Geral, na Bacia do Paraná**, Rio Grande do Sul. Porto Alegre , 135 p. Tese de Doutorado. Disponível em: [ttp://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos\\_publicacoes/DISSERTACAO\\_FINAL\\_210906.pdf](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/DISSERTACAO_FINAL_210906.pdf). Acesso em: 06 Agost.2020.

MACHADO, F.P. Contribuição ao estudo do Clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1950. 91 p.Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv14127.pdf>.Acesso em: 13Agost.2020.

MARKER, Andreas. **Avaliação de Potenciais de contaminação e Revitalização em Terrenos e Brownfields: aspectos ambientais e econômicos**. In: MARKER, Andreas. Manual: Revitalização de áreas degradadas e contaminadas (brownfields) na América Latina. 1a. ed. São Paulo, v. 1, 2013. 60 p. cap. 3, p. 18-23. Disponível em:[http://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual\\_INT\\_Portugues\\_Final.pdf](http://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual_INT_Portugues_Final.pdf). Acesso em: 18 Set. 2020.

MATSCHULLAT, J., OTTENSTEIN, R., REIMANN, C. **Geochemical Background - Can We Calculate it?**. Environmental Geology, v. 39, p. 990-1000, 2000<sup>a</sup>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rem/v62n2/v62n2a06.pdf>. Acesso em: 15 julh.2020.

NICHOLSON, R.; SMYTH, D. Desk top review. In: Canadian Council of Ministers of the Environment Waterloo Centre for Ground Water Research. Subsurface Assessment Handbook for Contaminate Sites. Winnipeg, 1994. Section 2, p 21-43.

REIMANN, C., GARRET, R.G. **Geochemical Background** - concept and reality. Science of the Total Environment, v. 350, p. 12-27,2005.Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/7851698\\_Geochemical\\_background\\_-\\_Concept\\_and\\_reality](https://www.researchgate.net/publication/7851698_Geochemical_background_-_Concept_and_reality). Acesso: 15 julh.2020.

RIYIS, M. T. et al. **Avaliação das Falhas no Modelo conceitual de uma Área Contaminada Utilizando Investigação com Métodos Convencionais**. InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, São Paulo, v.12, n.1, P.82-101, 2017. Disponível em:<[http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2017/06/7-200\\_InterfacEHS\\_ArtigoRevisado.pdf](http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2017/06/7-200_InterfacEHS_ArtigoRevisado.pdf)>. Acesso: 21 out. 2020.

REIS, B.G.; BERLATO, M.A. **Aspectos Gerais do Clima do Estado**. Porto Alegre: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 1972. 187 p. (v. 1). Dispon´ível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/431.pdf>. Acesso em: 15 julh.2020.

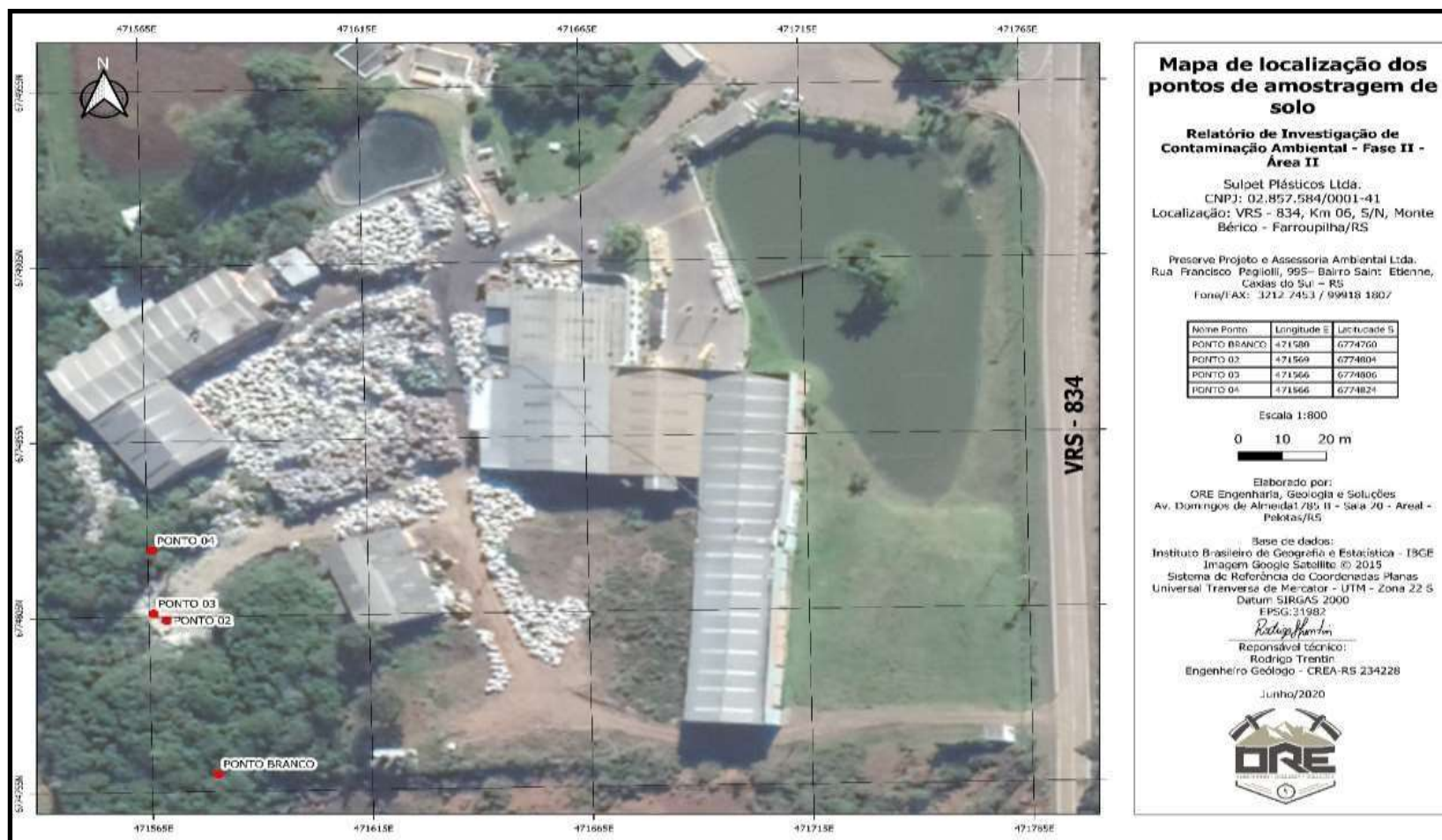
STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2008.Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=542756&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22GIASSON,%20E%22&qFacets=autoria:%22GIASSON,%20E%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 24 julh.2020.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: O Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo,2001. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2002000100009](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2002000100009). Acesso em: 10 de Julh.2020.

## 10.ANEXOS

### 10.1.Anexo 1

Figura 12 - Mapa de localização dos pontos de amostragem com identificação da hidrogeologia local.



Fonte: Ore Engenharia e Geologia, (2020).

## 10.2. Anexo 2 – Tabela 3 - Tabelas de valores comparativos dos resultados analíticos.

Substâncias Químicas de Interesse (SQI)	Padrão Referência (CONAMA)1 mg/Kg	Portaria 85/2014 (FEPAM)2 µg/kg	AMOSTRAS			
			P01 µg/kg	P02 µg/kg	P03 µg/kg	P04 µg/kg
pH	*	*	5,0	5,0	5,0	5,0
Cobre	600	203	31,8	19,3	35,8	23,8
Chumbo	900	36	23,6	27,3	23,2	25,4
Cálcio	*	*	105	530	540	900
Cromo	400	94	15,2	12,3	4,22	11,5
Níquel	130	47	5,06	2,28	<0,2	2,91
Zinco	2000	120	47,4	27,6	51,2	30,9
Antimônio	25	*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alumínio	*	*	49.765	44.907	39.560	41.940
Fenóis	15,0	*	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Ferro	*	*	38.716	28673	43585	26925
Mercurio	70	73	0,04	0,03	<0,02	0,03
Óleos e graxas totais	*	*	<0,01	<0,01	<0,01	0,028
Matéria orgânica %	*	*	12,2	8,75	9,75	9,17

Cont.

Substâncias Químicas de Interesse (SQI)	Padrão Referência (CONAMA)1 mg/Kg	Portaria 85/2014 (FEPAM)2 µg/kg	AMOSTRAS			
			P01 µg/kg	P02 µg/kg	P03 µg/kg	P04 µg/kg
Capacidade de troca catiônica (CTC)	*	*	220,08 mmol/kg	124,19	86,04	160,7
Manganês Total	*	*	215	87,8	346	146
Arsênio Total	150	*	9,29	8,23	8,65	7,13
Bário	750	*	61,4	58,0	118	61,0
Cobalto	90	75	5,96	3,13	10,9	6,48
Titânio	*	*	1040	630	1892	623
Selênio Total	*	*	<0,8	<8	<0,8	<0,8
Silício	*	*	183	394	280	264
Sódio	*	*	32,0	31,0	16,0	55
Vanádio	*	567	69,9	59,2	60,4	46,1
Molibdênio	120	*	0,6	0,2	0,5	0,4
Boro	*	*	38,7	30,3	40,7	26,7
Umidade	*	*	22%	36,7%	25,1%	32,8%

(1) Valor de Investigação, Resolução CONAMA nº 420, 2009 ; (2) Portaria Fepam nº 85/2014 (Pertencente a Região 1 rochas vulcânicas planalto); \* substâncias sem valores de referência

Fonte: Preserve Engenharia, (2020).