

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

BRUNO FORNER BONETTI

AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

ABORDAGEM CIENTÍFICA X ABORDAGEM COMERCIAL

São Paulo
2020

BRUNO FORNER BONETTI

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA
ABORDAGEM CIENTÍFICA X ABORDAGEM COMERCIAL**

Versão corrigida

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

Orientador: Vicente de Aquino Neto

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

Bonetti, Bruno Forner

Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória– Abordagem Científica x Abordagem Comercial / B. F. Bonetti -- São Paulo, 2020.
61 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.Metodologia Científica 2.Avaliação Preliminar 3.Investigação Confirmatória 4.Processo de Comercialização 5.Lista de Checagem I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II.t.

RESUMO

BONETTI, Bruno Forner. **Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória– Abordagem Científica x Abordagem Comercial**. 2020. 61f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma avaliação crítica das exigências legais estabelecidas para a realização dos trabalhos de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória no processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e definir, na opinião do autor, o que seria essencial que fosse desenvolvido do ponto de vista científico para executar estes trabalhos. Na abordagem do tema, também foi realizada uma avaliação crítica de como o processo de comercialização destes trabalhos vem dificultando ou impedindo que apenas uma abordagem científica seja utilizada. O estudo demonstra que um levantamento de dados históricos consistentes, com uma metodologia organizacional e interpretativa eficiente combinada com métodos e técnicas de qualidade conseguem obter resultados satisfatórios para a avaliação da existência ou não de contaminação de uma área potencial. Foi demonstrado que se as incertezas e informações preliminares quando não bem estudadas trazem impactos significativos no plano de amostragem e nos resultados da Investigação Confirmatória e, conseqüentemente, na continuidade dos trabalhos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Outro fator negativo se refere a técnicas de investigação e métodos ineficientes e não apropriados que refletem também em investigações de baixa qualidade. Uma abordagem inicial com a aplicação das melhores metodologias científicas disponíveis via de regra demanda a utilização de maiores recursos financeiros, em uma etapa na qual o Responsável Legal não está ciente do problema que pode estar enfrentando e, na maioria dos casos, pretende minimizar os custos no início dos trabalhos. As consultorias tendem, também, a minimizar os esforços e custos nestas etapas iniciais com o intuito de comercialmente prosseguir na realização do Gerenciamento da Área como um todo. Diante disso, com o objetivo de inibir a apresentação de trabalhos incompletos aos órgãos reguladores, foi proposta uma Lista de Checagem de Conteúdo, atrelada ao termo de Responsabilidade com informações mínimas que os relatórios de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória apresentados aos órgãos reguladores devem conter, elaborada em consonância com as diretrizes definidas nos procedimentos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas definidos pelo Estado de São Paulo por meio da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017, para ter estudos com melhor qualidade técnica, minimizando incertezas e falhas, que auxiliem o Órgão Regulador a não receber documentos incompletos sem as devidas justificativas.

Palavras chave: Metodologia Científica, Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória, Processo de Comercialização, Lista de Checagem.

ABSTRACT

BONETTI, Bruno Forner. **Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation - Scientific Approach x Commercial Approach** 2020. 61f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The objective of the present work was to carry out a critical assessment of the legal requirements established for carrying out the Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation work in the Process of Contaminated Areas management and to define, in the author's opinion, what would be essential to be developed from the scientific view to carry out these works. In addressing the theme, a critical assessment was also made of how the process of commercializing these works has hindered or prevented only a scientific approach from being used. The study demonstrates that a survey of consistent historical data, with an efficient organizational and interpretative methodology combined with quality methods and techniques, obtains satisfactory results for the evaluation of the existence or not of contamination of a potential area. It was demonstrated that if the uncertainties and preliminary information when not well studied bring significant impacts on the sampling plan and on the results of the Confirmatory Investigation and, consequently, on the continuity of the work of the Management of Contaminated Areas. Another negative factor refers to inefficient and inappropriate research techniques and methods that are also reflected in low quality investigations. An initial approach with the application of the best scientific methodologies available usually requires the use of greater financial resources, at a stage in which the Legal Officer is not aware of the problem he may be facing and, in most cases, intends to minimize costs at the beginning of the work. Consultants also tend to minimize efforts and costs in these initial stages in order to commercially proceed with the management of the Area as a whole. Therefore, in order to inhibit the submission of incomplete works to Organs regulatory bodies, a Content Check List was proposed, linked to the Liability term with minimal information that the Preliminary Assessment and Confirmatory Investigation reports submitted to Organs regulatory bodies must contain, prepared in accordance with the guidelines defined in the Management of Contaminated Areas procedures defined by the State of São Paulo through Board Decision 038/2017/C, of February 7, 2017, in order to have studies with better technical quality, minimizing uncertainties and failures, and assisting the Organ Regulator not to receive incomplete documents without due justification.

Keywords: Scientific Methodology, Preliminary Assessment, Confirmatory Investigation, commercialization process, checklist.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área contaminada
ACI	Área Contaminada sob Investigação
AP	Área com Potencial de Contaminação
AS	Área Suspeita de Contaminação
ASPC	Amostragem de Solo de Perfil Completo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CPT/CPTu	<i>Cone e Piezonocone Penetrometer Test</i>
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DD	Decisão de Diretoria
DNALP	<i>Dense Non-aqueous Phase Liquid/ Fase Líquida Densa Não Aquosa</i>
EC	<i>Electrical Conductivity</i>
EMPRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GAC	Gerenciamento de Áreas Contaminadas
HPT	<i>Hydraulic Profiling Tool</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE-SISEMA	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LIF	<i>Laser Induced Fluorescence</i>
LNAPL	<i>Light Non-aqueous Phase Liquid/ Líquido Leve de Fase Não Aquosa</i>
MCA	Modelo Conceitual
MIP	<i>Membrane Interface Probe</i>
NAPL	<i>Nonaqueous Phase Liquid/ Fase Líquida Não Aquosa</i>
NBR	Normas Brasileiras
OIP	<i>Optical Image Profile</i>
PVA	Perfilador Vertical do Aquífero
PST	<i>Pneumatic Slug Test</i>

RCPTu	Piezocone of resistivity
SIAGAS	Sistema de informações de águas subterrâneas
SGB	Serviço Geológico Brasileiro
SQI	Substância Química de Interesse
USEPA	<i>United States Environmental Protections Agency</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
VVVAC	Varredura Vertical de VOCs com Aquecimento em Campo
WCS	<i>Web Coverage Service</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>

SUMÁRIO

1	OBJETIVOS.....	8
2	INTRODUÇÃO	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1	Histórico do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)	11
3.2	Conceitos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) no BRASIL	13
3.3	Etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas em São Paulo	14
3.3.1	AVALIAÇÃO PRELIMINAR.....	15
3.3.2	INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA.....	22
3.4	Custos de uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória	27
3.5	Processo de Comercialização do Gerenciamento de Áreas Contaminadas	30
4	RESULTADOS EM UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA.....	31
5	ANÁLISE CRÍTICA.....	34
5.1	Lista de Checagem do Conteúdo do Relatório de Avaliação Preliminar.....	41
5.2	Lista de Checagem do Conteúdo do Relatório de Investigação Confirmatória ..	47
6	CONCLUSÃO	52
7	BIBLIOGRAFIA.....	56

1 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é realizar uma avaliação crítica das exigências legais estabelecidas para a realização dos trabalhos de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória no processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e definir, na opinião do autor, o que seria essencial que fosse desenvolvido do ponto de vista científico para executar estes trabalhos com a proposta de uma Lista de Checagem de Conteúdo, atrelada ao termo de Responsabilidade com informações mínimas que os relatórios de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória apresentados aos órgãos reguladores devem conter. Também foi realizada uma avaliação crítica de como o processo de comercialização destes trabalhos vem dificultando ou impedindo que apenas uma abordagem científica seja utilizada.

2 INTRODUÇÃO

A necessidade do Gerenciamento de Áreas Contaminadas vem crescendo pelo mundo com certa expressividade devido a problemas ambientais que ocorrem e ocorreram devido a não preocupação com o manuseio correto de substâncias químicas (matérias primas, produtos e resíduos) nas atividades industriais, comerciais, agricultura, mineração, etc.

O crescimento desorganizado de atividades com potencial de gerar contaminação, do ponto de vista ambiental, causado por práticas inadequadas, ganância ou por falta de consciência dos responsáveis por atividades com potencial de gerar contaminação, acarretam em áreas contaminadas pela disposição imprópria de resíduos, pelo manuseamento errado de matérias primas e produtos e até acidentes ambientais (RIYIS, 2012).

Com o tempo, desde de 1970 no Estados Unidos, a sociedade viu a necessidade de mudança das práticas ambientais de forma a criar regras e leis para garantir o equilíbrio entre as boas práticas ambientais e industriais para minimizar o impacto das atividades antrópicas ao meio ambiente, e além disso, buscar a recuperação o dos problemas já causados.

No Brasil, o pioneirismo dos estudos e conceitos de áreas contaminadas se dá a partir da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) por meio da publicação dos primeiros regulamentos definindo a política de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo, que foi realizado

em cooperação técnica entre Brasil e Alemanha em 1999. Posteriormente embasado nos conceitos adotados pela CETESB foram publicadas as Leis: Lei Estadual 13.577/2009 (São Paulo, 2009) do Estado de São Paulo e a Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009) com abrangência nacional. Posteriormente foi publicado o Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013 (São Paulo, 2013) que regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas.

No Brasil divide-se as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas em identificação, diagnóstico e intervenção (CONAMA, 2009).

A identificação consiste em se realizar a Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória na área de estudo com a finalidade de levantar dados sobre o histórico de uso da área e desenvolver um plano de investigação para identificar a existência ou não da contaminação. Confirmada a contaminação segue-se com a etapa de diagnóstico que consiste na realização de uma Investigação Detalhada e uma Avaliação de Risco da área, quando busca-se quantificar e qualificar o tamanho da contaminação bem como verificar os riscos ao ser humano que ela pode trazer. A intervenção resume-se nas etapas de remediação e monitoramento (CONAMA, 2009). O monitoramento ocorrerá desde as etapas de identificação até depois da finalização da remediação com a finalidade de acompanhamento da evolução e comportamento da contaminação com a finalidade de validar as previsões realizadas no plano de intervenção.

A responsabilidade pelo gerenciamento da contaminação fica a cargo do responsável legal pela área definido na Lei 13.577 e Decreto nº 59.263 como sendo: o causador da contaminação e seus sucessores; o proprietário da área; o superficiário; o detentor da posse efetiva da área ou quem dela se beneficiar direta ou indiretamente.

O gerenciamento técnico pelas áreas contaminadas fica a cargo do responsável técnico que auxiliam o responsável legal na definição das medidas necessárias e as propõe perante aos órgãos reguladores ou poder público.

É muito comum, no Brasil, que o responsável legal ao contratar o responsável técnico tenha por objetivo apenas atender às necessidades exigidas dos órgãos reguladores, e preferencialmente com o menor custo possível, o que resulta, na maioria dos casos, em trabalhos limitados e com diagnósticos ineficientes. Normalmente é dificultoso aplicar as melhores técnicas de investigação com baixo custo de execução, uma vez que o grau tecnologia sempre está atrelado ao nível quantitativo e qualitativo dos dados obtidos na

investigação. Assim alto nível de tecnologia obtém melhores dados porém com maior custo global de execução. Também, é sabido que, quando se minimizam os custos na caracterização do meio contaminado, maiores são os custos em sua reabilitação da área contaminada. Isso resulta em um custo total de projeto mais elevado do que um projeto em que se teve uma mesma área bem caracterizada inicialmente (RIYIS, 2012).

Nos Estados Unidos onde a Agência Ambiental “*United States Environmental Protections Agency*” (USEPA) tem maior estrutura, prática e histórico de envolvimento com estudos de contaminação, desenvolveu-se um sistema de Gerenciamento de Áreas Contaminadas inovador, baseado em três princípios básicos que regem os estudos de investigação de áreas contaminadas que são denominados de *Triad Approach* ou *Expedite Site Assessment*, que tem por objetivo principal agilizar o processo de aquisição de dados e o desenvolvimento de um Modelo Conceitual da Área consistente que permita definir as ações necessárias para o gerenciamento do problema delineado (AQUINO NETO, 2009; QUINAM, 2012; KILLINBECK, 2012 apud RISYS, 2012).

A Tríade consiste na fundamentação de três pontos que são: Planejamento Sistemático, Estratégias Dinâmicas de Trabalho e Sistema de Aquisição de dados em Tempo Real (CRUMBLING, 2004 apud RISYS, 2012). Basicamente esta abordagem utiliza-se de métodos de investigação e de coleta de dados com resolução adequada a situação, que minimizam o tempo de diagnóstico e a definição das medidas necessárias na área de estudo (CLEARLY, 2010; LINCH, 2004; MARTIN & St GERMAIN, 2008 apud RIYIS, 2012). O fato é que mesmo em abordagens mais progressivas como a mencionada, o desenvolvimento de uma Avaliação Preliminar consistente tem um papel fundamental.

A Avaliação Preliminar consiste na coleta e reunião de informações sobre o histórico de ocupação da área, na busca de evidências e indícios de contaminação. Porém nem sempre essas informações são de fácil obtenção. É comum que não seja possível a obtenção de dados históricos completos, ou até que ocorra omissão ou pouca colaboração dos responsáveis legais na disponibilização das informações, para quem sabe minimizar os riscos econômicos ou tentar “esconder” uma possível contaminação. A falta de informações traz incertezas para as investigações que dificultam a caracterização do meio e o planejamento das etapas subsequentes.

O presente trabalho busca realizar uma avaliação crítica das exigências legais estabelecidas para a realização dos trabalhos de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória no processo de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e definir, uma lista de

checagem de conteúdo, atrelada ao termo de Responsabilidade com o que seria essencial que fosse desenvolvido do ponto de vista científico para executar estes trabalhos. Além disso, o autor, realizou uma avaliação crítica de como o processo de comercialização do Gerenciamento de Áreas Contaminadas dificulta a utilização de uma abordagem científica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC)

Os estudos sobre áreas contaminadas deram início nos Estados Unidos, Alemanha e Holanda através da criação de leis nas décadas de 1970 e 1980, para solucionar os problemas de disposição inadequada de resíduos que estes países apresentavam.

Através de políticas reativas a casos famosos de contaminação os governos iniciavam as políticas da Gestão de Áreas Contaminadas. Dentre os casos, podemos citar os mais conhecidos como: Love Canal e Times Beach, nos Estados Unidos, Lekkerkek na Holanda e Georgswerder na Alemanha.

Todas essas áreas tiveram problemas de disposição inadequada de resíduos e precisaram ser descontaminadas com exceção do caso de Times Beach que ocorreu devido a uma contaminação por um produto químico que foi utilizado com intenção solucionar problemas de poeiras que incomodavam os moradores, porém este produto continha compostos desconhecidos que acabaram por contaminar a área.

O caso com maior impacto para a criação de regras para os estudos de áreas contaminadas é o Love Canal (USEPA, 2004). Neste caso, a empresa Hooker Electrical Chemical, com a anuência do governo estadual, utilizou um terreno para depositar resíduos químicos entre 1942 a 1953, quando esgotou a capacidade do depósito. Este aterro foi encerrado com uma camada impermeável de argila e abandonado. O aterro foi vendido para o conselho escolar local em 1955 e habitado entre 1960 a 1970 por uma escola e 1.000 residências de baixa renda. A compra da área ocorreu com o conhecimento de que a área continha resíduos tóxicos enterrados e com cláusulas de que a empresa não seria processada se tivesse problemas de contaminação (RIYIS, 2012).

Os moradores queixavam-se muito sobre odor forte e substâncias estranhas no meio do solo, além de relatos de má formação de recém-nascidos e casos de doença. Diante disso, a área foi evacuada e declarada como em estado de emergência em 1978 (USEPA, 1979).

A revitalização do Love Canal foi declarada em 2004 pela USEPA (USEPA, 2004), porém foram instaladas medidas de contingência para verificar a ocorrência de migração da contaminação para água subterrânea uma vez que a massa principal de contaminantes permaneceu na área (RIYIS, 2012). Os custos totais foram estimados em 20 milhões de dólares (USEPA, 2004).

No Brasil tivemos alguns casos com repercussão semelhante, que foram o de Cubatão e São Vicente, conhecido como caso Rhodia, o de São Caetano do Sul pelas indústrias Matarazzo e o de Duque de Caxias na Cidade dos Meninos.

O caso Rhodia aconteceu entre os anos de 1974 a 1993 quando a empresa Clorogil, adquirida posteriormente pela Rhodia, fabricava diversos produtos químicos sendo os principais tetracloroetileno e tetracloreto de carbono gerando em torno de 20 mil toneladas de resíduos tóxicos que foram depositados indevidamente no solo em áreas da fábrica e seu entorno, e também em áreas clandestinas nos municípios de Cubatão, São Vicente e Itanhaém (ACPO, 2020).

O caso das indústrias Matarazzo ocorreu entre os anos de 1930 a 1980. Esta empresa tinha como estratégia econômica estratégia econômica aproveitar insumos que restavam dos processos produtivos para gerar produtos novos. A área foi constatada como contaminada com elevados níveis de concentração de mercúrio e hexaclorociclohexano. Atualmente a área ainda é considerada como umas das 10 áreas contaminadas críticas no Estado de São Paulo (CETESB, 2013).

O caso da Cidade dos Meninos ocorreu devido à instalação de uma produção de pesticida com a finalidade de controlar endemias como malária, febre amarela e doença de chagas. A fábrica era do Ministério da Saúde, porém utilizava como produto o hexaclorociclohexano. As instalações ficaram ativas entre os anos de 1950 a 1955 e foram abandonadas na área estoques dos subprodutos de hexaclorociclohexano a céu aberto, que acabou contaminando o ar, águas subterrâneas e superficiais e solo. O pesticida produzido é um organoclorado que, em 1970, tornou-se proibida a sua utilização. (HERCULANO, 2002).

Os problemas aqui elencados são alguns dos acontecidos no passado que, devido à falta de conhecimento técnico sobre os males que os produtos químicos poderiam ocasionar

para o meio ambiente e a saúde humana, desencadearam o Gerenciamento das Áreas Contaminadas.

3.2 Conceitos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) no BRASIL

Os conceitos que norteiam o Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Brasil apresentam as definições que foram iniciadas a partir da Decisão de Diretoria nº 103/2007 de 22 de junho de 2007 (CETESB, 2007) e reutilizadas pelo Estado São Paulo e União através da Lei nº13.577/2009 de 8 de julho de 2009 e Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009, respectivamente. Em 2017, a CETESB convalidou a decisão supracitada através da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017 (CETESB, 2017). A seguir seguem algumas definições de importância para o tema de discussão (SÃO PAULO, 2013):

- Área com Potencial de Contaminação (AP): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas características, apresentam maior possibilidade de acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada.
- Área Contaminada sob Investigação (ACI): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde há comprovadamente contaminação, constatada em Investigação Confirmatória, na qual estão sendo realizados procedimentos para determinar a extensão da contaminação e identificar a existência de possíveis receptores, bem como para verificar se há risco à saúde humana ou ao ecossistema. A área também será classificada como Área contaminada Sob Investigação (ACI), caso seja constatada a presença de produtos contaminantes (por exemplo, combustível em fase livre), ou quando houver constatação da presença de substâncias, condições ou situações que, de acordo com parâmetros específicos, possam representar perigo à saúde humana ou ao ecossistema.
- Área Fonte: consiste na área que abriga ou abrigou as fontes potenciais ou fontes primárias de contaminação.
- Área Suspeita de Contaminação (AS): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria com indícios de ser uma área contaminada (AC).

- Fonte Primária de Contaminação: consiste na instalação, equipamento ou material a partir dos quais as substâncias químicas de interesse se originam e estão sendo, ou foram, liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico.
- Fonte Potencial de Contaminação: consiste na instalação, equipamento ou material a partir dos quais as substâncias químicas de interesse podem ser liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico.
- Modelo Conceitual: relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte das substâncias químicas de interesse na área investigada, desde as fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação, até os potenciais ou efetivos receptores. Esse relatório deve conter a identificação das substâncias químicas de interesse, das fontes de contaminação, dos mecanismos de liberação das substâncias, dos meios pelos quais as substâncias serão transportadas, dos receptores e das vias de ingresso das substâncias nos receptores.
- Responsável Legal: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, pela área contaminada, ou pela propriedade potencial ou efetivamente contaminada e, consequentemente, pelo planejamento e execução das etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas.
- Responsável Técnico: pessoa física ou jurídica, designada pelo Responsável Legal para planejar e executar as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas.
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI's): consiste nas substâncias químicas que foram definidas para serem investigadas no solo, água e ar na área de interesse.

3.3 Etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas em São Paulo

De acordo com o ANEXO 2 da DD 038/2017/C, de 07 de Fevereiro de 2017, os procedimentos para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo estão

divididos em dois processos que constituem uma metodologia sistemática e sequencial de investigação. Os processos são:

- Identificação de Áreas Contaminadas: tem um total de seis etapas que constituem a identificação da área contaminada, sua caracterização e avaliação dos riscos associados à contaminação, bem como a tomada de decisão sobre necessidade de intervenção na área. Dentre as etapas temos:
 - Identificação de Áreas com Potencial de Contaminação;
 - Priorização de Áreas com Potencial de Contaminação;
 - Avaliação Preliminar;
 - Investigação Confirmatória;
 - Investigação Detalhada;
 - Avaliação de Risco.
- Reabilitação de Áreas Contaminadas: tem um total de três etapas que constituem na elaboração de um plano de intervenção selecionando técnicas e executando-as, se necessário, com finalidade de reabilitar a área contaminada para um uso declarado. As etapas são:
 - Elaboração do Plano de Intervenção;
 - Execução do Plano de Intervenção;
 - Monitoramento para Encerramento.

Nesta monografia será descrito com maior propriedade nos itens que seguem os processos de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória devido ao foco dos estudos.

3.3.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A Avaliação Preliminar visa identificar indicativos que geraram a contaminação, assim é uma etapa de diagnóstico inicial que a partir de dados existentes da área, sua ocupação, histórico de utilização e atividades que levantem fatos ou evidências de fontes ou focos potenciais de contaminação (CONAMA, 2009, SÃO PAULO, 2013, CETESB, 2017; ABNT, 2007).

Esta etapa, junto com a Investigação Confirmatória, são obrigações a serem executadas para áreas consideradas como Áreas com Potencial de Contaminação em que ocorreu mudança de uso do solo ou com evidências de contaminação regional ou com

atividades consideradas como prioritárias para licenciamento da CETESB e isso independentemente da solicitação ou não do órgão ambiental (SÃO PAULO, 2013).

Esta etapa inicia-se com o levantamento de fatos ou evidências que nos direcionem a investigação que é realizada, inicialmente, através do levantamento de dados do histórico de utilização da área. Normalmente a primeira fonte de pesquisa é o responsável legal pelo empreendimento ou área contaminada (CETESB, 2017).

Por meio de documentos da empresa e do relato do uso passado da área é iniciado o levantamento das atividades produtivas desenvolvidas, com a descrição detalhada das operações industriais, fluxogramas de produção, matérias primas manuseadas, produtos e resíduos gerados, e principalmente, procura-se entender como estas substâncias químicas eram manuseadas, armazenadas ou transportadas na área, procurando evidências e acontecimentos que possam ter causado liberação de substâncias químicas para o solo. Além disso, é importante identificar o uso histórico da área, ou como as atividades podem ter variado ao longo de toda a vida útil de ocupação do local (CETESB, 2017). Com este objetivo são levantadas e analisadas licenças e autorizações que foram obtidas, bem como as infrações ambientais, quando for o caso.

As documentações dos responsáveis legais nem sempre são pesquisadas com o planejamento e intensidade necessárias. A princípio é comum que não sejam completas. O técnico contratado envolvido na Avaliação Preliminar deve ser bem preparado e conhecedor do processo industrial relacionado ao local onde será realizada a Avaliação Preliminar, para que possa conduzir o estudos com o objetivo de preencher as lacunas que normalmente existem nos levantamentos iniciais/espontâneos junto ao responsável legal, que normalmente não está instruído a respeito das informações que são necessárias e importantes para o desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa não deve ser limitada junto ao responsável legal, principalmente se a área teve usos anteriores, ainda não identificados. É importante consultar fontes de informações como cartórios e juntas comerciais, para identificar outros proprietários do imóvel e empresas que ocuparam a área.

A partir destes dados, intensifica-se a busca por documentos em outros órgãos que foram elencados a partir dos documentos iniciais. Normalmente, é realizado um levantamento de informações junto aos órgãos licenciadores como prefeituras, órgãos ambientais como CETESB (CETESB, 2017) e DAEE no Estado de São Paulo, além da Vigilância Sanitária e outros órgãos que podem ter informações a respeito do uso e ocupação

da área. Na maioria das vezes, os órgãos com maiores informações são os ambientais, devido ser reguladores, licenciadores e fiscalizadores de empreendimentos e atividades.

Dentre as informações que são buscadas tem-se: informações sobre produção, uso de água, resíduos, efluentes, matérias primas, produtos, acidentes, geologia, hidrogeologia, uso do solo e entorno, histórico de ocupação, problemas ambientais e outros (CETESB, 2017).

Nesta etapa são analisados todos os documentos obtidos sobre as atividades desenvolvidas na área de interesse bem como da investigação de áreas vizinhas já confirmadas como contaminadas com a finalidade de identificar os itens que seguem (CETESB, 2017):

- Identificação de todas as atividades com potencial de contaminação que foram desenvolvidas na área ao longo de todo o período de sua ocupação;
- Identificação dos contaminantes potenciais (matérias primas, produtos produzidos, resíduos gerados);
- Identificação e caracterização das fontes potenciais (primárias) de contaminação que existiram no local durante todo o período de utilização da área, relacionadas a cada uma das atividades com potencial de contaminação que foram desenvolvidas no local:
 - Área de armazenamento de matérias primas;
 - Área de armazenamento de resíduos;
 - Área de disposição de resíduos;
 - Tancagem aérea e subterrânea de armazenamento de produtos;
 - Área de produção:
 - Área de tratamento de superfícies (galvanoplastia);
 - Linhas de condução de materiais: dutos enterrados e aéreos (produtos matérias primas e efluentes), correias transportadoras;
 - Área de produção de peças metálicas (Usinagem, de Trefilagem, de Tornearia, de Retífica, de Fresagem, de Fundição, de Injetoras de plástico e peças metálicas, Soldas);
 - Área de produção de produtos químicos (reatores, cubas, torres, diafragma, torres de lavagem, área de conversores, fornos, áreas de decantação);
 - Área de acabamento: polimento físico, químico e físico-químico, pintura, decapagem e desengraxe;
 - Caixas de passagem de esgoto industrial;

- Fontes de emissão de particulados;
- Sistema de tratamento de efluentes;
- Sistemas de tratamento de resíduos;
- Sistema de abastecimento de água;
- Fossas de infiltração, sistema de drenagem, etc.;
- Identificação de Mudanças no layout ocorridas ao longo do tempo como análise de plantas, croquis e fluxograma de processos e produtos;
- Identificação das características físicas locais como:
 - Geologia: contexto geológico inserido com definição das litologias presentes e verificar a corroboração destes com dados bibliográficos da área;
 - Hidrogeologia: informações sobre as litologias presentes associadas ao fluxo de água subterrânea, bem como identificação do nível d'água e possíveis caminhos preferencias de fluxo d'água;
 - Pedologia: características dos solos existentes;
- Identificação e avaliação dos estudos de passivos ambientais anteriores e possíveis relações com a área de interesse com a finalidade de aproveitar as informações, se foram bem executadas;
- Identificação de acidentes e autos de infração ambientais;
- Análise dos relatórios de inspeções e suas considerações sobre a área.

Informações do uso de água subterrânea na área investigada e seu entorno (CETESB, 2017) são imprescindíveis. O órgão regulador deve ser consultado para levantamento destas informações, devido ao impacto que uma contaminação pode gerar para os aquíferos. O Estado de São Paulo detém um banco de dados de todos os usos outorgados ou dispensados de outorga que é atualizado diariamente no site do DAEE (SÃO PAULO, 2020). A CPRM também detém de um sistema de informações de águas subterrâneas que é denominado SIAGAS que foi desenvolvido pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB). Este consiste em um banco nacional público de dados de águas subterrâneas que é atualizado periodicamente (BRASIL, 2006), porém ao comparar os dois banco de dados, vemos uma deficiência no banco de dados nacional perante ao do Estado de São Paulo, que apresenta uma maior quantidade de cadastros. Além disso, o banco paulista tem em sua base de dados usos de água de menor porte, que é o caso dos usos considerados como insignificantes. O levantamento *in loco* das utilizações de água também devem ser realizados nas vistorias da área de interesse.

A confiabilidade do banco de dados do SIAGAS pode ser também duvidosa ou com informações incompletas.

A busca de informações através de entrevistas de pessoas que têm ou tiveram algum envolvimento com a área investigada e seu entorno, trabalhando ou residindo também é necessária (CETESB, 2017). Muitas evidências de acidentes e usos que podem não estar documentada podem ser obtidas através desta etapa.

O levantamento aerofotogramétrico temporal deve ser realizado para corroborar com as outras informações levantadas (CETESB, 2017). O Google Earth é um bom mecanismo para obtenção de imagens aéreas com dados disponíveis desde 2001. Anteriormente a este período devem ser consultados bancos de dados de satélites e de levantamentos aerofotogramétricos de empresas privadas. A base cartográfica do IBGE e IGC é também mecanismos onde se pode encontrar informações históricas de uso e ocupação da área.

Existem também as plataformas *online WebGis* de banco de dados espaciais que detêm informações geoespaciais que devem ser utilizadas. Nestas plataformas podem ser obtidas por exemplo imagens ou ortofotos de levantamento aerofotogramétrico realizadas anteriormente, que facilitarão a interpretação do uso e ocupação do solo, bem como das características físicas das áreas investigadas, e outros. Como por exemplo deste tipo de plataformas têm o INDE, DATAGEO e o IDE-SISEMA, que são bancos de dados espaciais que podem ser consultados *online*, ou pode-se fazer os downloads dos arquivos georreferenciados ou, até, obtenção de dados por serviço WMS (*Web Map Service*) ou WFS (*Web Feature Service*) ou WCS (*Web Coverage Service*), que são geoserviços para representação visual de dados espaciais em formato de imagem e não os dados em si; serviços para que clientes possam recuperar feições espaciais em formato GML; e acesso a dados que representam fenômenos com variação contínua no espaço, respectivamente (BRASIL, 2008).

Diante do levantamento de informações e dados são realizadas inspeções de reconhecimento na área sob investigação. Nesta, busca-se confirmar as informações levantadas, e localizar indícios de contaminação ou de reformas e atividades desenvolvidas que indicam possíveis áreas onde ocorreu uma mudança antrópica do estado inicial da área ou a ocorrência de um acidente, execução de reformas, consertos em pisos; disposição inadequada de resíduos; possíveis vazamentos; áreas com alteração de coloração do solo; odores característicos; observação da conservação da área e entorno, bem como dos equipamentos ou locais de armazenamento de combustíveis produtos ou matérias primas;

observação de áreas onde ocorreu movimentação ou deposição de solo; entre outras anomalias (CETESB, 2017).

Normalmente as inspeções concentram-se em áreas produtivas ou de armazenamento de produtos ou matérias primas, por serem áreas onde se tem manuseio de substâncias químicas. É muito importante localizar e mapear as redes de drenagem de água subterrânea que poderiam atuar no transporte das substâncias químicas de interesse (CETESB, 2017), com a abertura de caixas de passagem e verificar o tipo e direcionamento das tubulações a elas ligadas, para acompanhar a sua direção e conexão com outros pontos de visita e ligação as redes externas, e se necessário realizar a filmagem das mesmas. O entorno também deve ser inspecionado da mesma forma, quando possível.

Levantamentos geológicos, pedológicos e hidrogeológicos regionais devem ser obtidos através de bancos de dados confiáveis como é o caso da CPRM, EMPRAPA, IBGE, IGC, DATAGEO, além de estudos e referências bibliográficas da área de estudo. Os dados obtidos através de investigações geotécnicas anteriores da área também devem ser considerados. Além disso, devem ser programados estudos geotécnicos, antes da execução da Investigação Confirmatória, afim de se determinar ou confirmar as características do meio físico, quando as mesmas forem deficientes. Todos os dados devem ser combinados de maneira a facilitar o planejamento e execução do plano de investigação (CETESB, 2017).

Informações de investigações ou etapas anteriores de gerenciamento de áreas contaminadas devem ser levadas em conta, também, para obtenção de informações (CETESB, 2017).

Com base nas informações obtidas será desenvolvido o Modelo Conceitual da Área, no qual deve necessariamente ser avaliada a incerteza a respeito da identificação de todas as fontes potenciais de contaminação obtidas através de dados disponíveis para realização da Avaliação Preliminar. Ainda nesta etapa, define-se um Plano de Investigação Confirmatória que será executado baseado no Modelo Conceitual Inicial da Área (CETESB, 2017).

O MCA é definido pela norma brasileira NBR 16210 como uma representação gráfica ou escrita de um sistema ambiental e os processos físicos, químicos e biológicos, que delimitam o transporte dos contaminantes a partir das fontes, através dos meios, até os receptores envolvidos (ABNT, 2013).

A CETESB (1999) definiu o MCA como uma representação ou um texto explicativo com a síntese das informações obtidas até o momento da investigação preliminar e que ele deve representar a situação atual da área quanto a possível contaminação e a relação com a

vizinhança, e devem estar inclusos os bens a proteger. Devem-se identificar as fontes de contaminação, bens a proteger, vias de transporte e contato com as SQI's. Esta definição é análoga a definição usada pela USEPA (2006) que diz que o MCA é uma ferramenta utilizada para compreensão completa do meio físico com as fontes primárias e secundárias de contaminação com as vias de exposição que os receptores podem ser impactados.

Diante destes fatores, o Modelo Conceitual inicial da área deve ser muito bem elaborado com as corretas definições das hipóteses da contaminação devido que ele é o instrumento que norteia todos os trabalhos do GAC (RIYIS, 2012). Além disso, ele está em constante mudança e atualização com a evolução do gerenciamento.

De acordo com os procedimentos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo, definidos pela Decisão de Diretoria nº038/2017/C, e com base nas incertezas resultantes da identificação de todas as fontes potenciais de contaminação que existem no local, será realizada a classificação do Modelo Conceitual 1 (MCA 1) em “A”, “B” ou “C”, sendo que a classificação é em função da qualidade de informações. As estratégias de investigação também são definidas em Estratégia 1 ou 2, respectivamente em conformidade com o Modelo Conceitual (CETESB, 2017).

O MCA 1A consiste na situação em que o responsável técnico conseguiu identificar todas as áreas fontes existentes e obter dados e informações completas para cada uma delas que coincide com um plano de amostragem denominado de Estratégia 1 (CETESB, 2017).

O MCA 1B consiste na situação em que foram obtidas incertezas quanto a identificação, caracterização e localização das áreas fontes ou das fontes potenciais de contaminação que coincide com um plano de amostragem denominado Estratégia 2 (CETESB, 2017).

O MCA 1C consiste na situação em que não foi obtida nenhuma informação sobre localização e características das áreas fontes e coincide, também, com o plano de amostragem denominado Estratégia 2 (CETESB, 2017).

A Estratégia 1, citada anteriormente, fundamenta-se em um plano de amostragem direcionado para SQI's de interesse e de fontes potenciais de contaminação identificadas nos estudos de investigação preliminares (CETESB, 2017).

A Estratégia 2 estabelecida para MCA 1B ou 1C, discorre que as incertezas a respeito da identificação de todas as fontes potenciais fazem com que seja necessário utilizar métodos adicionais para obtenção de dados que direcionem o posicionamento das amostragens e que as SQI's que devem ser consideradas para o plano de amostragem. Com base nestas

incertezas, deverá ser definida uma estratégia de investigação que possibilite uma avaliação representativa da área, ou seja, por meio da coleta de um número maior de amostras, seja pelo uso de métodos de investigação em tempo real (*screening*), seja pela aplicação de um plano de investigação com abordagem probabilística (CETESB, 2017).

Os métodos *screening* são técnicas de rastreamento, reconhecimento ou varredura que dão resultados em tempo real com grande densidade de informações e um diagnóstico de alta resolução. São utilizados para diminuir as incertezas e refinar o MCA, além de serem precisos na exatidão do direcionamento da coleta de amostras que devem ser encaminhadas para análises químicas (RIYIS, 2012; RIYIS, 2013).

Ao final, diante das informações preliminares obtidas, é redigido o Relatório de Investigação Preliminar que traz todos os dados e informações obtidos durante a Avaliação Preliminar que foram utilizados para elaboração do MCA e do plano de investigação, como, por exemplo, plantas, mapas, croquis, interpretações e todas as informações que foram utilizadas para realizar o estudo preliminar (CETESB, 2017).

3.3.2 INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

A Investigação Confirmatória consiste na etapa de confirmação ou não da existência da contaminação ou da existência de substâncias de origem antrópica no solo e água subterrânea em concentrações acima dos valores de investigação ou valores orientadores de intervenção (CONAMA, 2009; SÃO PAULO, 2013; CETESB 2017; ABNT, 2007). É uma etapa sequencial da Avaliação Preliminar e são obrigatoriamente avaliadas em conjunto, no Estado de São Paulo. Nesta etapa é executado o Plano de Investigação para confirmar a existência ou não de alteração de qualidade no solo e água subterrânea avaliado junto às fontes potenciais identificadas ou não. Também são obtidos dados adicionais de caracterização do meio físico nesta etapa (SÃO PAULO, 2013; CETESB, 2017), que permitem validar e complementar aqueles obtidos na Avaliação Preliminar (dados de investigação realizadas durante a implantação das construções, perfis construtivos de poços de captação e dados obtidos em áreas investigadas no entorno).

Basicamente investigam-se o solo e a água subterrânea. São executados ensaios de coleta de material e posterior análise química. Também são executados ensaios de resposta direta que retornam dados em tempo real, tanto de solo, água subterrânea e vapores do solo, sendo os últimos os mais comuns, com o objetivo de direcionar as amostras de solo e água

subterrânea que serão submetidas a análise em laboratórios acreditados. As metodologias de investigações são diversas sendo a qualidade de dados em função da tecnologia disponível.

A falta de um Modelo Conceitual bem fundamentado acarreta na execução de etapas preliminares, utilizando sondagens iniciais, com o intuito de identificar as características do meio físico e afinar o Modelo Conceitual e, conseqüentemente, serão utilizadas para uma revisão do Plano de Investigação Confirmatória (CETESB, 2017).

Assim, um bom plano de amostragem do solo deve ser baseado em um planejamento sistemático, que permita identificar com precisão os locais onde potencialmente ou comprovadamente ocorreu a liberação de substâncias químicas para este meio. A ausência destas informações pode ser gerenciada por meio da aplicação de estratégias dinâmicas de trabalho e tecnologias de medição em tempo real, que é a base da abordagem “*TRIAD*” de investigação adotada pela USEPA (CRUMBLING, 2004; USEPA, 2006; AQUINO NETO, 2020).

Alguns exemplos de técnicas de investigação em tempo real disponíveis são (RIYIS, 2012; AQUINO NETO, 2020):

- *MIP (Membrane Interface Probe)*: Consiste em uma técnica vertical de cravação de uma sonda que permite a detecção de concentrações em tempo real de voláteis ou organoclorados em intervalos discretos no solo (CONSTANZA et al, 2002; RAVELLA et al., 2007; HOWARD et al., 2012 apud SANTOS, 2015; AMBIENTAL, 2013).
- *OIP (Optical Image Profile)*: Consiste em uma sonda óptica que permite detectar combustíveis em fase não dissolvida (NAPL) que fluoresce quando expostos a luz ultravioleta (AMBIENTAL, 2018).
- *LIF (Laser Induced Fluorescence)*: Consiste em uma técnica vertical de cravação de uma sonda que permite a detecção da fluorescência induzida, que é muito utilizado para detecção de hidrocarbonetos de petróleo (AMBIENTAL, 2013).
- Laboratório Móvel: Consiste em um laboratório que se desloca até a área de investigação que está preparado para realizar análises de VOCs, SVOCs, metais e gases em campo (AMBIENTAL, 2018).

Para avaliação física do meio existem:

- *HPT (Hydraulic Profiling Tool)*: Consiste em uma sonda que injeta fluido no solo e realiza a medição da relação entre a vazão ar e a pressão de injeção que retornar a condutividade hidráulica da camada do solo em um perfil de alta resolução ao longo da cravação (CONSTANZA et al, 2002; RAVELLA et al., 2007; HOWARD et al., 2012 apud SANTOS, 2015; AMBIENTAL, 2018).
- *PST (Pneumatic Slug Test)*: Consiste numa técnica utilizada para obter a condutividade hidráulica da camada de solo em pontos específicos (AMBIENTAL, 2013).
- *EC (Electrical Conductivity)*: Consiste em uma sonda que retorna a medição da condutividade elétrica em tempo real da camada do solo e retornar um perfil de alta resolução ao longo da cravação, muito utilizado para diferenciar camadas de silte, argilas e areias (AMBIENTAL, 2013, AMBIENTAL, 2018).
- *CPT/CPTu (Cone e Piezocone Penetrometer Test)*: O *CPT* Consiste na utilização de dois sensores que fornecem a resistência de ponta e a resistência de atrito lateral do solo que estabelecem, com precisão adequada, o perfil estratigráfico do ponto de cravação. O *CPTu* tem um sensor adicional ao *CPT* que fornece a pressão de água (AMBIENTAL, 2013).
- *RCPTu (Piezocone de Resistividade)*: Este consiste na utilização de um sensor de condutividade elétrica adicional ao sensores do ensaio *CPTu* (AMBIENTAL, 2013).

Além disso existem outras técnicas como o Raio X de Fluorescência, Immunoassay testes kits, UV methods, testes calorimétricos, entre outros (AQUINO NETO, 2020).

Na prática a utilização destas técnicas requer planejamento e mão de obra especializada, uma vez que muitas decisões são tomadas em campo e que a mobilização destes equipamentos não é tão simples de ser realizada. Em uma abordagem mais convencional de investigação, não é comum o uso destas ferramentas na etapa de Investigação Confirmatória, que normalmente são utilizadas com o objetivo de detalhar uma contaminação já identificada, exceção aquelas que tem por objetivo a localização de áreas com grande diversidade e que apresentam alto grau de ameaça, conhecidas como "hot spots".

Sendo assim, as técnicas de investigação de tempo real atendem com maior propriedade o que estabelece a Decisão de Diretoria nº 038/2017/C da CETESB e suas orientações, com base na qualidade e quantidade de dados obtidos, facilitando as interpretações do meio contaminado.

As metodologias convencionais de investigação, que consistem na perfuração e nas sondagens manuais com instalação de poços de monitoramento com seção filtrante longa, se mostraram ao longo do tempo que, na maioria das vezes, apresentam resultados com pouca representatividade e muitas incertezas associadas, além de ser técnicas demoradas e ultrapassadas, que devem sempre que possível serem substituídas pelas técnicas de alta resolução (QUINAM (2012), WELTY (2012), St GERMAIN (2012), St GERMAIN et al (2012), KILLEMBECK (2012), SINGER e FIACCO (2010), NEGRÃO (2012), AQUINO NETO (2009), apud RIYIS, 2012, p. 29). As incertezas neste tipo de investigação são geradas na coleta indevida de dados com trados rotativos que acabam por homogeneizar as camadas hidroestratigráficas do solo, ou seja, misturam as camadas de solo, sem contar os métodos arcaicos e morosos, ou falta de boas práticas.

O modelo conceitual hidrogeológico prévio da área de interesse é uma informação que irá auxiliar muito o desenvolvimento de um plano de investigação confirmatória, até com o objetivo de evitar um espalhamento vertical da contaminação, em locais onde ainda não ocorreu. É importante realizar a mobilização dos equipamentos e ferramentas adequadas para cada local que será investigado, ressaltando que na Investigação Confirmatória, o objetivo é a coleta de amostras junto às fontes potenciais/primárias de contaminação, e portanto, a localização das mesmas e a identificação das substâncias que foram manuseadas no local para entender seu comportamento, são inicialmente as informações de maior interesse.

Caso o Modelo Conceitual tenha incertezas claras sobre a localização das fontes potenciais e primárias que possam ter existido na área, e o foco da investigação já nesta etapa inicial for o de coletar amostras representativas das plumas em fase dissolvida que possam estar presentes, a identificação das camadas hidroestratigráficas de movimentação de água subterrânea preferencial deverá fazer parte do Modelo Conceitual inicial que definirá o correto posicionamento dos poços de monitoramento e suas seções filtrantes (AQUINO NETO, 2009 apud RIYIS, 2012 p. 30; RIYIS, 2011), para que seja permitida a coleta de amostras representativas de águas subterrâneas (RISYS, 2012). O correto posicionamento da seção filtrante é essencial para um correto diagnóstico da área uma vez que seções extensas atravessam camadas litológicas diversas que ocasionam em informações não representativas

da área (AQUINO NETO, 2009 apud RIYIS, 2012). Desta maneira, as técnicas de *HRSC* contribuem significativamente para aquisição deste modelo que reforça a recomendação da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C/E em relação a identificação dos materiais presentes em subsuperfície que impossibilitam a definição das profundidades das amostragens do Plano de Investigação Confirmatório.

Quando o Modelo Conceitual apresentar incertezas quanto à localização exata das fontes potenciais/primárias, das SQI's e à caracterização hidrogeológica da área de interesse, deverão ser utilizados métodos de investigação que proporcionem informações sobre o meio físico ou sobre a natureza e a distribuição das substâncias químicas de interesses. E no Modelo Conceitual da Avaliação Preliminar deve ser prevista a coleta de amostras de solo/sedimentos que compõe o aquífero para que seja desenvolvido um modelo conceitual hidrogeológico com um certo entendimento do fluxo da água subterrânea, não restrito à direção de seu deslocamento horizontal, mas também do seu deslocamento vertical. Com este objetivo deve-se realizar uma avaliação da caracterização do meio físico fora da zona de interesse com o intuito de evitar transporte de contaminantes, que podem estar em fase livre não aquosa (NAPL). Deve-se principalmente ter maior cuidado nas investigações onde existe a possibilidade de presença de fase líquida densa não aquosa- DNALP, que é uma fase livre mais densa que a água, devido que esta pode migrar para camadas mais profundas devido a composição das unidades hidroestratigráficas da área de interesse. Áreas deste tipo devem ter uma caracterização hidroestratigráfica preliminar especial para minimizar os problemas de transporte vertical de contaminantes, usando técnicas de investigação que impeçam este tipo de ocorrência, como por exemplo a realização de perfurações revestidas, e isolamento de camadas que separam camadas diferentes do aquífero (CETESB, 2017).

A caracterização hidrogeológica com identificação das unidades hidroestratigráficas nem sempre reflete a área como um todo, sendo que a variação vertical e horizontal pode ser distinta em áreas relativamente pequenas, assim estas incertezas devem ser consideradas quando da execução da investigação confirmatória. Quando forem evidenciadas características hidrogeológicas distintas das preliminares, as mesmas devem ser avaliadas com o intuito de definir possíveis zonas preferenciais de transporte ou zonas de pouca permeabilidade que confinem a contaminação.

Os recursos hídricos presentes na área de interesse e seu entorno devem ser sempre localizados e caracterizados quimicamente (CETESB, 2017), para verificar a migração de contaminantes para os mesmos.

Os resultados analíticos obtidos nas amostras coletadas nesta etapa devem ser comparados com Valores Orientadores estabelecidos, no caso do Estado de São Paulo, pela Decisão de Diretoria nº 256/2016/E de 22 de novembro de 2016 que dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. Para as amostras de solo devem ser considerados os cenários atuais e futuros de ocupação da área. E para as SQI’s que não estiverem presentes na lista da CETESB, deve-se utilizar os valores da última atualização da *Regional Screening Levels (RSLs)* da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) ou os valores calculados pela Planilha de Avaliação de Risco da própria CETESB ou, então, valores de outras referências reconhecidas, como a Holandesa, Alemã e de outros países da Europa (CETESB, 2017).

A partir dos resultados da Investigação Confirmatória a área será classificada como Área com Potencial de Contaminação (AP) se não for constada a contaminação. Uma vez observada alteração de qualidade ou presença de contaminação em solo ou águas subterrâneas acima dos valores de intervenção a área será classificada como Área Contaminada sob Investigação (ACI). Se a área for classificada como sob investigação é necessário realizar as etapas posteriores de Investigação Detalhada e Avaliação de Risco (SÃO PAULO, 2013; CETESB, 2017).

Também deve ser considerado que as investigações devem ser realizadas em áreas específicas em conformidade o Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013 e o ANEXO 1 da DD 038/2017/C, de 07 de Fevereiro de 2017 que são as áreas que tenham lançamento de efluentes ou resíduos no solo como parte de sistemas de tratamento ou disposição final; ou áreas onde ocorre o uso de solventes halogenados; ou áreas onde ocorre a fundição secundária ou recuperação de chumbo ou mercúrio. Elas devem implementar Programa de Monitoramento Preventivo de Qualidade do Solo e Água Subterrânea a partir de estudo de Avaliação Preliminar.

3.4 Custos de uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória

Os custos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas são sequenciais e em crescimento de acordo com a evolução dos estudos. É notório que as etapas iniciais do GAC apresentam menores custos e a partir da evolução dos estudos os custos vão se elevando. Sabe-se também que o nível de detalhamento e refinamento da área de interesse partem de

dados macro para dados analíticos obtidos nas investigações. Assim o nível de evidências e intervenção também está diretamente proporcional aos custos de projetos e inversamente proporcional à margem de erro da investigação (MARKER, 2010).

Normalmente a etapa de Avaliação Preliminar tem o menor custo das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas, uma vez que a execução da mesma é dependente de avaliação de documentos e dados em tese já existentes. Desta maneira o custo se resume no trabalho de reunir estas informações e na sua interpretação. Assim, é comum que não envolva a geração de novos dados.

O fato é de que estes custos são menores ainda, pois é comum que o trabalho se resume em reunir somente as informações que estão disponíveis de forma acessível. Nenhum esforço para um levantamento mais apurado é realizado, pois assume-se de forma errada que esta etapa tem importância relativa no processo de investigação de uma área contaminada. E, por ser a primeira etapa no processo de investigação a cargo do responsável legal e técnico, normalmente esta etapa possui um menor custo, visto como uma forma de entrada no processo, assumindo-se que as falhas resultantes poderão ser compensadas nas etapas seguintes, porém, normalmente há um custo exponencialmente maior, principalmente quando estas falhas tem repercussões importantes na definição e operação de medidas de remediação.

Por mais que seja uma etapa de menor custo, deve ser avaliada de forma responsável, uma vez que o Gerenciamento de Áreas Contaminadas é composto de etapas sequenciais, que evoluem conforme os estudos desenvolvidos.

A Investigação Confirmatória por sua vez tem custo mais elevado do que a Avaliação Preliminar uma vez que concentra na aplicação de um plano de amostragem que envolve a coleta e análises químicas de amostras de solo e água subterrânea. A aquisição de dados pode ser realizadas através de diversas metodologias sendo que quanto maior o nível tecnológico, maior o custo da investigação e melhores e mais rápidos os resultados. Porém o plano de amostragem é definido a partir do modelo conceitual desenvolvido na Avaliação Preliminar, e erros ou omissões cometidos na primeira etapa irão ser transmitidos ao longo de toda a vida do projeto. Por ser a etapa seguinte da Avaliação Preliminar, é comum que sejam executadas em conjunto, e a Investigação Confirmatória, gerada à partir de uma Avaliação Preliminar incompleta, será ineficiente e os erros iniciais serão transmitidos para as etapas seguintes.

É certo que quanto maior o esforço realizado na execução da Avaliação Preliminar, e maior a transparência na definição do Modelo Conceitual sobre a identificação de todas as

fontes potenciais, maior será o nível de detalhamento de uma Investigação Confirmatória que resultará na identificação precisa dos centros de massa de uma contaminação existente, em um prazo menor, com um menor número de mobilizações e de erros no processo de Investigação Detalhada e Remediação, e os custos globais relativamente serão menores e aplicados de forma mais eficaz na definição de medidas de intervenção apropriadas.

Quinam (2012) apud RIYIS relata que a cada 1 dólar investido na investigação, são economizados 10 dólares na remediação do passivo ambiental. Ainda que não exista uma correlação semelhante, definida especificamente para a Avaliação Preliminar, muitos são os casos onde ficou demonstrado que provavelmente esta relação seria proporcionalmente mais vantajosa, pois esforços realizados na etapa de Avaliação Preliminar, como mencionado anteriormente, certamente terão custos significativamente menores do que a coleta de um maior número de amostras.

As técnicas de investigação são determinantes para com custos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, porém por mais que a etapa inicial utilize técnicas de alta tecnologia que sejam mais custosas, no fim o retorno, do custo global do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, é melhor. Woll (apud RIYIS, 2012, p. 27) evidenciou em um estudo que uma área investigada por métodos convencionais geraria um custo estimado de remediação de US\$ 1.8 milhões de dólares a mais do que uma investigação baseada na abordagem *Triade*, que gerou um custo de US\$ 30 mil dólares. As estimativas de custos da remediação diminuiram significativamente perante ao investimento realizado devido à diminuição das incertezas geradas nas investigações.

Além de um custo financeiro global maior em investigações convencionais, têm-se um custo proporcionalmente maior para a sociedade e ao meio ambiente, quando ocorre uma investigação ineficiente, pois leva a erros no processo de tomada de decisão, e consequentemente, prolonga em demasia o tempo necessário para atingir os objetivos necessários, resultando em um possível agravamento da situação, favorecendo ao transporte e migração dos contaminantes para ambientes que ainda não estão contaminados. Se os contaminantes migram para outras áreas, os impactos são diretos para a sociedade devido ao aumento da possibilidade de risco para os receptores (RIYIS, 2019).

Desta forma para execução de uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória espera-se que os esforços e investimentos realizados tenham um impacto econômico menor graças ao grande retorno na definição das etapas seguintes, sendo que estas

etapas são a de menor custo agregado levando em conta o custo global do Gerenciamento de Área Contaminada.

3.5 Processo de Comercialização do Gerenciamento de Áreas Contaminadas

O processo de comercialização de trabalhos relacionados ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas ocorre de várias maneiras sendo desde empresas que realizam todas as etapas do GAC como empresas que realizam uma ou outra etapa do GAC ou até empresas que realizam parte das etapas do GAC. Essas empresas são denominadas como Consultorias Ambientais (RIYIS, 2012).

Neste segmento estão incluídas desde empresas multinacionais, com uma larga experiência no assunto, até a empresas recém constituídas com pouca experiência (RIYIS, 2012).

Independentemente do porte e capacidade destas empresas, os trabalhos em grande parte são desenvolvidos por empresas prestadoras de serviço complementares, que incluem laboratórios de análise química e física, empresas de sondagem, topografia, etc., e mais recentemente, empresas que se especializam em serviços específicos de obtenção e tratamento de dados, todos eles, constituindo em uma grande parte do custo final dos trabalhos realizados.

A grande diversidade na experiência e capacitação evidentemente é refletida em uma variabilidade enorme no custo dos trabalhos oferecidos aos responsáveis legais pelas áreas onde os trabalhos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas são necessários, os quais, normalmente, não têm uma equipe capacitada para realizar uma contratação equilibrada entre custo/benefício.

Este mercado é altamente competitivo, e nas estratégias de comercialização, é muito comum que as etapas iniciais do processo de gerenciamento, Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, sejam sacrificadas na concorrência para obtenção dos trabalhos, pois o mecanismo maléfico predominante, é o de "entrar no caso" e esperar que os revisores das agências reguladoras, solicitem, durante a duração do processo de gerenciamento, os ajustes certamente necessários aos projetos. A fiscalização detalhada de cada caso de Gerenciamento de Área Contaminada é cada vez menor devido ao número de casos existentes.

Assim, este procedimento resulta, sem dúvida nenhuma, no aumento dos custos finais destes projetos, tanto para o responsável legal como para a sociedade, que também arca com os custos resultantes da demora da sua solução, quanto também para as consultorias sérias, que cada vez mais se veem frustradas nas suas expectativas de realizar um bom trabalho, e cada vez mais forçadas a diminuir sua margem de lucro. Além disso, este mecanismo enviesado aumenta cada vez mais a desconfiança entre as partes envolvidas, dificultando todo o processo de tomada de decisão, que é a pior consequência deste viés.

Devido a estes fatores o comércio normalmente ocorre como um leilão entre as consultorias e executoras das investigações, uma vez que o responsável legal, na maioria das vezes, não possui o conhecimento técnico para escolher entre as consultorias e por isso acaba optando pelo menor custo das etapas para realizar as investigações. Porém nem sempre o menor custo de uma etapa gera um menor custo global do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (RIYIS, 2012).

O mercado entre as consultorias é, também, responsável pelas investigações iniciais de baixa qualidade em virtude das empresas que buscam fragmentar o custo inicial de projeto ao máximo para conquistar o cliente, com um bom atendimento nas agências ambientais, o que, na maioria das vezes não garante que uma investigação foi adequada. Além disso, as consultorias possuem como foco a continuação posteriormente dos trabalhos de investigação, no caso, a investigação detalhada e remediação, que são mais custosas e demoradas (RIYIS, 2012).

Neste contexto o responsável legal, aparentemente, tem um ganho e economia de capital inicial, porém com o tempo, nas etapas subsequentes, ficará evidente que o diagnostico inicial pobre resultará em um custo global maior (RIYIS, 2012).

4 RESULTADOS EM UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR E INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA

Os resultados de uma Avaliação Preliminar e uma Investigação Confirmatória têm como objetivos, conforme definido nos regulamentos vigentes desde sempre, caracterizar as atividades que acontecem ou aconteceram em uma determinada região de interesse com a finalidade de identificar fontes potenciais a serem avaliadas, caracterizar o meio físico hidrogeológico e formular uma hipótese sobre como a atividade pode ter causado uma

contaminação do solo e da água subterrânea e desenvolver uma metodologia adequada a avaliação desta hipótese (plano de amostragem) e aplicá-la.

A legislação brasileira não define métodos e técnicas científicas ideais para alcançar o objetivo buscado nas investigações, e nem deve ser o objetivo da legislação, pois conforme mencionado acima, o desenvolvimento destes trabalhos é a aplicação pura da metodologia científica, e cada situação requer uma abordagem diferente, apesar de serem parecidas, os estudos devem cumprir as Normas e padrões vigentes, bem como ser completos, cumprindo com as obrigações da decisão de Diretoria 038/2017/C, senão são passíveis de multa. A Decisão de Diretoria deve ser uma diretriz que não só norteie o responsável legal, mas todas as partes envolvidas, inclusive as empresas de consultoria.

Do ponto de vista científico os resultados que definem uma Avaliação Preliminar de qualidade, são as metodologias utilizadas na aquisição de dados e os bancos de dados utilizados. Diante disto, devem ser utilizados bancos de dados confiáveis como, por exemplo, informações de órgãos públicos, jornais, revistas, universidades e banco de dados de empresas. Informações históricas nem sempre são fáceis de serem encontradas ou nem sempre são públicas, o que dificulta a aquisição das mesmas, mas é muito importante que o responsável técnico conheça ou estude a fundo as características das atividades desenvolvidas na área, para que esteja habilitado a direcionar a sua pesquisa e identificar possíveis informações importantes e que ainda não foram disponibilizadas/esclarecidas.

Assim é essencial que o executor da Avaliação Preliminar obtenha os dados e tenha uma metodologia de organização e identificação. É ideal que os dados sejam analisados, e separados conforme a utilidade das informações obtidas. As informações devem proceder uma ordem cronológica com o intuito de facilitar as organizações dos fatos e interpretações futuras. O estudo de uma área varia no grau de complexidade, existem áreas onde a configuração passada e atual permanece intacta com o mesmo empreendimento ou uso, enquanto existem áreas que foram modificadas uma, ou várias vezes, com mudanças de layout ou com a ocupação por diferentes atividades com potencial de contaminação. Devido a isso, a sistemática de organização deve sempre ser obedecida para que não ocorram falhas que levem a interpretações errôneas, e que permitam quantificar as incertezas resultantes ao final da investigação.

As informações úteis, também, devem ser avaliadas e priorizadas, pois elas que permitirão a identificação das áreas fontes e fontes potenciais a serem consideradas no plano de amostragem. É essencial que as áreas de interesse definidas no plano de amostragem

tenham o modelo conceitual bem detalhado com uma identificação clara do que está sendo buscado, bem como o porquê de buscar naquele ponto. O modelo conceitual deve ser preciso na definição das hipóteses a respeito do "**volume de solo**" e do "**volume de água subterrânea**" potencialmente impactado pelas fontes potenciais de contaminação que existiram ou existem no local, pois este volume constitui-se na "**população**" de interesse para a amostragem destes meios, e o plano de amostragem deve ser definitivamente direcionado a selecionar "**alguns indivíduos**" desta população.

Se as incertezas identificadas na Avaliação Preliminar não permitirem a definição precisa ou da "**população de solo**" e/ou a "**população de água subterrânea**" com potencial de contaminação (associada às fontes potenciais), não poderão ser separados com precisão os elementos acima elencados. Assim, mais amostras deverão ser coletadas e devem ser utilizadas técnicas de varredura *screening*, que são estratégias com um custo-benefício mais vantajoso para coletar mais amostras e permitir um melhor delineamento dos volumes de solo e água subterrânea com maior probabilidade de estarem impactados, diminuindo as incertezas (CETESB, 2017). Quanto maior for o refinamento e aquisição de dados históricos, melhores serão definidos os Modelos Conceituais da Área de interesse e melhor será o Plano de Investigação Confirmatória.

Como a Avaliação Preliminar é a primeira etapa de investigação devem ser levantadas todas as hipóteses possíveis, pois essas informações direcionarão as etapas posteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Uma Investigação Confirmatória bem executada trará informações técnicas a respeito do meio físico contaminado identificando fontes primárias e secundárias para a matriz solo e água subterrânea. Trará também informações sobre o meio físico, as camadas hidroestratigráficas do solo, bem como uma ideia do movimento das águas subterrâneas e as zonas preferenciais de transporte. Identificará a presença de fase livre e sua dimensão, os contaminantes de interesse, os receptores impactados, o grau de contaminação e a possibilidade de intervenção.

Todas as técnicas de investigação devem ser utilizadas de maneira a minimizar incertezas, ou seja, devem ser aplicados métodos padronizados ou de boas práticas vigentes para execução das atividades.

A combinação dos resultados de uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória de qualidade trará o entendimento do contexto da contaminação e as incertezas associadas ao meio contaminado para que as etapas posteriores consigam ser gerenciadas de

forma segura e sem imprevistos. Desta maneira a Avaliação Preliminar e a Investigação Confirmatória não busca determinar as quantidades de contaminantes ou o risco que advém do meio contaminado, mas, sim, identificar a contaminação de forma segura e caracterização inicial do meio físico hidrogeológico.

5 ANÁLISE CRÍTICA

Diante das técnicas e métodos presentes no mercado de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória nota-se que para conseguir resultados qualificados e eficientes nestas etapas é necessário realizar uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória que sejam relacionadas, uma corroborando com os resultados da outra. Assim uma Avaliação Preliminar consistente com a correta definição de um Modelo Conceitual Inicial (MCA 1), facilita a elaboração do Plano de Amostragem, conseqüentemente, da execução da Investigação Confirmatória, isso minimiza os erros, falhas e incertezas futuras.

Riyis (2017) realizou um estudo comparativo entre técnicas de investigação utilizando métodos convencionais por três empresas, denominadas “A”, “B” e “C”, em uma mesma área contaminada, e nenhuma teve êxito no Gerenciamento da Área Contaminada. A área tinha apenas 1.888 m² e como atividade um posto de combustível.

Diante dos resultados ineficientes das empresas ficou demonstrado que as três empresas falharam em suas investigações e essas falhas provavelmente ocorreram em virtude de:

- Omissão ou Ineficiência na obtenção de informações que trazem incertezas a Avaliação Preliminar, como no levantamento de informações do meio físico ou não consideração de um meio físico heterogêneo.
- Ineficiência dos estudos preliminares, uma Avaliação Preliminar ineficiente sem avaliar o contexto histórico ou de produção, não identificando as fontes de contaminação e priorizando as zonas de interesse, conseqüentemente um plano de amostragem ineficiente.
- Modelos Conceituais das empresas não consideraram incertezas para agir com uma Estratégia mais abrangente, que utiliza métodos adicionais para obtenção de dados que direcionem o posicionamento das amostragens e as SQI's que devem ser consideradas para o plano de amostragem.

- Ineficiência na Investigação Confirmatória replicadas pelo Modelo Conceitual Inicial preliminar e aplicação de técnicas de investigação desapropriadas para coleta de solo, sem utilização de amostradores tubulares *liner* e sem a correta preservação das amostras voláteis (RIYIS, 2012).
- As consultorias não estavam voltadas à aplicação de técnicas e metodologias para entendimento e caracterização da contaminação, pelos seguintes motivos (RIYIS, 2012):
 - A consultoria A buscou resolver a questão burocrática atendendo complementações da CETESB;
 - As consultorias B e C focaram em realizar a remediação da área sem o correto entendimento da contaminação até mesmo sem identificar as fontes de contaminações ou a caracterização do meio físico.
- Possível limitação orçamentária por parte do Responsável Legal e/ou corroboração em realizar uma investigação voltada a resolver somente as pendências com o órgão regulador.

Este estudo mostrou que além das empresas terem falhado em suas investigações, elas demonstraram que desconheciam as boas práticas, as normas técnicas de investigação e de coleta de amostras, que são imprescindíveis e princípios básicos para uma empresa executora de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória.

O estudo comparativo entre técnicas convencionais e investigações de alta resolução para uma mesma área contaminada, apresentado por Finkler em 2018, mostrou que apesar da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória possuírem qualidade técnica, é possível que algumas incertezas no Modelo Conceitual da Área ainda existam.

Uma possível incerteza é a não constatação de fase livre em água subterrânea em pontos onde foi localizada a pluma de contaminação utilizando técnicas de alta resolução, isso evidencia que contaminações complexas, com mais de um contaminante e identificadas na Avaliação Preliminar devem ser encaradas como incertezas na elaboração do Modelo Conceitual Inicial. No estudo Finkler (2018) têm duas hipóteses de explicação deste acontecimento: ou a pluma foi deslocada, hipótese menos provável, ou o contaminante está na forma de fase adsorvida.

Porém este fato pode ter sido ocasionado por um comportamento distinto do formato das plumas explicado por dispersão natural no aquífero devido à mistura de contaminantes

no meio físico e por uma não identificação de todas as fontes de contaminação na Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória.

Sendo assim, contaminações com mais de um contaminante devem considerar na elaboração do plano de amostragem que cada fonte de contaminação deve ser identificada para facilitar o entendimento do contexto de contaminação.

Outra comparação foi desenvolvida por um estudo sobre as tecnologias de investigação ambiental em alta resolução para um estudo de caso em Duque de Caxias, RJ, por Milani (2017). Neste ocorreu um refinamento do modelo conceitual a partir do uso de investigação passiva de vapores do solo e investigação com uso de tecnologia MIP, que são tecnologias de alta resolução.

A área, inicialmente, foi investigada por métodos convencionais e não conseguiu ter sucesso em seu diagnóstico para compreender os aspectos físicos e geoquímicos da área de interesse para as etapas de remediação. A partir dos resultados das investigações convencionais ficou evidente que era inviável continuar com as investigações, pois iria apresentar muitos erros e incertezas e seria impossível prever a quantidade de sondagens e instalação de poços de monitoramento adicionais para refinar o Modelo Conceitual. Desta maneira, foram necessárias mais duas investigações de alta resolução na área para se obter um modelo conceitual sólido (MILANI, 2017).

Como resultado das investigações de alta resolução, Milani (2017) concluiu que a utilização das técnicas de alta resolução para a obtenção de informações primordiais de delimitação horizontal e vertical da pluma de contaminação, foram determinantes para se obter um modelo conceitual representativo da área de interesse. Além disso, a geologia e hidrogeologia locais foram obtidas com qualidade para determinação de espessura de camadas, litotipos, aspectos composicionais, aspectos genéticos, níveis do aquífero e condutividades hidráulicas.

Apesar de realizar duas etapas adicionais de investigação de alta resolução no estudo de Milani (2017), as mesmas foram necessárias devido à complexidade do grau de contaminação do meio físico que continha cinco *hot-spots* e presença de LNAPL não identificado anteriormente.

Ficou evidente, por este estudo, que por mais que a Avaliação Preliminar e a Investigação Confirmatória tiveram resultados confirmadores da contaminação, os mesmos não foram válidos para etapas posteriores, e o resultado das técnicas de alta resolução

mostrou que a etapa de investigação convencional poderia até ser descartada ou não realizada, mostrando ser um gasto dispendioso de tempo e financeiro.

Outro estudo desenvolvido por Riyis (2019) avaliou a utilização das técnicas HRSC priorizando a elaboração de metodologias aplicadas à realidade brasileira especificamente para o meio físico hidrogeológico. Neste é enfatizado que as condições ambientais brasileiras são distintas dos países do norte, que é onde as tecnologias foram desenvolvidas, e desta maneira as investigações de alta resolução devem ser adequadas a realidade, para minimizar o custo de investigação e aquisição de tecnologias.

Neste estudo de Riyis (2019) não houve uma corroboração de dados de uma Avaliação Preliminar com a Investigação Confirmatória, porém as técnicas de investigação utilizadas podem auxiliar e muito para o gerenciamento de incertezas levantadas na Avaliação Preliminar, adequando as investigações à realidade Brasileira.

As técnicas de investigação de alta resolução utilizadas por Riyis (2019) são: Amostragem de Solo de Perfil Completo (ASPC), Caixa Preta de Luz UV-A, Varredura Vertical de VOCs com Aquecimento em Campo (VWVAC) e Perfilador Vertical do Aquífero (PVA). Todas as técnicas tiveram resultados semelhantes em qualidade e entendimento da contaminação, e mostraram-se eficientes quando comparadas com as técnicas de alta resolução empregadas nos países do hemisfério norte, porém não auxiliam muito no entendimento do meio físico, ainda mais tendo em vista os volumes dos aquíferos e solos a serem caracterizados. A vantagem destas técnicas é que são menos custosas e não dependem de tecnologia importada de outros países para ser adquirida.

Uma desvantagem da utilização da abordagem da metodologia de Riyis (2019) é que ela foi desenvolvida baseada em uma área contaminada onde as fontes já foram identificadas, sendo assim estas metodologias terão que ser testadas em áreas onde não foram identificadas as fontes de contaminação para poder comprovar sua eficiência neste cenário.

Conforme discutido anteriormente, em áreas complexas, isto é, áreas que possuem uma complexidade maior para obtenção de dados, o mais comum é que ao final da Avaliação Preliminar permaneçam incertezas sobre a identificação de todas as fontes de contaminação, que devem ser consideradas no Plano de Amostragem para Investigação Confirmatória. Normalmente em uma Avaliação Preliminar é comum que sejam obtidas informações suficientes de parte da área e informações incompletas ou de menor qualidade de outras partes. Por este motivo, é necessário que sejam coletadas mais amostras na Investigação Confirmatória das áreas com informações de pior qualidade, ou o uso de métodos de análise

em tempo real, e métodos de obtenção rápida de amostras, como as descritas por Riyis (2019).

Para definir se uma área é contaminada ou não, durante a Investigação Confirmatória, é necessário coletar amostras utilizando métodos precisos e realizar análises químicas em laboratórios confiáveis, além disso, é importante utilizar técnicas descritas por Riyis (2019) para direcionar a coleta de amostras a serem usadas para tomar a decisão a respeito da existência de contaminação ou não. O custo destas abordagens pode acabar sendo semelhante, ou de pouca diferença se for levado em conta os resultados obtidos com uma investigação por métodos convencionais mecanizados.

Ficou evidente através dos estudos relatados que para obter uma Avaliação Preliminar e uma Investigação Confirmatória de qualidade é necessário realizar um estudo preliminar minucioso de detalhe, identificando as fontes de contaminação para gerir corretamente as incertezas do plano de amostragem e o Modelo Conceitual preliminar da área.

A partir da etapa inicial e do nível de incerteza gerado, deve ser definido e executado o plano de amostragem com técnicas e métodos de investigações de qualidade e que minimizem erros para Avaliação Confirmatória. Além disso, quando incertezas são levantadas na Avaliação Preliminar, métodos adicionais devem ser utilizados para refinamento do Modelo Conceitual afim de identificar as fontes potenciais de contaminação que não puderam ser identificadas na primeira etapa.

Deve ser ressaltado, mais uma vez, que a Avaliação Preliminar e a Investigação Confirmatória são as etapas iniciais dos trabalhos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Um profissional com alguma experiência, em uma área com potencial de contaminação, consegue confirmar a presença de alteração de qualidade, mesmo com uma Avaliação Preliminar incompleta, seguir o sequenciamento das demais etapas de Gerenciamento e realizar a Investigação Confirmatória nas etapas posteriores. Deste modo, é de suma importância que além da confirmação da contaminação nestas duas etapas, tenha um completo conhecimento das atividades desenvolvidas e que seja realizada uma avaliação de cada fonte potencial que operou no local, e posteriormente, seguir um direcionamento correto do Gerenciamento da Áreas.

Outro fator importante que deve ser considerado nas etapas iniciais de investigação é que se um Modelo Conceitual Inicial apresentar falhas, antes da realização da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória, e estas falhas persistirem após a execução dessas etapas, é imprescindível que tenha um novo ciclo subsequente de Avaliação Confirmatória

podendo ser executado até junto da Avaliação Detalhada com o intuito de minimizar os erros e gerenciar as incertezas.

Uma Investigação Confirmatória em duas etapas é interessante para áreas onde se tem a confirmação da contaminação, porém possui resultados ineficientes para as etapas subsequentes de investigação ambiental. Esta tese é corroborada pelo estudo de Milani (2017) em que a contaminação foi identificada inicialmente por uma Avaliação Confirmatória, porém é necessária uma etapa subsequente de investigação para conseguir um melhor entendimento da contaminação que era determinante para realizar as etapas subsequentes de investigação.

Sendo assim, quando os objetivos da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória não forem obtidos, é interessante que sejam efetuadas etapas adicionais a elas para alcançar seus objetivos, que são: encontrar a contaminação e os focos de contaminação em uma área, ou de confirmar a não contaminação de uma área.

Outro ponto interessante que poderia ser levado em consideração na Investigação Confirmatória, que minimizaria os erros e ajudaria a gerenciar incertezas, são a investigação e coleta de amostra de vapores do solo. Nos estudos descritos acima houveram algumas áreas que utilizaram destas técnicas e tiveram resultados interessantes que auxiliaram na interpretação da contaminação, bem como no direcionamento da coleta e amostragem de solo e água subterrânea.

Assim, uma investigação confirmatória com investigação de vapores do solo junto com investigação de solo e água subterrânea se mostra com mais eficiência e com maior qualidade do que somente uma investigação de solo e água subterrânea. Porém é importante para aplicação desta técnica que sejam definidos Valores Orientadores de Intervenção para vapores no solo para estabelecer os critérios de qualidade a serem tomados.

Muitas falhas e investigações de baixa qualidade acontecem devido à baixa qualidade técnica das investigações, ou sendo por parte das consultorias ambientais ou por parte dos prestadores de serviços desta área. Sendo assim, para minimizar estas falhas seria interessante que o órgão ambiental incluísse algumas obrigações aos prestadores de serviço e consultores de maneira a gerir e diminuir os erros.

Dentro desta premissa deveriam ser desenvolvidas metodologias básicas que qualquer investigação deveria de ter, como se fosse o mínimo de estudos que deveriam ser realizados para uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória. Tendo definido o mínimo de

estudos exigidos, deveriam ser impostas penas administrativas aos infratores que não cumprirem essa exigência.

Deste modo, a Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória seriam melhores executadas se buscarem alcançar os objetivos determinados e não somente procurar atender os órgãos ambientais ou a benefício de realizar todas as etapas de investigação da área contaminada.

Os recursos financeiros podem ser um grande comprometedor da investigação metodológica científica de maior qualidade, porém se regras administrativas forem impostas estas farão com que tanto responsável legal quanto responsável técnico e colaboradores executem investigações de qualidade técnica aceitável.

Tendo em vista que o mercado de Gerenciamento de Áreas Contaminadas possui empresas de todos os portes, técnicas e experiências, pode ser considerado como um mecanismo importante para elevar o nível técnico do GAC a inclusão de penas administrativas.

Além da inclusão de responsabilidade para prestadores de serviços seria interessante iniciar um processo de certificação das empresas prestadoras de serviço. As certificações poderiam ser tanto na elaboração de estudos para a Avaliação Preliminar quanto nas metodologias a serem empregadas na Investigação Confirmatória e elaboração de seus relatórios. A certificação garante a qualidade das informações e a aplicação das metodologias impostas, assim como, funciona nos laboratórios de análises químicas em que para cada conjunto de análises possui metodologias predefinidas que devem ser aplicadas para garantir o melhor resultado.

Porém não é simples iniciar uma certificação em uma área de conhecimento, pois é necessário definir metodologias e estudos a serem padronizados que levam tempo a serem implantados. Assim, a certificação pode ser um caminho para um médio a longo prazo do Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

Uma forma de auxiliar o Responsável Legal perante a contratação de consultores, responsáveis técnicos e prestadores de serviços do Gerenciamento de Áreas Contaminadas seria a elaboração de um cadastro de desempenho dos prestadores de serviço com acesso público. Seria um cadastro objetivo dizendo estatística de aprovações de relatórios de cada etapa do GAC, bem como qualificações e cursos dos profissionais e empresas envolvidos, para assim não favorecer somente as empresas com experiência no mercado que detém de maiores serviços prestados.

A elaboração, por parte dos órgãos ambientais, de vídeos e cartilhas específicos voltados ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas e a problemática dos custos do GAC podem também auxiliar a elucidação do Responsável Legal.

É sabido que quanto melhor for executada a Avaliação Preliminar e uma Investigação Confirmatória, melhores serão as etapas posteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, por consequência o investimento global nos estudos será menor do que quando se tem incertezas e ineficiências nos estudos, além de menores os retrabalhos e menores os impactos ambientais.

Diante disso, com o objetivo de inibir a apresentação de trabalhos incompletos aos órgãos reguladores, foi proposta uma Lista de Checagem de Conteúdo, atrelada ao termo de Responsabilidade com informações mínimas que os relatórios de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória apresentados aos órgãos reguladores devem conter, elaborada em consonância com as diretrizes definidas nos procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas definidos pelo Estado de São Paulo por meio da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, para obter estudos com melhor qualidade técnica, minimizando incertezas e falhas, e auxiliar o Órgão Regulador a não receber documentos incompletos sem as devidas justificativas.

5.1 Lista de Checagem do Conteúdo do Relatório de Avaliação Preliminar

1. () Levantamento de informações básicas sobre imóvel.

1.1. Localização:

() sim () não.

1.2. Coordenadas geográficas UTM (SIRGAS 2000) obtidas no centro da área:

() sim () não.

1.3. Pesquisa em mapas antigos e outras fontes de informação sobre alteração da identificação do logradouro:

() sim () não.

2. Consulta à Junta Comercial com a Identificação das atividades/empresas registradas que ocuparam o imóvel:

☐ sim ☐ não.

3. Cópia atualizada da matrícula do imóvel:

☐ sim ☐ não.

4. Identificação das empresas que ocuparam o imóvel com a obtenção das seguintes informações:

4.1. Razão Social:

4.2. CNPJ:

4.3. Atividades:

4.4. Classificação CNAE:

4.5. Período em que Ocuparam o Imóvel:

☐ sim ☐ não.

Observação 1: Os itens acima devem ser repetidos para cada uma das atividades/empresas identificadas na área.

Observação 2: os itens de 1 a 4 são obrigatórios. Qualquer apontamento de não, deve levar à recusa do relatório.

5. Foram identificadas todas as empresas e atividades desenvolvidas na área:

☐ sim ☐ não, Justificar: _____

6. Levantamento do uso e ocupação do solo atual em um raio de 500 m da área investigada com a identificação:

6.1. Áreas Classificadas como Contaminadas no Entorno

6.2. Áreas com Potencial de Contaminação identificadas no Entorno.

6.3. Poços de Abastecimento Cadastrados identificados no Entorno

☐ sim ☐ não.

Observação3: Este item obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

7. Levantamento de informações sobre o histórico de ocupação da área e atividades desenvolvidas. O Item 7 deve ser preenchido repetidas vezes para cada diferente ocupação e atividade desenvolvida em cada uma delas.

7.1. Razão Social:

7.1.1. Dados de investigações geotécnicas realizadas na implantação do empreendimento:

() sim () não, Justificar:_____

7.1.2. Descrição detalhada das atividades atuais e dos processos produtivos desenvolvidos **atualmente** na área com a identificação das informações definidas no 4.1.3.1 (a), ou (b), ou (c) ou (d) ou (e) da Decisão de Diretoria nº038/2017/C:

() sim () não.

Observação 4: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

7.1.3. Descrição detalhada das atividades atuais e dos processos produtivos desenvolvidos **passado** na área com a identificação das informações definidas no 4.1.3.1 (a), ou (b), ou (c) ou (d) ou (e) da Decisão de Diretoria nº038/2017/C:

()sim () não, Justificar:_____

7.1.4. Planta da área do empreendimento com a **localização** das **áreas fonte e fontes potenciais** a ela associadas e das áreas onde há incerteza sobre a existência de áreas fonte, levando em consideração as incertezas das diferentes épocas contempladas no levantamento histórico:

() sim () não.

Observação 5: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

7.1.5. Existe poço de abastecimento na área:

() sim () não.

7.1.5.1. A localização e o perfil construtivo dos poços de abastecimento de água existentes no local, o número de cadastro no DAEE e a apresentação dos laudos analíticos relativos ao controle de qualidade da água captada:

☐ sim ☐ não.

Observação 6: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

7.1.6. Levantamento de informações coletadas em inspeções de reconhecimento:

☐ sim ☐ não.

Observação 7: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

7.1.7. Levantamento de informações coletadas em entrevistas com proprietários, funcionários e moradores do entorno:

☐ sim ☐ não.

Observação 8: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

8. Levantamento e Interpretação aerofotogramétrico temporal:

☐ sim ☐ não.

Observação 9: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

9. Levantamento de informações coletadas em inspeções de reconhecimento:

☐ sim ☐ não.

Observação 10: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

10. Desenvolvimento do Modelo Conceitual 1 para a área, considerando as informações disponíveis e incertezas resultantes dos dados obtidos sobre o histórico de utilização da área:

☐ sim ☐ não, se sim classifique-o:

☐ MCA 1A

☐ MCA 1B

- ☐ MCA 1C
- ☐ MCA 1A e 1B
- ☐ MCA 1A e 1C
- ☐ MCA 1A, 1B e 1C
- ☐ MCA 1B e 1C

Observação 11: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

11. Plano de Investigação Confirmatória (considerando os modelos conceituais apontados acima):

☐ sim ☐ não.

Observação 12: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

11.1. Indicação em planta dos pontos de amostragem para cada área fonte, que deverão estar associados a todas as fontes potenciais de contaminação e a todos os locais com indícios de contaminação:

☐ sim ☐ não.

Observação 13: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

11.2. Indicação e Justificativa dos procedimentos adotados para gerenciar as incertezas resultantes para os locais ou áreas onde o levantamento histórico sobre a existência de fontes de contaminação não possibilitou a obtenção de informações suficientes:

☐ sim ☐ não.

Observação 14: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

11.3. Apresentação das justificativas para a seleção das substâncias químicas de interesse a serem determinadas e dos meios a serem amostrados, para a definição da posição e do número de pontos de amostragem, para a determinação das profundidades de amostragem, para o estabelecimento dos parâmetros a serem determinados e para a especificação dos métodos de investigação a serem empregados com discussão entre grupos de contaminantes e famílias químicas laboratoriais:

☐ sim ☐ não.

Observação 15: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

Declaração de Responsabilidade

(Nome e CPF do Responsável Legal), em conjunto com (Nome e CPF do Responsável Técnico), declaram, sob as penas da lei e de responsabilização administrativa, civil e penal, que todas as informações prestadas à CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no Relatório de Avaliação Preliminar e a Lista de Checagem acima, são verdadeiras e contemplam integralmente as exigências estabelecidas pela CETESB e se encontram em consonância com o que determinam o regulamento da Lei nº 13.577/2009, aprovado pelo Decreto nº 59.263/2013, e os Procedimentos para Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas aprovado em Decisão de Diretoria da CETESB, publicada no Diário Oficial do Estado no dia __.__.____.

Declaram, ainda estar cientes de que os documentos e laudos que subsidiam as informações prestadas à CETESB poderão ser requisitados a qualquer momento, durante ou após a implementação do procedimento previsto no documento Procedimentos para Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas, para fins de auditoria.

Data:

Responsável Técnico:

Nome

CPF

Responsável Legal:

Nome

CPF

O artigo 69-A da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais) estabelece: “Elaborar ou apresentar, no licenciamento, concessão florestal ou qualquer outro procedimento administrativo, estudo, laudo ou relatório ambiental total ou parcialmente falso ou enganoso, inclusive por omissão:

Pena - reclusão, de 3 (três) a 6 (seis) anos, e multa.

§ 1º Se o crime é culposo: Pena - detenção, de 1 (um) a 3 (três) anos.

§ 2º A pena é aumentada de 1/3 (um terço) a 2/3 (dois terços), se há dano significativo ao meio ambiente, em decorrência do uso da informação falsa, incompleta ou enganosa”.

5.2 Lista de Checagem do Conteúdo do Relatório de Investigação Confirmatória

1. O Relatório de Avaliação Preliminar já foi apresentado ou foi entregue em conjunto com este relatório de Investigação Confirmatória:

☐ sim ☐ não.

Observação 1: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

2. A investigação confirmatória foi executada total conformidade com o plano de investigação desenvolvido na avaliação preliminar:

☐ sim ☐ não, caso a resposta for **sim** ir para o item 3.

- 2.1. Caso a resposta na questão anterior tenha sido **não**, todas as eventuais alterações do Plano de Investigação Confirmatória, foram especificadas, descritas e técnica e cientificamente justificadas: ☐ sim ☐ não.

Observação 2: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

3. Foi identificada a existência de perigo durante a investigação:

☐ sim ☐ não, caso a resposta for **não** ir para o item 4.

- 3.1. Caso a resposta na questão anterior tenha sido **sim**, consta no relatório a comunicação efetuada a CETESB sobre esta ocorrência:

☐ sim ☐ não.

Observação 3: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4. Itens que devem constar do relatório de Investigação Confirmatória:

- 4.1. Planta da área do empreendimento com a **localização** das **áreas fonte e fontes potenciais** a ela associadas e das áreas onde há incerteza sobre a existência de áreas fonte, levando em consideração as incertezas das diferentes épocas contempladas no levantamento histórico:

☐ sim ☐ não.

Observação 4: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.2. Texto com justificativa do posicionamento dos pontos de investigação e de coleta das amostras de solo e água subterrânea, além de outros meios que possam ter sido amostrados:

☐ sim ☐ não.

Observação 5: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.3. Descrição Detalhada dos métodos de investigação e amostragem utilizados:

☐ sim ☐ não.

Observação 6: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.4. Os métodos de coletas de amostra e as técnicas de investigação utilizadas estão de acordo com o que estabelecem o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e as normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas às técnicas de investigação:

☐ sim ☐ não.

Observação 7: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.5. Foi apresentado o perfil de cada sondagem realizada, especificando:

4.5.1. Descrição e indicação da litologia e/ou materiais observados e espessura dessas camadas.

4.5.2. Descrição das unidades hidroestratigráficas identificadas.

4.5.3. Profundidade do nível d'água.

4.5.4. Resultados de medições realizadas em campo.

4.5.5. Indicação das profundidades de amostragem para análises químicas e para determinação das propriedades físicas do meio.

☐ sim ☐ não.

Observação 8: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.6. Texto contendo a descrição da geologia, pedologia e hidrogeologia local:

☐ sim ☐ não.

Observação 9: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.7. Os poços de monitoramento foram construídos e instalados em conformidade com as diretrizes definidas na Norma ABNT NBR 15495 Parte 1 e Parte 2:

☐ sim ☐ não.

Observação 10: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.8. Foram apresentados os Perfis construtivo dos poços de monitoramento instalados, especificando:

4.8.1. Data e hora de início e de conclusão da construção do poço.

4.8.2. Identificação do poço de monitoramento.

4.8.3. Método de perfuração.

4.8.4. Fluidos utilizados (se aplicável).

4.8.5. Avaliação da retidão e inclinação da perfuração.

4.8.6. Descrição do método/equipamento de amostragem do solo para descrição litológica.

4.8.7. Recuperação das amostras de solo.

4.8.8. Descrição e posicionamento vertical das litologias/materiais atravessados.

4.8.9. Diâmetro da perfuração.

4.8.10. Diâmetro do revestimento do poço.

4.8.11. Profundidade de instalação.

4.8.12. Tubo de revestimento: material e comprimento.

4.8.13. Tubo filtro: material, profundidade, comprimento, tipo e abertura das ranhuras comprimento do tubo filtro.

4.8.14. Pré-filtro: extensão, metodologia de posicionamento, material utilizado, granulometria (D-30, D-60 e D-10).

4.8.15. Selo anular: material, extensão, método de posicionamento.

4.8.16. Calda de preenchimento: material, composição, profundidade, extensão, volume (calculado e real), método de posicionamento.

4.8.17. Desenvolvimento: método usado, data e hora de início e de conclusão.

4.8.18. Vazão de água produzida com rebaixamento máximo de 25 cm à partir do topo do tubo filtro.

☐ sim ☐ não.

Observação 11: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.9. Tabela com os seguintes dados relativos ao monitoramento dos poços de monitoramento:

4.9.1. Profundidade do nível da água subterrânea.

4.9.2. Profundidade da detecção de produto em fase livre.

4.9.3. Altura da coluna de fase livre.

4.9.4. Cota topográfica dos poços.

4.9.5. Cargas hidráulicas.

4.9.6. Condutividade hidráulica.

() sim () não.

Observação 12: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.10. Mapa Potenciométrico com indicação da direção de fluxo da água subterrânea:

() sim () não,

Observação 13: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.11. Interpretação dos resultados das análises químicas das amostras coletadas, com a indicação dos valores utilizados como base para tomada de decisão e a representação das concentrações das substâncias químicas de interesse em planta e seções:

() sim () não.

Observação 14: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.12. Laudos analíticos devidamente assinados pelo profissional responsável pelas análises, com a indicação da razão social do laboratório e os números identificadores dos laudos analíticos, identificação do local da amostragem e do ponto de coleta:

() sim () não.

Observação 15: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.13. Laudos analíticos das amostras de solo e águas subterrâneas e outros materiais avaliados estão de acordo com o definido na Norma ISO – IEC 17025, com a identificação do local onde foi coletada a amostra (nome e endereço), o ponto de amostragem, as datas em que as amostras foram coletadas e a extração e a análise foram realizadas, os métodos analíticos adotados, os fatores de diluição, os limites

de quantificação, os resultados do branco de laboratório, da recuperação de traçadores (*surrogate*) e da recuperação de amostra padrão:

☐ sim ☐ não,

Observação 16: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.14. Cadeias de custódia e ficha de recebimento de amostras emitida pelo laboratório:

☐ sim ☐ não.

Observação 17: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.15. Os procedimentos de amostragem e análises químicas estão em conformidade com o disposto na Resolução SMA nº 100, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 22.10.2013, e na Decisão de Diretoria Nº 310/2014/E/C/I, de 21 de outubro de 2014.

☐ sim ☐ não.

Observação 18: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.16. Atualização do Modelo Conceitual, gerando o Modelo Conceitual 2 (MCA 2):

☐ sim ☐ não,

Observação 19: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

4.17. Identificação e georreferenciamento dos poços e as nascentes utilizadas para abastecimento de água que existam na área do empreendimento, acompanhados dos resultados analíticos das análises químicas das amostras de água coletadas nestes pontos:

☐ sim ☐ não,

Observação 20: Este item é obrigatório, recusar o relatório se a resposta for não.

Declaração de Responsabilidade

(Nome e CPF do Responsável Legal), em conjunto com (Nome e CPF do Responsável Técnico), declaram, sob as penas da lei e de responsabilização administrativa, civil e penal, que todas as informações prestadas à CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no Relatório de Avaliação Preliminar e a Lista de Checagem acima, são verdadeiras e contemplam integralmente as exigências estabelecidas pela CETESB e se encontram em consonância com o que determinam o regulamento da Lei nº 13.577/2009, aprovado pelo

Decreto nº 59.263/2013, e os Procedimentos para Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas aprovado em Decisão de Diretoria da CETESB, publicada no Diário Oficial do Estado no dia _____._____.

Declaram, ainda estar cientes de que os documentos e laudos que subsidiam as informações prestadas à CETESB poderão ser requisitados a qualquer momento, durante ou após a implementação do procedimento previsto no documento Procedimentos para Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas, para fins de auditoria.

Data:

Responsável Técnico:

Nome

CPF

Responsável Legal:

Nome

CPF

O artigo 69-A da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais) estabelece: “Elaborar ou apresentar, no licenciamento, concessão florestal ou qualquer outro procedimento administrativo, estudo, laudo ou relatório ambiental total ou parcialmente falso ou enganoso, inclusive por omissão:

Pena - reclusão, de 3 (três) a 6 (seis) anos, e multa.

§ 1º Se o crime é culposo: Pena - detenção, de 1 (um) a 3 (três) anos.

§ 2º A pena é aumentada de 1/3 (um terço) a 2/3 (dois terços), se há dano significativo ao meio ambiente, em decorrência do uso da informação falsa, incompleta ou enganosa”.

6 CONCLUSÃO

Diante do cenário atual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas vemos que o processo de comercialização em conjunto com a falta de comprometimento do responsável legal e técnico perante com a Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória interferem diretamente nos investimentos realizados em todas as etapas do GAC. O responsável legal busca restringir seus investimentos nesta fase somente para com a finalidade de obrigatoriedade de resposta para com o órgão competente. Assim as investigações são

realizadas com técnicas limitadas ao orçamento em que o responsável técnico tem em mãos e não em relação a técnica científica que retornaria a melhor compreensão do meio contaminado.

Cientificamente para obter uma Avaliação Preliminar de qualidade devemos focar na confiabilidade e qualidade da base de dados disponíveis, bem como da organização dos dados com conhecimento técnico do responsável técnico que deve ter experiência e metodologia científica para realizar o levantamento das informações preliminares e interpreta-las.

Para a Investigação Confirmatória algumas técnicas convencionais mecanizadas são capazes de identificar e quantificar contaminações porém nem sempre com qualidade que faça com que remediações sejam bem sucedidas, eficientes ou mais rápidas. Desta maneira as técnicas de investigação de alta resolução são as mais indicadas para se obter um Modelo Conceitual com maior qualidade e quantidade de dados.

Porém não se vale de nada ter métodos de investigação de alta resolução e desconhecimentos de uso das técnicas, boas práticas e normas técnicas para execução dos trabalhos, bem como ter um Modelo Conceitual mal fundamentado e com incertezas.

É imprescindível, para um bom retorno sobre os estudos, que o meio físico esteja definido com suas camadas hidroestratigráficas, hidrogeologia e caracterização devido que estes dados definirão e auxiliarão as interpretações atuais e futuras da evolução da contaminação. Este evento é previsto na Decisão de Diretoria nº 038/2017/C, porém na maioria dos casos não ocorre desta maneira, pois a caracterização hidroestratigráfica normalmente ocorre simultaneamente as sondagens e instalação de poços de monitoramento, que ocasionam em estudos ineficientes, na maioria dos casos.

Cientificamente as metodologias de investigação de alta resolução são as mais indicadas, na maioria dos casos, para se obter melhores resultados de uma área contaminada, conseqüentemente melhor será o Modelo Conceitual. Por mais que são mais custosas do que os métodos convencionais retornam, na maioria, dos casos Modelos Conceituais mais sólidos e eficientes.

É muito importante então analisar as incertezas associadas a Avaliação Preliminar para definir a correta estratégia de Investigação Confirmatória, devem ser consideradas incertezas sobre as fontes potenciais de contaminação, heterogeneidade do meio contaminado, substâncias químicas de interesse, e outras.

Diante deste cenário, fica evidente que para obter os objetivos da Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória consistente dependemos de aplicação de boas

técnicas de interpretação e organização de informações, não esquecendo de avaliar nenhum dos documentos essenciais para desenvolver um plano de amostragem com menor nível de incertezas e, assim, definir os melhores métodos e técnicas para realizar a investigação. Além disso, os responsáveis técnicos devem ter experiência, para facilitar o entendimento dos estudos.

Um grande desafio para conseguir implantar técnicas de investigação de qualidade é conseguir demonstrar para o Responsável Legal que o investimento nestas etapas iniciais não devem ser reduzidos devido que impactam significativamente nas etapas futuras que podem ser mal interpretadas ou mal definidas devido a erros da Avaliação Preliminar. E que isso ocasiona em um custo maior de investigação das etapas futuras, que são as que mais tem custo associado.

Diante destes fatores apresentados a comercialização de uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória fica, quase que sempre, condicionada ao custo de realização e execução da mesma, fazendo com que o Responsável Legal opte, na maioria dos casos, por realizar estas etapas com o menor orçamento obtido.

O posicionamento das consultorias também deve ser revisto afim de corroborar com emprego de técnicas de qualidade e não somente com a finalidade de ganhar o cliente para realizar todas as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, dessa maneira é interessante a imposição de regras administrativas para com as consultorias ou responsáveis técnicos para minimizar estes erros ou a implantação de certificações.

Devido a estes posicionamentos é importante que o Responsável Técnico e consultorias, que são os comerciantes, saibam demonstrar o quão é importante a Avaliação Preliminar e a Investigação Confirmatória, para com as etapas posteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, fazendo com que o Responsável Legal consiga visualizar os benefícios que uma etapa inicial bem realizada pode trazer para com o estudo do Gerenciamento de Áreas Contaminadas em sua totalidade. Isto, trará como resultados uma investigação global mais eficiente, de maior qualidade e mais rápida de ser obtida, consequentemente um menor custo global dos estudos. Além disso, a recuperação do meio ambiente é obtida mais rapidamente, bem como os impactos aos receptores e os bens a proteger.

Diante dos problemas evidenciados nas Avaliações Preliminares e Investigações Confirmatórias foi proposto, ao final deste trabalho, uma lista de checagem atrelada ao termo de Responsabilidade com informações mínimas que os relatórios de Avaliação Preliminar e

Investigação Confirmatória apresentados aos órgãos reguladores devem conter, elaborada em consonância com as diretrizes definidas nos procedimentos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas definidos pelo Estado de São Paulo por meio da Decisão de Diretoria nº 038/2017/C/E.

A implantação da Lista de Checagem tende filtrar o mínimo de informação que estas etapas devem ter, fazendo que tanto o consultor ou responsável técnico quanto o responsável legal verifiquem a qualidade técnica mínima exigida para uma Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória seja aceita.

Além de fazer com que sejam aplicadas técnicas mínimas para uma correta Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória a Lista de Checagem facilita a análise, entendimento e gestão dos órgãos fiscalizadores, bem como pode ser utilizado para aplicação de multas ou penalidades.

7 BIBLIOGRAFIA

AMBIENTAL, ECD. **RCPTu (Piezocone de Resistividade) - Esclarecimentos**. 2013. Disponível em: [http://www.ecdambiental.com.br/2013/02/rcptu-piezocone-de-resistividade.html#:~:text=O%20ensaio%20de%20Piezocone%20de%20Resistividade%20\(RCPTu\)%20adiciona%20um%20sensor,no%20aqu%C3%ADfero%2C%20por%20exempl o\)..](http://www.ecdambiental.com.br/2013/02/rcptu-piezocone-de-resistividade.html#:~:text=O%20ensaio%20de%20Piezocone%20de%20Resistividade%20(RCPTu)%20adiciona%20um%20sensor,no%20aqu%C3%ADfero%2C%20por%20exempl o)..) Acesso em: 28 out. 2020.

AMBIENTAL, Finkler. **Técnica de Investigação de Alta Resolução MIP, HPT e OIP no Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Vinhedo: Finkler Ambiental, 2018. Color. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/palestras_workshop_p2.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

ANDREAS MARKER. Caixa Econômica Federal. **Avaliação Ambiental de Terrenos com Potencial de Contaminação: Gerenciamento de Riscos em Empreendimentos Imobiliários**. Brasília, 2010.

AQUINO NETO, Vicente de. **Técnicas de Investigação de Áreas Contaminadas**: aula 13. São Paulo: Gestão Em Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields, 2019. 31 slides, color.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16.210 - **Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR15.515-1 – **Parte 1 – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Avaliação Preliminar**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR15.515-2 – **Parte 2 – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Investigação Confirmatória**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO DE COMBATE AO POLUENTES (ACPO). **Caso Rhodia**: Breve Histórico. 2020. Disponível em: <https://acpo.org.br/caso-rhodia/breve-historia/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

BRASIL. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE (org). **CATÁLOGO DE GEOSERVIÇOS**. 2008. Disponível em: <<https://www.inde.gov.br/CatalogoGeoservicos>> Acesso em: 08 jun. 2020.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil - SGB (org.). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. 2006. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria 103/2007/C/E**. São Paulo. 2007.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria 263/2009/P**. São Paulo. 2009.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas**, 1999.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC)**. Anexo IV da Decisão de Diretoria 010/2006/C. São Paulo, 2006a.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 038/2017/C de 07 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “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. São Paulo. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Indústrias Reunidas Matarazzo – Município de São Caetano do Sul.** 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/2013/11/22/187/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução 420/09, de 28 de dezembro 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. Data da legislação: 28/12/2009 - Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Legislação Federal.

CRUMBLING, Deana M. **Summary of Triad Approach.** U.S. Environmental Protection Agency Office of Superfund Remediation and Technology Innovation: Superfund Triad Support Team. 2004. Disponível em <<http://www.combling.com/ref/doc/comblingsummary.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

FINKLER, Guilherme Consul. **Uso de Técnicas Investigativas Convencionais e de Alta Resolução Aplicadas na Elaboração de um Modelo Conceitual de uma Área Contaminada Por Hidrocarbonetos.** Pouso Alegre, 2018.

HERCULANO, Selene. Exposição a riscos químicos e desigualdade social: o caso do HCH (hexaclorociclohexano) na Cidade dos Meninos, RJ. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: Riscos Coletivos - Ambiente e Saúde**, Curitiba, v. 5, p. 61-71, 2002. Disponível em: http://www.professores.uff.br/seleneherculano/wp-content/uploads/sites/149/2017/09/Exposi%C3%A7%C3%A3o_a_riscos_qu%C3%ADmicos_na_A_CIDADE_DOS_MENINOS_E_A_EXPOSI%C3%87%C3%83O_AO_HCH_2003.pdf. Acesso em: 27 abr. 2020.

ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2015. **Integrated DNAPL Site Characterization and Tools Selection (ISC-1).** Washington, D.C.: Interstate Technology

&Regulatory Council, DNAPL Site Characterization Team. Disponível em: <www.itrcweb.org/DNAPL-ISC_tools-selection>. Acesso em: 06 jul. 2020.

MILANI, Mariana Gava. **Estudo de tecnologias de investigação ambiental em alta resolução para refinamento do modelo conceitual - Estudo de caso: Duque de Caxias, RJ.** 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana e Ambiental, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

RIYIS, Marcos Tanaka et al. **Avaliação das falhas no modelo conceitual de uma área contaminada utilizando investigação com métodos convencionais.** Revista Interfac EHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 12, n. 1, 2017.

RIYIS, Marcos Tanaka et al. **Investigação Geoambiental de áreas contaminadas com elaboração de modelo conceitual em campo utilizando ferramentas de alta resolução (HRSC).** Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental, v. 3, n. 1, p. 125-137, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/135309>. Acesso em: 16 jun. 2020.

RIYIS, Marcos Tanaka. **Contribuição para investigação de áreas contaminadas com abordagem de alta resolução.** 2019. 162 f. Dissertação (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191563>. Acesso em: 13 jul. 2020.

RIYIS, Marcos Tanaka. et al. **Avaliação das falhas no modelo conceitual de uma área contaminada utilizando investigação com métodos convencionais.** Interfac EHS – 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>. Acesso em: 06 jul. 2020.

RIYIS, Marcos Tanaka. **Investigação geoambiental com tomada de decisão em campo utilizando o Piezocone de resistividade como ferramenta de alta resolução: Marcos Tanaka Riyis.** 2012. 149 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Engenharia. Disponível em:
<http://hdl.handle.net/11449/92963>. Acesso em: 16 jun. 2020.

RIYIS, Marcos Tanaka; RIYIS, Mauro Tanaka. **Considerações Sobre a Norma Brasileira 15.495-1: Poços de Monitoramento em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção**. II Congresso Internacional do Meio Ambiente Subterrâneo – CIMAS. São Paulo. Outubro/2011. Disponível em:<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28105/18229>>. Acesso em: 09 jun. 2020.

SANTOS, Aline Diório dos; FERREIRA, Arianne Neres; GOBATTO, Graziani; RIYIS, Marcos Tanaka. **Aprimoramento do modelo conceitual da área através do uso de ferramentas de investigação de alta resolução**. Revista InterfacEHS, Volume 10, número 2. p. 03-22. Dez/2015.

SÃO PAULO. **Decreto 59.263, de 5 de junho de 2013**. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. São Paulo. 2013. Legislação Estadual.

SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. (org.). **Pesquisa de Dados dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. 2020. Disponível em:<<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>>. Acesso em: 09 jun. 2020.

SÃO PAULO. **Lei Estadual 13577/09, de 08 de julho de 2009**. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. São Paulo. 2009. Legislação Estadual.

SUTHERSAN, Suthan; Quinnan, Joseph; Welty, Nicklaus. **The New ROI: Return of Investment by Utilizing SMART Characterization Methods**. Ground Water Monitoring and Remediation, 35-n3. Summer: 25-33. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA
Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Brownfields Technology
Support Center. **Innovations in Site Characterization. Case Study: The Role of a
Conceptual Site Model for Expedited Site Characterization Using the Triad Approach
at the Poudre River Site, Fort Collins, Colorado.** EPA 542-R-06-007. November, 2006.
Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/poudre_river_case_study.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA
Office of Superfund Remediation and Technology Innovation: Superfund Triad Support
Team. **Considerations for Applying the Triad Approach Hartford Area Hydrocarbon
Plume Site Hartford, Illinois.** EPA 542-R-06-008. August, 2007. Disponível
em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/triad-hartford.pdf>>.
Acesso em: 16 jun. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. EPA
Removes Love Canal for Superfund List. Disponível em
https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/40a7e32b0bbe56018525712a006fca02.html. Publicado em 2004. Acesso em 23/04/2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA.
**Module 6, Truth Serum for Environmental Decision-Making: Efficient and Effective
Program Designs. Short course manual for Best Practices for Efficient Soil Sampling
Designs.** CERCLA Education Center. January, 2008. Disponível
em: <<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Soil
Sampling.** Disponível em: <<https://clu-in.org/characterization/technologies/soilandsoilgassamp.cfm>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. The
Love Canal Tragedy. Disponível em <https://archive.epa.gov/epa/aboutepa/love-canal-tragedy.html>. Publicado em 1979. Acesso em 23/04/2020.