

Seção 7.1: Introdução – Investigação Detalhada

A etapa de Investigação Detalhada tem como objetivo determinar as características das fontes de contaminação primárias, quantificar a extensão e dinâmica de propagação das plumas de contaminação, caracterizar os bens a proteger atingidos ou que possam ser atingidos e os seus respectivos caminhos de exposição, além de determinar as concentrações das SQI nos pontos de exposição a serem considerados na etapa seguinte do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) de Avaliação de Risco.

As seguintes atividades principais são previstas nessa etapa:

- ✓ executar e consolidar o plano de Investigação Detalhada;
- ✓ consolidar, visualizar e interpretar os resultados;
- ✓ definir o terceiro modelo conceitual da área (MCA 3);
- ✓ propor nova classificação da área em avaliação;
- ✓ planejar a execução da etapa de Avaliação de Risco;
- ✓ identificar os responsáveis legais e solidários pela execução da etapa de Avaliação de Risco;
- ✓ elaborar o Relatório de Investigação Detalhada.

Durante essa etapa é recomendada a aplicação da abordagem *Triad* (USEPA – *Triad Resource Center*, disponível no link: <https://triadcentral.clu-in.org/index.cfm>), baseada em três vertentes de trabalho, sendo elas o planejamento sistemático, o uso de estratégias dinâmicas de investigação e a adoção de procedimentos de medição em tempo real. A aplicabilidade e adoção dessa abordagem para as investigações em cada caso é uma decisão do Responsável Técnico, juntamente com a concordância do Responsável Legal.

Dessa maneira, o plano da etapa de Investigação Detalhada, elaborado inicialmente na etapa de Investigação Confirmatória, passa por um processo iterativo de consolidação durante a sua execução, conforme ilustrado na **Figura 7.1-1**.

Os critérios para a Execução e Consolidação do Plano de Investigação Detalhada estão descritos na **Seção 7.2**.

Assim como na etapa de Investigação Confirmatória, na etapa de Investigação Detalhada também são utilizados métodos de investigação em pontos estrategicamente posicionados na área em avaliação ou sua vizinhança.

Quando existir contaminação em área vizinha, que atingiu ou pode atingir a área em avaliação (gerada em fonte de contaminação externa, fonte de contaminação difusa ou fonte de contaminação natural), a caracterização da contaminação iniciada na Investigação Confirmatória tem continuidade na Investigação Detalhada.

A compilação e interpretação dos resultados da Investigação Detalhada formarão a base para a consolidação do terceiro modelo conceitual da área (MCA 3), e atualizar a

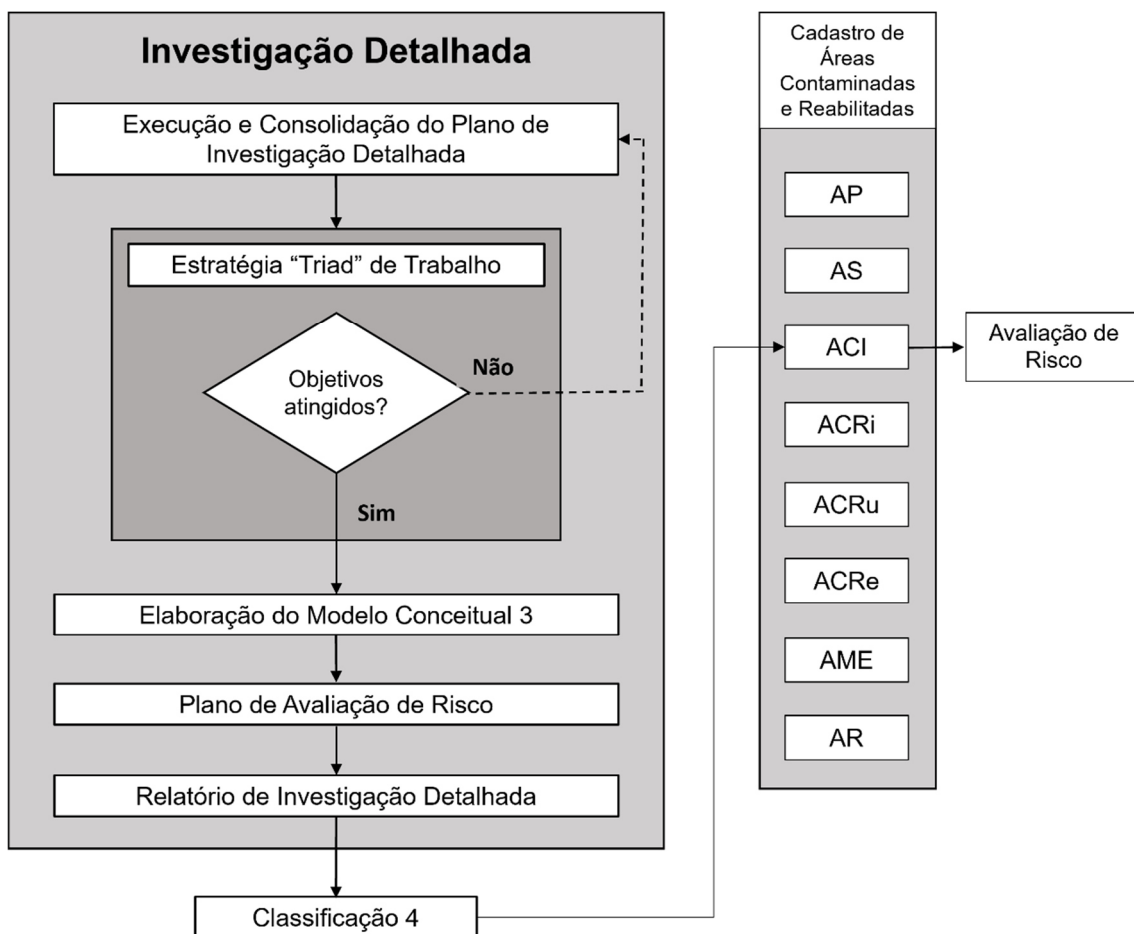
classificação da área (Classificação 4), conforme **Seção 7.3**, além de fornecer os dados necessários para a etapa de Avaliação de Risco e demais etapas seguintes do GAC.

As informações e resultados dessa etapa serão consubstanciados e apresentados em um documento denominado Relatório de Investigação Detalhada, de acordo com o especificado na **Seção 7.4**.

Diretrizes básicas para elaboração do Plano de Avaliação de Risco estão descritas no item 2.4 da **Seção 7.4**.

Ao final da etapa de Investigação Detalhada, o responsável legal pela área mantida com a classificação de Área Contaminada Sob Investigação (ACI) seguirá para a etapa seguinte, a Avaliação de Risco.

Figura 7.1-1: Fluxograma da etapa de Investigação Detalhada



Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

Referências

USEPA. Triad Resource Center. **Triad**: a smarter solution to site cleanup. Washington, DC: EPA. Disponível em: <https://triadcentral.clu-in.org/over/index.cfm>. Acesso em: maio 2025.

Seção 7.2: Execução e Consolidação do Plano de Investigação Detalhada

Na subetapa de Execução e Consolidação do Plano de Investigação Detalhada, as atividades previstas no plano da etapa de Investigação Detalhada são executadas conforme o cronograma proposto.

À medida que os trabalhos de campo são realizados, os resultados parciais que vão sendo obtidos já passam por um processo de consolidação e espacialização, tanto horizontalmente como verticalmente, possibilitando a interpretação por parte do Responsável Técnico ao longo do processo investigativo, de forma contínua.

As seguintes ações são previstas nessa subetapa:

- ✓ aplicação dos métodos de investigação selecionados e interpretação dos resultados;
- ✓ atualização contínua do MCA 3 até os objetivos da Investigação Detalhada serem atingidos;
- ✓ proposição de nova classificação (Classificação 4);
- ✓ elaboração do Plano de Avaliação de Risco.

O MCA 3 será considerado consolidado quando as incertezas sobre as características das fontes de contaminação, das plumas de contaminação, dos bens a proteger e das características dos compartimentos do meio ambiente, forem reduzidas a tal nível que permita o planejamento das etapas seguintes do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC).

Quando a etapa de Investigação Detalhada se estender além do previsto, por causa de constatações e situações inesperadas, caberá ao responsável legal manter o Órgão Ambiental Gerenciador atualizado sobre os trabalhos adicionais e novos prazos propostos.

A partir do MCA 3 consolidado será possível iniciar o planejamento da próxima etapa do GAC, a Avaliação de Risco, utilizando-o como base. Caso permaneçam algumas lacunas de informação devido a motivos específicos e justificados, mas que não impeçam a continuidade do processo, novas investigações podem ser propostas na etapa de Avaliação de Risco, para dirimir incertezas não resolvidas na etapa de Investigação Detalhada.

Seção 7.3: Elaboração do Terceiro Modelo Conceitual e Classificação 4

Sumário

1. Introdução	1
2. Estrutura do MCA 3	1
2.1. Plantas georreferenciadas.....	2
2.2. Representações tridimensionais.....	2
2.3. Fluxograma de exposição	2
2.4. Tabela resumo	2
2.5. Texto explicativo.....	3
3. Classificação 4.....	4

1. Introdução

O terceiro modelo conceitual da área (MCA 3) é uma atualização das plantas, texto explicativo e tabela do segundo modelo conceitual da área (MCA 2), realizada com base nos resultados da etapa de Investigação Detalhada. Além dessa atualização, está previsto no MCA 3 a elaboração de um novo recurso visual, denominado representações tridimensionais.

A concepção do MCA 3 busca representar, de forma geral, os componentes dos caminhos de exposição, ou seja, as fontes de contaminação primárias, o centro de massa da contaminação, as plumas de contaminação, as fontes de contaminação secundárias e os bens a proteger, assim como as características dos compartimentos do meio ambiente.

O Órgão Ambiental Gerenciador utiliza as informações do MCA 3 para realizar a Classificação 4, que pode, nessa etapa, classificar a área como Área Contaminada sob Investigação (ACI), Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRI) ou Área com Potencial de Contaminação (AP).

Nesta seção, são apresentadas, no item 2, as diretrizes para a construção do MCA 3 e, no item 3, a metodologia para a classificação da área após a Investigação Detalhada.

Uma conceituação geral sobre essa ferramenta importante do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que é o Modelo Conceitual da Área, pode ser consultada no item 5 da **Seção 1.2** deste manual.

2. Estrutura do MCA 3

A elaboração do MCA 3 se conforma em uma estrutura que conterà os seguintes recursos:

- ✓ plantas georreferenciadas da ACI (ou outra classificação possível);
- ✓ representações tridimensionais de cada caminho de exposição identificado;
- ✓ fluxograma de exposição;
- ✓ tabela com resumo das informações;

- ✓ texto explicativo com integração e interpretação das informações sobre os caminhos de exposição, potenciais ou reais, identificados a partir de cada fonte de contaminação primária identificada.

2.1. Plantas georreferenciadas

O seguinte conjunto de plantas georreferenciadas são produzidas no MCA 3:

Planta da ACI (ou outra classificação possível) – planta contendo o polígono que representa os limites (perímetro) da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas investigada (atual e pretéritas), delineado com base na(s) matrícula(s) do imóvel(is), ao qual se aplica a classificação como ACI (ou outra possível). Na sua legenda são inseridas informações sobre o CNAE da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas, sua razão social, o número da matrícula do imóvel, as coordenadas do centro da área, dimensões e pontos de acesso.

Planta multitemporal das áreas fonte – planta contendo as áreas fonte consolidadas após a Investigação Detalhada.

2.2. Representações tridimensionais

Representação tridimensional dos caminhos de exposição – planta, com seções verticais longitudinais e transversais, ou outra maneira de representação tridimensional, elaborada para cada caminho de exposição identificado, contendo:

- o centro de massa da contaminação;
- as fontes de contaminação primárias;
- as plumas de contaminação (fases: livre, retida, dissolvida e vapor), sobrepostas às características dos compartimentos do meio ambiente que atravessam;
- as fontes de contaminação secundárias;
- os bens a proteger;
- os locais onde há necessidade de investigações adicionais ou complementares.

No MCA 3, procura-se dar destaque para as características dos compartimentos do meio ambiente consideradas importantes na descrição dos caminhos de exposição, como caminhos preferenciais e camadas hidrogeológicas condutivas.

2.3. Fluxograma de exposição

A partir das novas informações obtidas na etapa de Investigação Detalhada, o fluxograma do MCA 3 tem condições de ser atualizado com as fontes de contaminação primárias confirmadas e os caminhos de exposição potenciais ou reais identificados.

Um exemplo do fluxograma de exposição pode ser consultado no item 2.2 da **Seção 5.4**.

2.4. Tabela resumo

Visando um melhor entendimento do MCA 3, as informações sobre as SQIs e respectivas plumas de contaminação definidas na etapa de Investigação Detalhada são resumidas em uma tabela, estruturada para conter uma SQI em cada linha e as seguintes informações nas colunas:

- ✓ área fonte a qual se relaciona;
- ✓ fonte de contaminação a qual se relaciona;
- ✓ compartimentos do meio ambiente para os quais foram elaboradas plumas de contaminação;
- ✓ extensão longitudinal média da maior pluma de contaminação;
- ✓ maior profundidade em que a SQI foi encontrada;
- ✓ se a pluma extrapola os limites da área;
- ✓ se foi possível delimitar verticalmente a contaminação;
- ✓ bem(ns) a proteger atingido(s) ou que pode(m) ser atingido(s);
- ✓ as ações preventivas ou corretivas indicadas.

O responsável legal pode propor complementações às tabelas resumo, incluindo colunas adicionais que julgar necessárias para representar as informações.

2.5. Texto explicativo

O texto explicativo do MCA 3 consiste em uma descrição que conecte e produza um sentido para as informações das plantas, representações tridimensionais, fluxograma e tabela resumo. Com o texto explicativo, busca-se, a partir de uma construção temporal, compreender resumidamente as causas da contaminação, como se desenvolve ou se desenvolveu através dos compartimentos do meio ambiente e como atingem os bens a proteger.

Para facilitar o entendimento, o texto explicativo pode ser organizado por caminho de exposição. Dessa forma, inicia-se com a informação do número e os tipos de caminhos de exposição identificados, para, posteriormente, descrever cada um deles separadamente, desde a liberação das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) na fonte de contaminação primária, até o atingimento do bem a proteger. A descrição dos caminhos de exposição no MCA 3 é fundamentada na integração das informações sobre:

- ✓ as fontes de contaminação primárias internas e externas;
- ✓ o centro de massa da contaminação;
- ✓ as plumas de contaminação;
- ✓ as fontes de contaminação secundárias;
- ✓ os processos e dinâmica de propagação das SQIs em conjunto com as características dos compartimentos do meio ambiente;
- ✓ os caminhos preferenciais de movimentação das SQIs;
- ✓ bens a proteger e vias de ingresso.

3. Classificação 4

Os resultados da etapa de Investigação Detalhada são utilizados para embasar a classificação da área em avaliação (Classificação 4), que, geralmente, nessa etapa, se mantém classificada como ACI.

A área em avaliação terá sua classificação mantida como ACI quando os resultados das investigações consolidarem a situação de que, em pelo menos um dos compartimentos do meio ambiente, relativo a qualquer fonte de contaminação, exista contaminação caracterizada pela detecção de concentração de, pelo menos, uma das SQIs acima do seu respectivo Valor de Intervenção (VI).

Outras situações ou condições adversas também podem ser utilizadas para cumprir o mesmo papel do VI, como, por exemplo, a constatação da presença de fase livre; a presença de resíduos perigosos depositados ou armazenados de forma inadequada; e a identificação de situações que possam representar perigo ou risco agudo.

Portanto, após a execução da etapa de Investigação Detalhada, a área em avaliação terá sua classificação mantida como ACI quando for constatada e consolidada uma situação de contaminação gerada a partir de uma fonte de contaminação primária, que tenha ocasionado a presença de:

- I. SQI no solo, na água subterrânea ou em outro compartimento do meio ambiente em concentração acima do VI;
- II. produto ou substância em fase livre;
- III. substâncias, condições ou situações que possam representar perigo ou riscos agudos aos bens a proteger;
- IV. resíduos perigosos dispostos em desacordo com as normas vigentes;
- V. SQI nos gases e vapores do solo que supere o VI.

A área em avaliação terá sua classificação como ACI removida, quando os resultados obtidos em todos os compartimentos do meio ambiente, relativos a todas as fontes de contaminação potenciais identificadas, forem suficientes para confirmar a ausência de contaminação na área em avaliação. Ou seja, essa remoção ocorrerá quando não forem identificadas as situações citadas nos incisos I a V; e quando, nessa área, não permanecer em funcionamento uma Atividade Potencialmente Geradora de Áreas Contaminadas. Nesse mesmo cenário, a área em avaliação será classificada como Área com Potencial de Contaminação (AP) quando nela permanecer em funcionamento uma Atividade Potencialmente Geradora de Áreas Contaminadas.

Quando forem detectados danos aos bens a proteger na etapa de Investigação Detalhada, a área em avaliação poderá ter sua classificação avançada para Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi).

Seção 7.4: Relatório de Investigação Detalhada

1. Introdução	1
2. Relatório de Investigação Detalhada	1
2.1. Escopo da investigação realizada	1
2.2. Apresentação e interpretação dos resultados	2
2.3. MCA 3 e Classificação 4	2
2.4. Cronograma Executado da Investigação Detalhada	3
2.5. Plano da Avaliação de Risco	3
2.6. Texto conclusivo	3

1. Introdução

Após a execução das subetapas de Execução e Consolidação do Plano de Investigação Detalhada e Elaboração do Terceiro Modelo Conceitual (MCA 3) e Classificação 4, o responsável técnico tem condições de elaborar o Relatório de Investigação Detalhada, contendo as informações levantadas e sua interpretação, finalizando, dessa forma, a etapa de Investigação Detalhada.

Para a elaboração do Relatório de Investigação Detalhada, o responsável legal levará em consideração das diretrizes gerais estabelecidas no item 7 da **Seção 1.2** deste manual.

2. Relatório de Investigação Detalhada

A estrutura do Relatório de Investigação Detalhada é composta dos seguintes itens:

- ✓ escopo consolidado da investigação realizada;
- ✓ apresentação e interpretação dos resultados;
- ✓ MCA 3 e a proposta de Classificação 4;
- ✓ cronograma executado da Investigação Detalhada;
- ✓ descrição do Plano de Avaliação de Risco;
- ✓ apresentação do texto conclusivo (conclusões e recomendações).

2.1. Escopo da investigação realizada

Finalizada a aplicação do método reiterativo de investigação, a conformação final consolidada do escopo da etapa de Investigação Detalhada pode ser registrada no relatório, com o seguinte conteúdo mínimo:

- ✓ os métodos de investigação utilizados;
- ✓ planta com os pontos de coleta de dados e de amostras;
- ✓ as Substâncias Químicas de Interesse (SQI) e análises químicas realizadas.

2.2. Apresentação e interpretação dos resultados

Neste item, são apresentados os resultados da aplicação de métodos de investigação, incluindo:

- ✓ os valores de intervenção ou outros parâmetros utilizados;
- ✓ os resultados das amostragens e análises executadas, organizados em tabelas e ilustrações, com destaque para resultados importantes.
- ✓ a interpretação dos resultados sobre a caracterização:
 - das fontes de contaminação primárias internas ou externas;
 - dos compartimentos do meio ambiente investigados;
 - do centro de massa da contaminação;
 - das plumas de contaminação;
 - das fontes de contaminação secundárias;
 - dos bens a proteger;
- ✓ descrição dos objetivos da Investigação Detalhada atingidos e não atingidos;
- ✓ descrição do escopo de investigação adicional ou complementar em etapas posteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), caso necessário.

Os itens a seguir constarão de Anexos do Relatório de Investigação Detalhada, para serem consultados conforme a necessidade:

- ✓ perfis de sondagem;
- ✓ perfis de investigações com resultados em alta resolução, obtidos em campo.
- ✓ perfis construtivos dos poços de monitoramento;
- ✓ fichas de campo, preenchidas durante as atividades de sondagem, amostragem de água subterrânea, medição de nível d'água etc.;
- ✓ cadeias de custódia, fichas de recebimento das amostras no laboratório e laudos de análises químicas;
- ✓ resultados e laudos obtidos em tempo real a partir de medições em campo;
- ✓ certificados de calibração dos equipamentos de medição de campo;
- ✓ registro fotográfico dos trabalhos.

2.3. MCA 3 e Classificação 4

Uma parte do Relatório de Investigação Detalhada é reservada para que seja incluído o MCA 3, contendo as plantas georreferenciadas, fluxograma, tabela resumo e texto

explicativo, bem como a descrição da classificação da área proposta pelo responsável técnico, conforme orientações dadas na **Seção 7.3**.

2.4. Cronograma Executado da Investigação Detalhada

Devido ao método reiterativo da Investigação Detalhada, que pode envolver mais de uma mobilização de campo, é importante que, nesse item, sejam consolidadas as datas de realização dos trabalhos, indicando de maneira simples em uma tabela de fácil conferência as datas de:

- ✓ realização de sondagens;
- ✓ coleta de amostras de solo;
- ✓ instalação dos poços de monitoramento;
- ✓ coleta de amostras de água subterrânea, vapor do solo, ou outras;
- ✓ medição geral do nível d'água nos poços de monitoramento;
- ✓ período de validade da calibração dos equipamentos de mediação utilizados;
- ✓ entrada das amostras no laboratório de análises químicas.

2.5. Plano da Avaliação de Risco

Caso os resultados da Investigação Detalhada indiquem a necessidade de prosseguir com o GAC, o Relatório de Investigação Detalhada terá como complemento um Plano da Avaliação de Risco, com os seguintes itens:

- ✓ os caminhos de exposição identificados, definidos como prioritários, a serem considerados na etapa de Avaliação de Risco;
- ✓ as concentrações ou condições observadas nas vias de exposição junto aos bens a proteger;
- ✓ as informações adicionais ou complementares a serem levantadas na etapa de Avaliação de Risco, caso necessário.

2.6. Texto conclusivo

Nesse item, o responsável técnico resumirá os principais resultados e conclusões obtidos durante a execução da Investigação Detalhada e apresentará suas recomendações para a continuidade ou encerramento do GAC na área em avaliação, com base nas informações descritas a seguir:

- ✓ justificativa sobre a continuidade do GAC;
- ✓ justificativa para a escolha dos caminhos de exposição a serem contemplados na etapa de Avaliação de Risco;
- ✓ definição de ações preventivas e corretivas necessárias;

- ✓ avaliação crítica sobre a acurácia e completude das informações obtidas na Investigação Detalhada (conforme diretrizes do item 7 da **Seção 1.2**);
- ✓ definição dos responsáveis pela execução da etapa de Avaliação de Risco (conforme diretrizes do item 7 da **Seção 1.2**).

2.6.1. Justificativa sobre a continuidade do GAC

A definição da continuidade do GAC para a etapa de Avaliação de Risco se baseia na classificação da área proposta pelo responsável técnico e legal ao final da Investigação Detalhada.

Considerando a diretrizes estabelecidas para a Classificação 4, na **Seção 7.3**, as seguintes ações podem ser tomadas:

ACI – realização da etapa de Avaliação de Risco.

ACRi – realização da etapa de Avaliação de Risco e Elaboração do Plano de Intervenção.

AP – encerramento do GAC e continuidade de Atividade Potencialmente Geradora de Áreas Contaminadas, podendo ser retomado quando da desativação da atividade, reutilização da AP ou por exigência do Órgão Ambiental Gerenciador.

Área sem classificação – encerramento do GAC e remoção da classificação como ACI, quando não houver continuidade de Atividade Potencialmente Geradora de Áreas Contaminadas.

2.6.2. Justificativa para a escolha dos caminhos de exposição a serem contemplados na etapa de Avaliação de Risco

Quando da elaboração do Plano de Avaliação de Risco, pode ser definida uma ordem de prioridade para os caminhos de exposição a serem contemplados, devidamente justificada.

Dessa forma, são propostos dois níveis de prioridade para os caminhos de exposição:

Prioridade 1: a inclusão no Plano de Avaliação de Risco é fundamental nesse momento do GAC.

Prioridade 2: a inclusão no Plano de Avaliação de Risco não é fundamental para o GAC e uso atual da área.

2.6.3. Definição de ações preventivas e corretivas necessárias

Sobre esse tópico, valem as mesmas orientações da etapa de Investigação Confirmatória, conforme item 2.6.2 da **Seção 6.5**, adaptando as ações para a situação e realidade da etapa de Investigação Detalhada.