NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR 15515-3

Primeira edição
02.09.2013

Válida a partir de
02.10.2013

Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea
Parte 3 — Investigação detalhada

Environmental passive in soil and groundwater
Part 3 — Detailed investigation

ICS 13.020.40; 13.060.45; 13.080.05

ISBN 978-85-07-04442-0

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15515-3:2013
18 páginas

© ABNT 2013

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013
Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT
Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

Sumário

Página

Prefácio iv
1 Escopo 1
2 Referências normativas 1
3 Termos e definições 1
4 Uso e limitações 4
5 Etapas da avaliação de passivo ambiental 4
6 Investigação detalhada 6
6.1 Consolidação das informações existentes 6
6.2 Plano de investigação detalhada 7
6.2.1 Caracterização do entorno 7
6.2.2 Caracterização geológica 8
6.2.3 Caracterização hidrogeológica 8
6.2.4 Caracterização de outros meios 9
6.2.5 Definição de substâncias químicas de interesse 9
6.3 Mapeamento da contaminação 9
6.3.1 Zona não saturada 10
6.3.2 Zona saturada 11
6.3.3 Fase livre 11
6.3.4 Fase dissolvida 13
6.4 Estimativa de volume de solo e água subterrânea com concentrações acima de VI 14
6.5 Prognósticos de evolução da pluma 15
6.6 Controle da qualidade 15
6.7 Identificação das fontes, dinâmica de transporte, vias de exposição e receptores (modelo conceitual) 15
7 Relatório 16
Bibliografia 18

Figura

Figura 1 – Etapas da avaliação de passivo ambiental 5

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 15515-3 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Avaliação da Qualidade do Solo e da Água para Levantamento de Passivo Ambiental e Avaliação de Risco à Saúde Humana (ABNT/CEE-68). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 02, de 28.02.2012 a 27.04.2012, com o número de Projeto 68:000.03-001/3. O seu 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 03, de 18.03.2013 a 16.04.2013, com o número de 2º Projeto 68:000.03-001/3.

A ABNT NBR 15515, sob o título geral "*Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea*", tem previsão de conter as seguintes partes:

— Parte 1: Avaliação preliminar;

— Parte 2: Investigação confirmatória;

— Parte 3: Investigação detalhada.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This part of ABNT NBR 15515 establishes the minimum procedures for the detailed investigation of areas where contamination was confirmed in soil or groundwater based on historical series of monitoring, preliminary evaluation, confirmatory investigation or environmental studies

This part of ABNT NBR 15515 not apply to cases involving radioactive substances and contamination in fractured means and aquifers confined deep.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea
Parte 3 — Investigação detalhada

1 Escopo

1.1 Esta parte da ABNT NBR 15515 estabelece os procedimentos mínimos para a investigação detalhada de áreas onde foi confirmada contaminação em solo ou água subterrânea com base em série histórica de monitoramento, avaliação preliminar, investigação confirmatória ou estudos ambientais.

1.2 Esta parte da ABNT NBR 15515 não se aplica a casos envolvendo substâncias radioativas e contaminações em meios fraturados e aquíferos profundos confinados.

2 Referências normativas

Os documentos referenciados a seguir são indispensáveis para aplicação deste documento. Para referências datadas aplica-se somente a edição citada. Para referências não-datadas aplica-se a última edição do documento referenciado (incluindo qualquer emenda).

ABNT NBR 12069, *Solo – Ensaio de penetração de cone in situ (CPT) – Método de ensaio*

ABNT NBR15492, *Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento*

ABNT NBR 15495-1, *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aqüíferos granulados – Parte 1: Projeto e construção*

ABNT NBR 15495-2, *Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aqüíferos granulares – Parte 2: Desenvolvimento*

ABNT NBR15515-1, *Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação preliminar*

ABNT NBR 15515-2, *Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação confirmatória*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1
área contaminada (AC)
área, terreno, instalação, edificação ou benfeitoria com presença de substâncias químicas no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger

3.2
avaliação preliminar
avaliação inicial, realizada com base nas informações históricas disponíveis e inspeção do local, com o objetivo principal de encontrar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

3.3
centro de massa (*hot spots*)
zona onde se encontram as maiores concentrações de contaminantes no(s) meio(s) investigado(s)

3.4
poços multiníveis
conjunto de poços de monitoramento situados em um mesmo ponto, ou próximos entre si, da pluma de contaminação, com seções filtrantes posicionadas em diferentes profundidades

3.5
contaminação
presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrente(s) de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para o uso atual ou pretendido, definida(s) com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado

3.6
fase dissolvida
ocorrência de substância química de interesse em solução na água subterrânea

3.7
fase livre
ocorrência de substância ou produto imiscível, em fase separada da água

3.8
fase retida
ocorrência de produto ou substância química adsorvido ou residual no meio poroso

3.9
investigação confirmatória
etapa do processo de identificação de áreas contaminadas que tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos valores de investigação

3.10
modelo conceitual
síntese das informações relativas a uma área em estudo, inicialmente definida na etapa de avaliação preliminar e atualizada a cada etapa do processo de gerenciamento de áreas contaminadas

3.11
monitoramento
medição ou verificação, que pode ser contínua ou periódica, para acompanhamento da condição de qualidade de um meio ou das suas características

3.12
passivo ambiental
danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, que podem ou não ser avaliados economicamente

3.13
perigo
ameaça à vida humana, ao meio ambiente ou ao patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou não controladas

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

3.14
pluma de contaminação
representação da distribuição das concentrações de substâncias químicas de interesse, acima de um determinado valor de referência, no ar e na água

3.15
risco
situação que compreende o risco à saúde humana e o risco a bens a proteger

3.15.1
risco à saúde humana
probabilidade de ocorrência de câncer ou a possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos em um determinado receptor exposto a substâncias químicas de interesse presentes em uma área contaminada

3.15.2
risco a bens a proteger
probabilidade de ocorrência de efeitos adversos aos bens protegidos pela Política Nacional do Meio Ambiente

3.16
sistemas multiníveis
sistemas de amostragem de água subterrânea, diferentes de poços de monitoramento, desenvolvidos de forma a permitir a captação de amostras discretas de água subterrânea em diferentes profundidades

3.17
solo subsuperficial
solo situado abaixo de uma profundidade preestabelecida, desde que limitada à profundidade de 1 m a partir da superfície do terreno

3.18
solo superficial
intervalo de solo compreendido desde a superfície do terreno até o limite do solo subsuperficial

3.19
substância química de interesse (SQI)
elemento, substância e produtos químicos considerados de interesse nas etapas do gerenciamento de áreas contaminadas

3.20
técnicas de resposta rápida
técnicas aplicadas em campo ou não, que permitem um aumento significativo na densidade de informações, possibilitando um refinamento do modelo conceitual, simultaneamente aos trabalhos que estão sendo realizados

3.21
zona não saturada
zona situada entre a superfície do terreno e o nível de água subterrânea superficial

3.22
zona saturada
zona situada abaixo do nível de água subterrânea superficial

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

4 Uso e limitações

Esta parte da ABNT NBR 15515 apresenta as orientações mínimas para que o profissional execute de forma adequada a etapa de investigação detalhada. Diante de fatores como incertezas, heterogeneidade e acessibilidade limitada do subsolo, em alguns casos, pode ser necessária a adoção de outros procedimentos técnicos específicos para que seja alcançado o objetivo proposto, respeitando-se sempre o princípio da gradualidade.

Na avaliação da pertinência das informações obtidas durante a condução da investigação, os profissionais devem pautar-se pela cautela e razoabilidade no julgamento da delimitação da contaminação, identificação de fontes, das vias de exposição e dos receptores.

A condução da investigação detalhada requer equipe multidisciplinar de profissionais habilitados pelos conselhos profissionais competentes. Os profissionais devem sempre adotar os devidos meios e recursos para atingir o melhor resultado possível.

O surgimento de fatos novos, o desenvolvimento tecnológico e outros fatores considerados em estudos posteriores podem suplementar ou indicar a necessidade de revisão da investigação, no entanto sem invalidar os trabalhos à época executados conforme normas vigentes.

As concentrações naturais de substâncias químicas de interesse no solo e na água subterrânea devem ser consideradas no desenvolvimento da investigação detalhada.

Esta Norma não contempla a investigação de contaminação em outros meios (ar, sedimentos, vegetação, biota etc.), mas, caso seja pertinente, a investigação deve ser realizada com fundamento em outras normas ou procedimentos técnicos.

5 Etapas da avaliação de passivo ambiental

A etapa inicial de avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, conforme ABNT NBR15515-1 consiste em uma avaliação preliminar, a qual identifica a possível existência de contaminação na área. Havendo indícios na avaliação preliminar, realizar a etapa de investigação confirmatória, de acordo com os procedimentos legais vigentes e da ABNT NBR 15515-2, para confirmar a existência ou não de contaminação. Em caso afirmativo, proceder a etapa de investigação detalhada e a avaliação de risco à saúde humana. Se contaminação tiver sido evidenciada na avaliação preliminar, direcionar para a etapa de investigação detalhada. A Figura 1 apresenta as etapas da avaliação de passivo ambiental.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

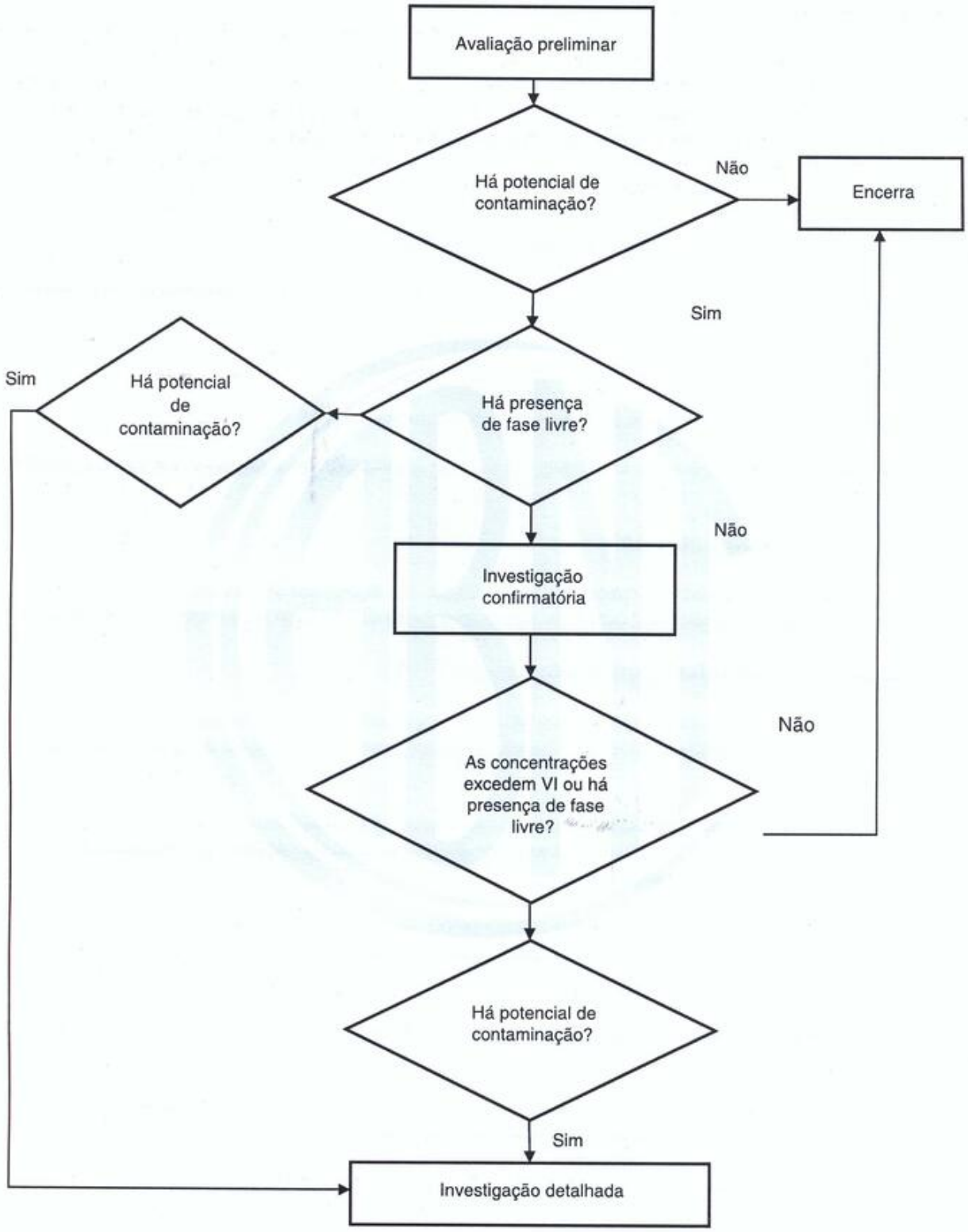

Figura 1 – Etapas da avaliação de passivo ambiental

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

6 Investigação detalhada

Os principais objetivos da Investigação detalhada são:

a) mapeamentos horizontal e vertical da contaminação por meio da comparação entre as concentrações dos contaminantes e os valores de investigação ou intervenção;

b) caracterização do meio físico e do entorno;

c) quantificação da massa de substâncias químicas de interesse no solo e na água subterrânea;

d) identificação e caracterização de outras fontes de contaminação não apontadas nas etapas anteriores;

e) definição das substâncias químicas de interesse para a área;

f) definir a dinâmica de transporte e simular prognósticos da evolução da contaminação;

g) identificar as vias de exposição e receptores para a realização de avaliação de risco à saúde humana;

h) subsidiar plano de ações necessárias.

Deve também ser considerarada a eventual necessidade de ações emergenciais concomitantes à realização de investigação detalhada, como em caso de ocorrência de fase livre e intrusão de vapores.

6.1 Consolidação das informações existentes

Esta etapa consiste em levantar e avaliar todos os estudos ambientais já realizados na área sob investigação, para atualização do modelo conceitual e consequente definição do plano de trabalho da investigação detalhada.

Deve ser elaborado um texto síntese do histórico das instalações e operações do(s) empreendimento(s), dos resultados obtidos dos estudos ambientais e de eventuais ações já realizadas no(s) empreendimento(s) que ocupou(ram) a área.

Caso não tenha sido realizada avaliação preliminar ou investigação confirmatória, estas devem ser feitas previamente à realização da investigação detalhada, respectivamente, conforme as ABNT NBR15515-1 e ABNT NBR 15515-2.

A série histórica de dados deve ser avaliada. A sua utilização deve ser definida na investigação detalhada.

Deve ser realizada a consolidação das informações sintetizadas em plantas ou figuras em escala apropriada da área do empreendimento e do entorno contendo:

a) identificação e localização de todas as instalações atuais e antigas do empreendimento;

b) fluxograma dos processos atuais e antigos;

c) posicionamento das fontes de contaminação, suspeitas e confirmadas;

d) informações do meio físico, como pedologia, geologia e hidrogeologia;

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

e) posicionamento dos pontos de amostragem da investigação confirmatória ou de programas de monitoramento realizados, destacando os locais onde foi constatada a presença de contaminação na forma de mapa de resultados ou figura de isoconcentração;

f) identificação dos locais onde foi constatada a presença de fase livre;

g) identificação dos locais onde foi constatada situação de perigo;

h) identificação dos locais onde foram ou estão sendo desencadeadas medidas emergenciais;

i) indicação, por fonte, dos meios afetados, dos mecanismos de liberação e transporte, das vias de exposição e receptores ou bens a proteger, já identificados na área de investigação;

j) identificação dos cenários de uso e ocupação do solo e dos usos dos recursos hídricos do entorno da área investigada ou do empreendimento.

A consolidação das informações e a atualização do modelo conceitual permitem a avaliação das incertezas remanescentes a serem ponderadas na elaboração do plano de investigação detalhada.

6.2 Plano de investigação detalhada

6.2.1 Caracterização do entorno

A área do entorno a ser caracterizada deve ser definida conforme os procedimentos estabelecidos pelos órgãos competentes. Na ausência de procedimento, recomenda-se o arbitramento da área considerando as características específicas da área sob investigação e das substâncias químicas de interesse.

Na caracterização do entorno, as informações consolidadas podem já ser suficientes ou pode ser necessário um levantamento complementar.

No relatório da investigação detalhada deve ser apresentado, em formato explicativo e ilustrativo, um resumo das características do entorno do empreendimento, contendo:

a) descrição do uso e ocupação do solo, com a identificação de receptores ou bens a proteger;

b) localização e classificação dos recursos hídricos;

c) localização de poços de abastecimento constatados em inspeção em campo e/ou cadastrados no órgão estadual competente, seus usos e características construtivas, e tipo e classificação do aquífero explorado;

d) localização de poços de rebaixamento, drenos, fontes e nascentes, incluindo-se os poços escavados, constatados em inspeção em campo e/ou cadastrados no órgão estadual competente;

e) localização de áreas contaminadas eventualmente existentes na região considerada;

f) indicação da existência ou não de rede de esgoto, de água tratada e de águas pluviais e de outras utilidades subterrâneas.

As informações devem ser inseridas em fotos aéreas, mapas planialtimétricos ou imagens de satélite com base georreferenciada (UTM) em escala compatível com as densidades de dados.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

6.2.2 Caracterização geológica

Para o desenvolvimento da caracterização geológica, podem ou não ser executadas sondagens adicionais às realizadas nas etapas anteriores.

Deve ser realizada a descrição dos materiais encontrados, com o objetivo de definir suas características e distribuições espaciais.

Para a definição das características geológicas da área devem ser realizadas:

a) sondagens ou ensaios aplicando métodos adequados ao meio, conforme a ABNT NBR 15492 ou ABNT NBR 12069, e ao tipo e à finalidade da amostra;

b) identificação e descrição do solo, sedimento, rocha e/ou aterro de acordo com as recomendações do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ou outros documentos aplicáveis à descrição desses materiais;

c) elaboração dos perfis das sondagens executadas e a construção de seções geológicas longitudinais e transversais;

d) coleta de amostras do material que compõe as camadas representativas do solo, sedimento e aterro para determinação de granulometria, porosidade total e efetiva, densidade real e aparente, umidade e fração de carbono orgânico;

e) elaboração de tabelas com os resultados das determinações indicadas na alínea d), de texto explicativo com resumo da descrição dos sedimentos, solos, aterros e resíduos encontrados no local;

f) elaboração de planta com a localização das sondagens executadas e dos pontos de amostragem.

A densidade e a profundidade final da sondagem precisam possibilitar a identificação e a caracterização de todas as camadas importantes para o entendimento do comportamento das substâncias químicas de interesse na área sob investigação e a consolidação do modelo conceitual.

6.2.3 Caracterização hidrogeológica

A caracterização hidrogeológica deve ser realizada visando o entendimento da dinâmica dos fluxos subterrâneos e do comportamento dos contaminantes na zona não saturada e saturada, cujos dados serão utilizados na consolidação do modelo conceitual atualizado da área.

Na caracterização hidrogeológica devem ser executadas pelo menos as seguintes atividades:

a) instalação de poços de monitoramento, construídos de acordo com as ABNT NBR 15495-1 e ABNT NBR 15495-2;

b) instalação de conjunto de poços com seções filtrantes localizadas estrategicamente em função da distribuição litológica, das características físico-químicas e do comportamento nos meios da SQI, com o objetivo de determinar a existência de fluxo e distribuição verticais das SQI;

c) determinação da cota topográfica absoluta com base em referência de nível oficial do topo do tubo de revestimento do poço e medição do nível d'água para o cálculo do potencial hidráulico em cada poço de monitoramento, com medidas realizadas preferencialmente na mesma data, para a determinação da variação do gradiente hidráulico;

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

d) realização de ensaios para determinação da condutividade hidráulica em quantidade suficiente para avaliar a variação dessas condutividades em função da distribuição litológica ao longo dos eixos longitudinal e transversal das plumas de contaminação;

e) elaboração de mapas potenciométricos abrangendo as plumas de contaminação, determinadas conforme 6.3, e seu entorno, apontando os sentidos preferenciais de fluxo;

f) determinação das velocidades de fluxo das águas subterrâneas nas unidades hidrogeológicas condicionantes do transporte das SQI, considerando-se os sentidos preferenciais de propagação das plumas de contaminação;

g) elaboração de seções esquemáticas (transversal e longitudinal ao eixo principal das plumas mapeadas no plano horizontal, conforme 6.3), com representação da geologia local, potenciometria, perfil construtivo dos poços e valores de condutividade hidráulica para as unidades hidrogeológicas ensaiadas. Essas seções podem conter também informações sobre a variação das concentrações das SQI e presença de fase livre;

h) texto explicativo com resumo da hidrogeologia local.

6.2.4 Caracterização de outros meios

Em casos em que seja necessária a caracterização da vegetação ou da biota, os estudos devem ser conduzidos com fundamento em exigências do órgão ambiental competente, procedimentos ou normas específicas.

6.2.5 Definição de substâncias químicas de interesse

A definição das substâncias químicas de interesse é realizada a partir de uma avaliação crítica das informações e conclusões da avaliação preliminar (ABNT NBR 15515-1) e da investigação confirmatória (ABNT NBR 15515-2). Além disso, utilizam-se dados do licenciamento ambiental e de informações adicionais.

6.3 Mapeamento da contaminação

O mapeamento é focalizado sempre na investigação do solo superficial e subsuperficial e da água subterrânea.

O objetivo do mapeamento é conhecer a distribuição vertical e horizontal das substâncias químicas de interesse e delimitar as zonas onde essas substâncias apresentam concentrações acima dos valores de investigação ou intervenção (VI) (zona contaminada) ou que imponham risco presumido ou real à saúde humana. Caso ocorram substâncias não elencadas nas listas de VI, devem ser adotadas as diretrizes do órgão ambiental competente.

O mapeamento espacial da distribuição da contaminação deve contemplar a delimitação das plumas de fase livre e dissolvida e da zona da fase retida, bem como a variação das concentrações das substâncias químicas de interesse no interior da zona contaminada.

Técnicas de medição rápida podem auxiliar na definição dos meios, pontos e profundidades de amostragem ou seleção de amostras representativas, conforme normas específicas.

O plano de investigação para o mapeamento deve ponderar as incertezas de amostragem.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

A coleta de amostras representativas é realizada conforme o padrão de distribuição dos contaminantes, que é influenciado principalmente pelo volume liberado e pelas características do meio e dos contaminantes, e deve ser realizada conforme normas específicas.

Os resultados obtidos na investigação detalhada devem prover informações suficientes para elaborar a representação da geometria das zonas contaminadas.

6.3.1 Zona não saturada

O mapeamento na zona não saturada refere-se à delimitação da contaminação no solo para cada substância química de interesse. Ainda que na investigação confirmatória não tenham sido quantificadas concentrações das substâncias químicas de interesse acima do valor de investigação ou intervenção (VI) no solo, a investigação da zona não saturada é necessária para reduzir as incertezas na fonte de contaminação investigada, desde que tenham sido quantificadas concentrações acima de VI na água subterrânea.

Para delimitação da ocorrência dos contaminantes, a zona não saturada deve ser compartimentada em superficial e subsuperficial. Para solo superficial considera-se a profundidade de até 1 m e, para solo subsuperficial, de 1 m até o nível de água subterrânea.

Para definir os pontos de amostragem e as substâncias químicas de interesse, são utilizados os dados da avaliação preliminar (ABNT NBR 15515-1), da investigação confirmatória (ABNT NBR 15515-2), do licenciamento ambiental e de informações adicionais, considerando-se a distribuição das litologias e os comportamentos das substâncias químicas de interesse no meio. Essas informações adicionais podem ser obtidas por meio da utilização de técnicas de medição rápida.

Na seleção das profundidades de coleta de amostras para análise química é também recomendável a utilização de técnicas de medição rápida em campo, ressaltando-se que o tipo de amostra de solo para análise química deve ser simples.

Em uma investigação detalhada, os dados podem ser obtidos com base em mais de uma campanha de amostragem, como em caso de complexidade do cenário ambiental ou de resultados inesperados.

A delimitação da zona contaminada de cada uma das SQI deve ser definida em função dos VI vigentes.

Para traçar o limite horizontal da área de solo contaminado, o limite deve passar pelo ponto situado na metade da distância entre o ponto de amostragem que apresente concentração da SQI acima de VI e o ponto de amostragem que apresente concentração inferior ao VI, do cenário considerado. Na delimitação da área de solo contaminado em uma fonte são utilizados pontos de um mesmo plano, horizonte ou profundidade.

Para realizar a delimitação da zona em fase retida no plano vertical, pertencendo os pontos de amostragem à mesma camada litológica, o ponto-limite é definido na metade da distância entre um ponto de amostragem onde foi quantificada concentração da SQI acima do VI e outro ponto de amostragem onde foi detectado valor inferior ao do VI, do cenário considerado.

Caso os pontos não pertençam à mesma camada litológica, os limites devem considerar a descontinuidade entre as camadas ou estruturas litológicas como meios preferenciais de dispersão dos contaminantes.

Quando constatada concentração acima do VI na amostra coletada na franja capilar, o limite inferior da zona de fase retida é a profundidade do nível d'água medido.

O limite superior pode ser definido com base em resultados analíticos ou considerando, sempre que possível, a posição da fonte primária mais próxima.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

6.3.2 Zona saturada

O mapeamento da zona saturada refere-se à delimitação da fase livre e pluma de fase dissolvida.

Os limites da contaminação em fase livre e dissolvida devem ser definidos quando for obtido um número suficiente de pontos-limite necessários para o seu fechamento, de acordo com os critérios estabelecidos em 6.3.1.

Para a delimitação da distribuição da fase livre e delimitação da fase dissolvida, os poços de monitoramento devem ser instalados e desenvolvidos de acordo com as recomendações das ABNT NBR 15495-1 e ABNT NBR 15495-2.

Os modelos conceituais, os resultados analíticos de solo e a coleta de informações adicionais subsidiam o planejamento da investigação da zona saturada.

6.3.3 Fase livre

Durante o planejamento e execução dos trabalhos de investigação, é necessário considerar a eventual presença de fase livre e, caso esta ocorra, se ela é mais ou menos densa que a água para adequar os procedimentos de delimitação.

Para otimização da instalação de poços de monitoramento para delimitação de fase livre, admite-se a utilização prévia de sondagens ou métodos geofísicos.

Se, durante a realização da sondagem ou da instalação dos poços, for observada a presença de fase livre, o desenvolvimento desses poços não pode ser realizado.

A determinação da presença de fase livre no interior dos poços e da sua espessura deve ser feita por meio de equipamento de medição de interface óleo/água por método eletro-ótico. Outros métodos mais simples podem ser utilizados para constatação da presença ou ausência de fase livre.

A delimitação da distribuição da fase livre deve ser definida quando for obtido um número suficiente de pontos-limite necessário para o seu fechamento.

A partir da confirmação da existência de fase livre é necessária a implementação de medidas emergenciais para remoção da substância em fase livre, conforme os procedimentos técnicos aplicáveis.

6.3.3.1 Substância não aquosa menos densa que a água (LNAPL – *Light Non Aqueous Phase Liquid*)

Na presença de LNAPL, os poços de monitoramento devem ser instalados utilizando-se seção filtrante plena, com comprimento máximo de 3 m, sendo 1 m na zona não saturada e 2 m na zona saturada.

Na tomada de decisão para continuidade da investigação de LNAPL, é necessário considerar, como indicadores de presença de fase livre, se as concentrações da SQI estão entre 1 % e 10 % do limite da solubilidade.

Para a delimitação da distribuição da fase livre no plano horizontal, deve ser considerado que o ponto-limite da área de ocorrência da fase livre é a metade da distância entre um ponto de medição (poço de monitoramento), onde foi observada a presença de fase livre, e outro ponto de medição, onde não foi observada fase livre.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

A delimitação da distribuição da fase livre no plano vertical é realizada definindo-se primeiramente os limites da fase livre aparente nos poços de monitoramento e posteriormente convertendo-a para a espessura real.

Na definição dos limites da fase livre aparente, considera-se que o ponto-limite superior seja obtido na cota superior do nível da fase livre medida no poço de monitoramento e o ponto-limite inferior seja a cota do nível d'água subterrânea medida no mesmo poço.

O nível de água aparente deve ser convertido para o real, por meio de equações que dependem de fatores associados a geologia, condições de fluxo, nível de produto do poço e características do produto ou substâncias. De acordo com o caso concreto, deve ser utilizada a solução que seja tecnicamente justificável.

A delimitação da fase livre deve ser representada graficamente por meio de diagramas ou seções esquemáticas, considerando-se o nível de água real e o nível de produto medido no poço.

Considera-se como tecnicamente removida a fase livre na ação emergencial, quando detectada uma espessura aparente máxima de fase livre definida pelo órgão ambiental competente, e quando a sua distribuição tenha sido delimitada de forma adequada e esteja restrita à área sob investigação.

O volume residual de fase livre deve ser contemplado na elaboração do plano de intervenção da área junto com a fase dissolvida.

6.3.3.2 Substância não aquosa mais densa que a água (DNAPL – *Dense Non Aqueous Phase Liquid*)

Anteriormente à realização de sondagens para constatação da ocorrência e delimitação da fase densa, é imprescindível o conhecimento hidrogeológico do modelo conceitual da área e dos centros de massa de contaminantes na fase dissolvida do aquífero superficial.

Na tomada de decisão para continuidade da investigação de DNAPL é necessário considerar, como indicadores de presença de fase livre, se as concentrações da SQI estão entre 1 % e 10 % do limite da solubilidade, existência de aumento ou manutenção da grandeza das concentrações em profundidade e evidências de fluxo vertical descendente da água subterrânea.

Na investigação é necessário adotar medidas para evitar o rompimento de selos estratigráficos, migração de contaminantes na perfuração (usar revestimento) e alterações na drenança entre aquíferos.

Considera-se base da sondagem o ponto onde é presumível haver acúmulo de fase livre devido a um obstáculo à infiltração da substância, como contatos entre camadas de condutividades contrastantes ou presença de topo rochoso.

O poço de monitoramento deve ter seção filtrante curta (em geral de até 1 m) e ser posicionado na base da sondagem.

Para a delimitação da distribuição da fase livre aparente no plano vertical, considera-se como ponto-limite superior a cota superior do nível da fase livre medida no poço de monitoramento e, no ponto-limite inferior , de forma conservadora, a cota do obstáculo à infiltração.

Na delimitação vertical da fase livre podem ser utilizadas as técnicas de medição rápida.

A representação gráfica pode ser realizada por meio de programas (*softwares*) que possibilitem a visualização ou por meio da apresentação de seções, considerando-se a espessura de fase livre, devendo sempre ser expresso se a espessura considerada é aparente ou real.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

6.3.4 Fase dissolvida

A delimitação da pluma dissolvida é realizada pela investigação da distribuição das SQI nos planos horizontal e vertical.

Para o mapeamento da pluma dissolvida devem ser instalados poços de monitoramento e poços multiníveis, de acordo com as ABNT NBR 15495-1 e ABNT NBR 15495-2, podendo também ser utilizados sistemas multiníveis.

Na caracterização da distribuição vertical das SQI são utilizados poços de monitoramento com captação em diferentes profundidades e seções curtas (até 1 m) na profundidade desejada de investigação. Estes podem ser instalados de forma aninhada (no mesmo furo mais de uma tubulação) ou individualizada (em cada furo uma tubulação). Pode ainda ser instalados poços com sistema de captações discretas e isoladas em um mesmo furo do tipo múltiplos septos ou com isolamento por obturadores. Sempre são necessárias medidas para evitar a migração de contaminantes pelo espaço anelar.

Subsidiariamente, ainda podem ser utilizadas (assistir de) outras formas auxiliares na delimitação vertical, utilizando-se técnicas de medição rápida.

Considerando-se a sazonalidade do nível de água, recomenda-se a instalação de poços multiníveis.

Para a coleta de amostras de águas subterrâneas, devem ser observadas as orientações contidas na NBR 15495-2.

As amostragens para delimitação de pluma devem ser preferencialmente realizadas em todos os poços de monitoramento instalados na área de interesse.

A utilização de dados obtidos em campanhas realizadas em épocas distintas é admitida, desde que tecnicamente justificável, considerando a sazonalidade e que as amostragens tenham sido realizadas dentro de um intervalo máximo de 120 dias.

A delimitação da pluma de contaminação em fase dissolvida deve ser definida a partir de um número suficiente de pontos-limite necessário para o seu fechamento e os VI considerados como limite da pluma.

Para realizar a delimitação da pluma em fase dissolvida no plano horizontal, considerar como ponto-limite da pluma o ponto situado na metade da distância entre os pontos de amostragem que apresentem concentrações de SQI superior ao VI e o primeiro ponto inferior ao VI.

A delimitação das plumas no plano vertical deve ser realizada por meio da utilização de conjunto de poços multiníveis em quantidade suficiente para estimar a espessura da pluma próximo à área-fonte e ao longo do eixo longitudinal de movimentação, bem como caracterizar a existência ou não de fluxo vertical.

Na instalação de poços ou sistemas multiníveis é sempre importante adotar todos os recursos técnicos para o isolamento entre as zonas de captação de água. As profundidades das seções filtrantes dos poços multiníveis são definidas com fundamento na interpretação do modelo conceitual hidrogeológico desenvolvido para a área, por meio do qual devem ser identificadas as camadas favoráveis ao transporte da pluma de contaminantes.

O conjunto de captação múltipla (poços ou sistema multinível) deve ser formado por no mínimo um par de poços com seção filtrante instalada em duas profundidades diferentes, no mesmo compartimento hidrogeológico. Recomenda-se que um dos poços tenha a seção filtrante posicionada próxima e abaixo

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

do nível d'água estabilizado e o outro poço deve ter a seção filtrante a uma distância não superior a 5 m entre a base da seção filtrante do poço de captação rasa e o topo da seção do poço de captação profunda, sendo que este deve ter seção filtrante de até 1 m. Em função do modelo conceitual, litologia, espessura das camadas litológicas, tipo de contaminantes, evidência ou ocorrência de fluxo vertical, ou caso seja quantificada concentração da SQI acima do VI no poço mais profundo, deve(m) ser adicionado(s) um ou mais níveis ao sistema de captação, visando a proporcionar a definição correta do limite inferior da pluma dissolvida.

Na determinação dos limites da pluma dissolvida no plano vertical, deve ser considerado que o ponto-limite da pluma esteja situado na metade da distância entre a base da seção filtrante do poço que apresente concentração abaixo do VI e a base da seção filtrante do poço adjacente que apresente concentração da SQI acima de VI. Caso o poço mais profundo limite-se ao topo rochoso ou camada impermeável, o limite da pluma deve ser presumido ao longo da interface entre o meio poroso e a rocha ou camada impermeável.

O revestimento de furo durante a perfuração dos poços do conjunto multinível deve ser adotado quando houver possibilidade de migração de contaminantes pelo furo de porções rasas para mais profundas.

Estabelecidos os limites da pluma dissolvida, deve ser verificada a distribuição da contaminação horizontal e vertical dentro desses limites com a identificação dos centros de massa, por meio do adensamento da malha de poços de monitoramento, posicionados próximos às fontes primárias ou secundárias de contaminação.

A partir dos dados obtidos, a representação das plumas de contaminação na água subterrânea deve ser individual para cada SQI, cujas concentrações ultrapassem o VI.

NOTA 1 Recomenda-se que o laboratório tenha seus métodos analíticos acreditados pelo Inmetro, seguindo o estabelecido na ABNTNBR ISO/IEC NBR 17025.

NOTA 2 Em locais com variações sazonais elevadas do nível d'água subterrânea, recomenda-se que a investigação detalhada seja realizada, levando-se em consideração esta variação.

NOTA 3 Devido à possibilidade de ocorrência de contaminantes residuais no revestimento ou pré-filtro, os poços que já tiveram a presença de fase livre podem ser utilizados, desde que justificável tecnicamente, na delimitação da pluma de fase dissolvida.

NOTA 4 Havendo evidências de migração de SQI para a rocha ou camada impermeável, a critério do órgão ambiental competente, pode ser necessário investigar esses meios, utilizando-se normas e procedimentos específicos.

6.4 Estimativa de volume de solo e água subterrânea com concentrações acima de VI

As estimativas de volume de solo e água subterrânea são realizadas com fundamento na delimitação horizontal e vertical da área com concentrações acima de VI.

A estimativa de volume de solo é calculada em função da área de ocorrência e da espessura média de solo impactado.

Em relação à água subterrânea, a estimativa é calculada pela projeção em superfície da área da pluma, da sua espessura média e da porosidade do meio.

Quando houver variação significativa de espessuras, podem ser utilizados cálculos integrativos.

A massa de contaminantes deve ser calculada após a etapa de avaliação de risco à saúde humana, caso sejam necessárias medidas de remediação.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

6.5 Prognósticos de evolução da pluma

O objetivo do prognóstico é estimar, a partir do centro de massa, qual a evolução espacial da(s) pluma(s) ao longo do tempo, principalmente para simular se as concentrações atingirão receptores em um determinado tempo. Além disso, o prognóstico auxilia na tomada de decisão de etapas futuras do processo de gerenciamento de áreas contaminadas.

A seleção de quais substâncias químicas de interesse serão prognosticadas deve ser feita com fundamento na representatividade das substâncias na configuração da contaminação, em função da toxicidade, massa e persistência da substância.

A premissa para elaboração dos prognósticos é o cumprimento de todos os itens da investigação detalhada.

Os prognósticos de evolução da pluma devem contemplar um horizonte de 5 anos e 10 anos, utilizando-se modelos de fluxo e de transporte de contaminantes.

A aplicação de modelos matemáticos de fluxo e transporte de contaminantes para execução dos prognósticos deve ser realizada com base em literatura e procedimentos específicos.

Os modelos matemáticos utilizam uma série de equações, resolvidas por aproximações analíticas ou numéricas, para simular e prever as respostas físico-químicas de um meio poroso e as migrações de SQI.

Cabe ressaltar que os modelos matemáticos ampliam a base de informações, mas não produzem respostas definitivas, uma vez que fornecem uma versão simplificada de um fenômeno que frequentemente é muito mais complexo na prática. Todavia, quando usados em conjunto com a experiência e dados de campo, auxiliam na tomada de decisão, sobretudo quando várias alternativas, envolvendo muitas variáveis, precisam ser comparadas.

6.6 Controle da qualidade

Os trabalhos envolvidos na realização da investigação detalhada devem possuir procedimentos-padrão de operação e registro de informações, calibração, manutenção, treinamento de pessoal ou outros.

Nesse controle devem ser aplicadas normas técnicas específicas para assegurar a qualidade, diminuindo os erros e incertezas dos trabalhos.

6.7 Identificação das fontes, dinâmica de transporte, vias de exposição e receptores (modelo conceitual)

O modelo conceitual da área em estudo deve ser atualizado e validado com as informações obtidas na investigação detalhada, aprimorando o modelo conceitual da investigação confirmatória e gerando uma nova versão, que deve ser a base para o planejamento e realização das etapas seguintes.

As informações obtidas na investigação detalhada a serem utilizadas para atualizar o modelo conceitual e para suprir a avaliação de risco à saúde humana são pelo menos:

a) distribuição das litologias;

b) nível de água dos poços de monitoramento;

c) sentido e velocidade de fluxo;

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

d) concentração e distribuição da contaminação nos meios afetados;

e) mecanismos de liberação identificados;

f) meios de transporte;

g) quantificação de contaminantes presentes no solo e água subterrânea;

h) prognósticos de transporte de contaminantes;

i) vias de exposição reais e hipotéticas;

j) receptores potenciais e reais identificados;

k) necessidade ou não de ações imediatas.

O modelo pode ser apresentado de forma escrita, tabulada, gráfica ou combinação destas.

Estas informações devem ser suficientes para subsidiar a avaliação de risco à saúde humana, etapa posterior do gerenciamento de áreas contaminadas.

A elaboração e o aprimoramento do modelo conceitual devem ser feitos com base em exigências do órgão ambiental competente, norma ou procedimentos específicos.

7 Relatório

7.1 O relatório de investigação detalhada deve contemplar no mínimo os seguintes tópicos:

a) resumo executivo;

b) introdução;

c) histórico da área e das atividades realizadas, incluindo-se os resultados analíticos consolidados;

d) objetivo e escopo;

e) localização da área;

f) caracterização do entorno;

g) caracterização geológica/hidrogeológica (regional e local);

h) plano de amostragem;

i) metodologias e descrições detalhadas das atividades realizadas;

j) limitações da metodologia adotada, garantia e controle da qualidade e avaliação de incertezas;

k) apresentação e discussão de informações obtidas e resultados:

— características de sondagens, poços de monitoramento, ensaios e outras atividades executadas;

— tabelas com resultados analíticos de amostras de solo e água subterrânea comparados aos valores de referência, prevenção e intervenção/investigação ou outros valores máximos permitidos que forem exigidos pelo órgão ambiental;

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

l) representação gráfica das informações e dos resultados:

- mapa de localização das atividades realizadas com a identificação das instalações e fontes de contaminação;
- mapa de uso e ocupação do entorno incluindo-se captações de água subterrânea;
- mapa potenciométrico com cotas baseadas em referências oficiais de nível sobre o mapa do tópico anterior;
- seções esquemáticas geológicas e hidrogeológicas transversal e longitudinal ao sentido preferencial do fluxo de água subterrânea
- mapas de distribuição de contaminação horizontal e vertical para solo e água subterrânea;

m) modelo conceitual atualizado;

n) conclusões e recomendações;

o) plano de ações (medidas emergenciais, necessidade de refinamento do modelo conceitual, proposição de medidas de controle institucional, avaliação de Risco à Saúde Humana e plano de monitoramento, entre outras);

p) referências técnicas e bibliográficas;

q) equipe técnica, qualificação e assinatura do(s) profissional(is) responsável(is).

7.2 Devem ser anexados, entre outros, os seguintes documentos:

a) registro fotográfico da investigação;

b) boletins de sondagens de solo e perfis litológico-construtivos de poços de monitoramento;

c) boletins de amostragem de solo, águas subterrâneas ou demais meios amostrados;

d) boletins de ensaios hidrogeológicos e interpretações;

e) levantamento topográfico georreferenciado de pontos de amostragem, sondagens e poços de monitoramento;

f) resultados de testes e medições em campo (como geofísica, medição de vapores, entre outros);

g) protocolo de recebimento e cadeia de custódia de amostras;

h) boletins, laudos ou relatórios de ensaios analíticos;

i) certificados de calibração dos instrumentos de medição em campo;

j) anotação de responsabilidade técnica (ART) e, quando exigido, declaração de responsabilidade.

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados

Bibliografia

[1] Manual de gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB, www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp

[2] Decisão de Diretoria DD 103/2007 de 22 de junho de 2007 - Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas

[3] Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp

[4] Roteiro para execução de investigação detalhada e elaboração de plano de Intervenção em postos e sistemas retalhistas de combustíveis,

http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/passivos230902.pdf

[5] Lei Estadual do Estado de São Paulo de 13577/09 de Julho de 2009 – Dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas

[6] Resolução CONAMA 420/09 – 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

[7] Testa, S.M - Geological Aspects of Hazardous Waste Management

Exemplar para uso exclusivo - SERV.NAC.DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL/SENAI - 03.848.688/0030-97 (Pedido 437345 Impresso: 03/10/2013)

© ABNT 2013 - Todos os direitos reservados