

## Seção 11.1: Monitoramento para Encerramento – Introdução

A etapa de Monitoramento para Encerramento tem como objetivo geral verificar a manutenção da situação obtida após a etapa de Execução do Plano de Intervenção, quando atingidas as metas de remediação, ou após a realização da etapa de Avaliação de Risco, quando não se constatar a existência de risco acima dos níveis aceitáveis.

São objetivos específicos da etapa de Monitoramento para Encerramento:

- ✓ avaliar a possibilidade de finalização, continuidade ou revisão das medidas de intervenção implementadas (medidas de remediação por tratamento (MRT), medidas de remediação por contenção (MRC), medidas de controle de engenharia (MCE) ou medidas de controle institucional (MCI));
- ✓ definir o sétimo modelo conceitual da área (MCA 7);
- ✓ propor nova classificação da área em avaliação (Classificação 8);
- ✓ concluir sobre a possibilidade de emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado.

Ao final da etapa de Monitoramento para Encerramento, a interpretação das informações precisará ser suficiente para elaborar o sétimo modelo conceitual da área (MCA 7) e permitir a atualização da classificação da área, que pode vir a se tornar uma Área Reabilitada (AR).

A execução da etapa de Monitoramento para Encerramento ocorre por meio das seguintes subetapas, as quais preveem a compilação e interpretação das informações em um documento denominado Relatório de Monitoramento para Encerramento:

- ✓ Planejamento e Execução do Monitoramento para Encerramento (tratado na **Seção 11.2**);
- ✓ Elaboração do Sétimo Modelo Conceitual e Classificação 8 (tratado na **Seção 11.3**);
- ✓ Relatório de Monitoramento para Encerramento (tratado na **Seção 11.4**).

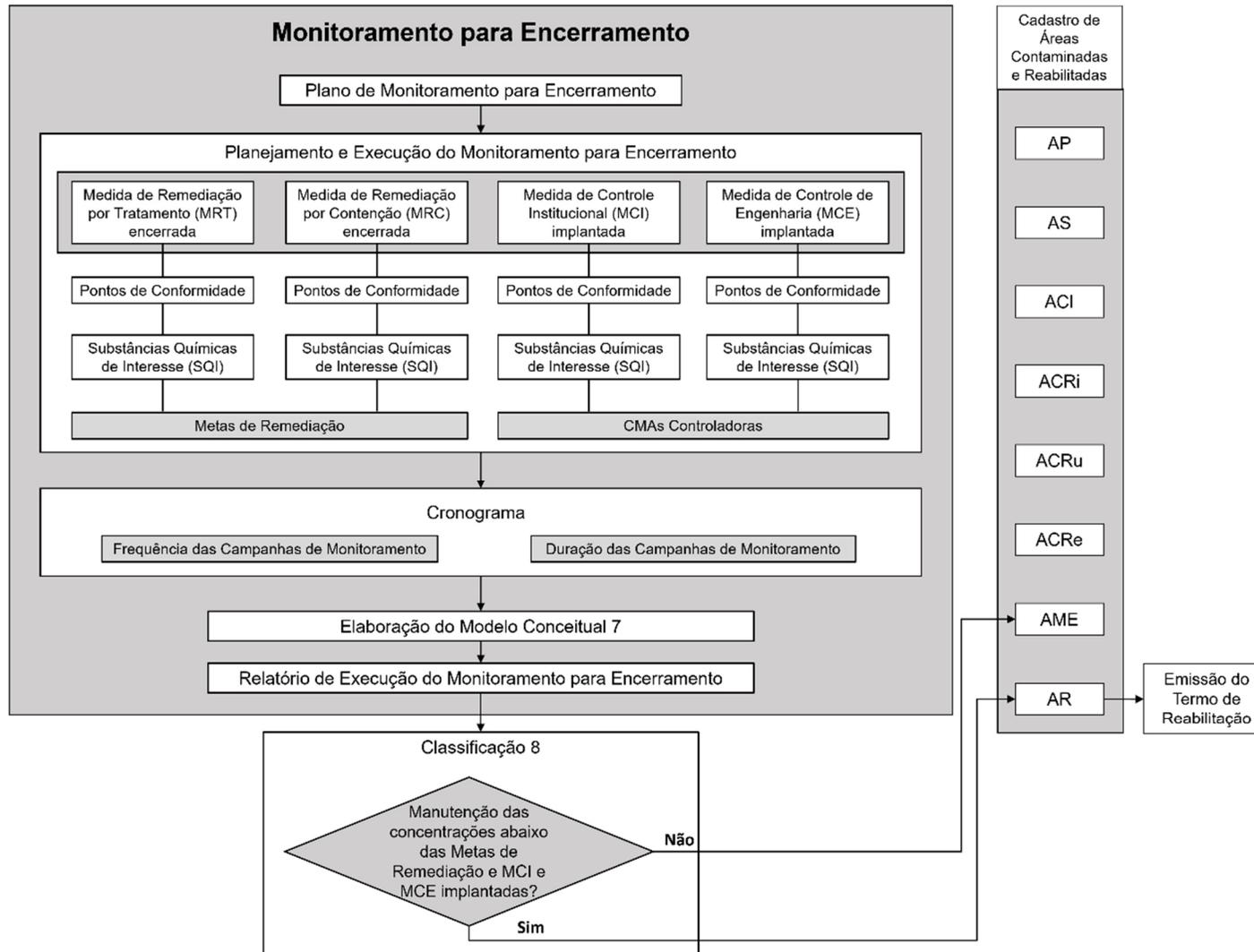
Os resultados dessa etapa de Monitoramento para Encerramento são utilizados para orientar as demais etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), especialmente a etapa de Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado e de Acompanhamento das Medidas de Controle de Engenharia e de Controle Institucional, se necessário.

As áreas classificadas como AR após a execução do Monitoramento para Encerramento passam a integrar a Relação de Áreas Reabilitadas para o Uso Declarado, a ser armazenada no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas.

Os responsáveis legais pelas áreas em que se propôs a classificação como AR, solicitarão ao Órgão Ambiental Gerenciador a Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado.

A **Figura 1.11-1** ilustra o fluxograma da etapa de Monitoramento para Encerramento.

**Figura 1.11-1 – Fluxograma da etapa de Monitoramento para Encerramento**



Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

## Seção 11.2: Planejamento e Execução do Monitoramento para Encerramento

### Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Plano de Monitoramento para Encerramento</b> .....	<b>1</b>
2.1. Localização dos pontos de conformidade.....	1
2.2. SQIs, metas de remediação e CMAs da MCEs ou MCIs .....	2
2.3. Cronograma .....	2
<b>3. Execução e interpretação dos resultados</b> .....	<b>2</b>

### 1. Introdução

A etapa de Monitoramento para Encerramento requer um planejamento inicial para definição dos seus objetivos e da metodologia a ser adotada.

Os objetivos da etapa de Monitoramento para Encerramento são:

- ✓ comprovar a manutenção da situação observada, após a etapa de Avaliação de Risco, quando não há necessidade de implementação de medidas de intervenção;
- ✓ comprovar a manutenção do atingimento das metas de remediação, após a implementação das medidas de remediação por tratamento (MRT) ou das medidas de remediação por contenção (MRC);
- ✓ comprovar se as medidas de controle institucional (MCI) ou medidas de controle de engenharia (MCE) implementadas permanecem necessárias ou podem ser finalizadas.

### 2. Plano de Monitoramento para Encerramento

A elaboração do Plano de Monitoramento para Encerramento se dá com base nas informações do quarto modelo conceitual da área (MCA 4), ou no sexto modelo conceitual da área (MCA 6), visando detalhar os seguintes tópicos:

- ✓ a localização dos pontos de conformidade;
- ✓ as substâncias químicas de interesse (SQI);
- ✓ as metas de remediação;
- ✓ a concentração máxima aceitável (CMA) das MCE;
- ✓ a CMA das MCI;
- ✓ o cronograma.

#### 2.1. Localização dos pontos de conformidade

Os pontos de conformidade definidos na etapa de Monitoramento para Encerramento são pontos de monitoramento que representam as condições, junto a cada componente, dos riscos ou dos danos aos bens a proteger. Esses pontos podem estar

próximos das fontes de contaminação primárias ou secundárias, do centro de massa da contaminação, das plumas de contaminação e, principalmente, dos bens a proteger.

Nessa etapa, os pontos de conformidade são selecionados dentre aqueles já instalados nos compartimentos do meio ambiente (solo, águas subterrâneas, águas superficiais, ar do solo, ar ambiente ou materiais antrópicos) durante as etapas de Avaliação de Risco ou de Execução do Plano de Intervenção. Isso inclui, por exemplo, os pontos de conformidade utilizados no monitoramento da eficiência e eficácia das MRT ou MRC, ou os pontos de conformidade das MCE ou MCI. Entretanto, podem ser instalados novos pontos de conformidade durante a etapa de Monitoramento para Encerramento, com o objetivo de representar melhor as condições obtidas após a adoção das medidas de intervenção.

## **2.2. SQIs, metas de remediação e CMAs da MCEs ou MCIs**

As SQIs, as metas de remediação e as CMAs das MCEs ou das MCIs, utilizadas na etapa de Monitoramento para Encerramento são aquelas que foram consideradas relevantes na composição dos riscos ou danos aos bens a proteger, conforme identificado na etapa de Avaliação de Risco, ou foram adotadas nas etapas de Elaboração e Execução do Plano de Intervenção.

## **2.3. Cronograma**

A frequência e a duração do Monitoramento para Encerramento são definidas com base na dinâmica e degradação das SQIs nos compartimentos do meio ambiente, além dos resultados da implantação das medidas de intervenção. Nesse contexto, a utilização de modelagem matemática pode ser importante para a definição do cronograma do Monitoramento para Encerramento.

Por exemplo, no caso de ter sido realizada a remoção de solo contaminado com substâncias de baixa mobilidade e não voláteis, pode ser necessária apenas uma campanha de monitoramento para encerramento, a fim de comprovar a manutenção da situação atingida, após a aplicação da técnica de remediação por tratamento. Destaca-se que esse único monitoramento para encerramento não deve ser confundido com a comprovação da remoção de solo contaminado, que é feita por meio da realização de campanhas de monitoramento da eficiência e eficácia da técnica de remediação aplicada durante a etapa de Execução do Plano de Intervenção.

Outro exemplo: no caso de ter sido aplicada uma técnica de remediação que evitou a chegada de uma pluma de contaminação dissolvida a um poço de abastecimento de água – tendo o resultado sido comprovado com os dados do monitoramento da eficiência e eficácia –, a frequência e vigência do Monitoramento para Encerramento poderá ser definida considerando vários fatores, como: a distância entre a pluma de contaminação dissolvida e o poço; a mobilidade da SQI e da sua massa que permanece na água subterrânea; além das características do poço, como a sua taxa de bombeamento, sendo importante para isso, a utilização de modelagem matemática.

## **3. Execução e interpretação dos resultados**

Uma vez definido o plano de monitoramento para encerramento, o responsável técnico inicia a execução das campanhas de amostragem e análise, de acordo com o cronograma definido. Essa tarefa contempla a obtenção e interpretação dos resultados, além de avaliar a necessidade de ampliação, manutenção ou finalização do monitoramento.

Durante a interpretação dos resultados, considera-se o histórico de execução das etapas anteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), principalmente a Avaliação de Risco e a Execução do Plano de Intervenção.

O processo de interpretação dos resultados se faz de maneira constante. Ao passo que as informações são obtidas – como, por exemplo, a obtenção dos resultados analíticos das campanhas iniciais –, o responsável técnico inicia sua interpretação e define as ações necessárias. Essas ações podem resultar na continuidade das campanhas, no retorno das medidas de remediação ou mesmo no encerramento da aplicação de uma MCI. Nesse processo, o responsável técnico também pode propor alterações no Monitoramento para Encerramento, como a ampliação da sua vigência ou frequência, ou mesmo identificar a necessidade de revisar algumas das etapas anteriores do GAC.

Por exemplo, caso sejam constatadas, nos pontos de conformidade, concentrações superando as metas de remediação nos compartimentos do meio ambiente avaliados, em uma área onde foi aplicada uma MRT, conclui-se que os objetivos do Monitoramento para Encerramento não foram atingidos. Assim, seriam necessárias providências para solucionar esse problema, como a ampliação da vigência do Monitoramento para Encerramento ou retomar a MRT.

Outro exemplo, considerando uma área onde foram implementadas MCEs ou MCIs, caso as concentrações das SQIs se mantenham acima das CMAs após o Monitoramento para Encerramento, haverá confirmação da necessidade de continuar sua aplicação.

Quando necessário, durante a execução do Monitoramento para Encerramento, a interpretação dos resultados pode ser subsidiada pela adoção de métodos estatísticos caso não haja resultados claros ou significativos sobre a manutenção da situação após a implementação das medidas de intervenção.

Uma metodologia estatística tradicionalmente utilizada no GAC para analisar dados coletados ao longo do tempo – e que pode ser conclusiva para tendências de aumento ou diminuição das concentrações em um ponto de conformidade – é o teste de tendência Mann Kendall (*M-K test*). Nesse teste, mediante a obtenção de no mínimo quatro dados temporais, é possível indicar a existência de tendência no comportamento das concentrações. Caso os resultados não indiquem tendência, um número maior de dados precisa ser obtido até a compreensão do comportamento (geralmente de oito a dez são suficientes para a obtenção de resultados conclusivos). Assim, como exposto anteriormente, os resultados obtidos utilizando-se métodos estatísticos têm de estar alinhados com os objetivos da etapa, do contrário, se considera que os objetivos não foram atingidos.

Comprovado o atingimento dos objetivos, a etapa de Monitoramento para Encerramento se dá por finalizada.

## Seção 11.3: Elaboração do Sétimo Modelo Conceitual e Classificação 8

### Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Estrutura do MCA 7</b> .....	<b>1</b>
2.1. Plantas georreferenciadas.....	1
2.2. Representações tridimensionais.....	2
2.3. Tabela resumo .....	2
2.4. Texto explicativo.....	3
<b>3. Classificação 8</b> .....	<b>3</b>

### 1. Introdução

O sétimo modelo conceitual da área (MCA 7) busca representar, de forma concisa e resumida, os resultados da etapa de Monitoramento para Encerramento. O MCA 7 é uma complementação do sexto modelo conceitual da área (MCA 6), feita por meio da atualização das plantas, texto explicativo e tabela resumo.

Os resultados da etapa de Monitoramento para Encerramento, representados no MCA 7, são utilizados para a Classificação 8 pelo Órgão Ambiental Gerenciador. Essa classificação pode designar a área como Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR), indicando a continuidade do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) para a etapa de Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado.

Nesta seção, são apresentadas, no item 2, as diretrizes para a construção do MCA 7 e, no item 3, a diretriz para a classificação da área após a Execução do Plano de Intervenção.

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

### 2. Estrutura do MCA 7

No MCA 7, os resultados da etapa de Monitoramento para Encerramento são interpretados e organizados por bens a proteger, formando uma estrutura que contém:

- ✓ plantas georreferenciadas;
- ✓ representações tridimensionais dos resultados do Monitoramento para Encerramento;
- ✓ tabela com resumo das informações;
- ✓ texto explicativo com integração e interpretação das informações sobre os resultados do Monitoramento para Encerramento.

#### 2.1. Plantas georreferenciadas

A representação espacial da área é feita por meio da atualização das plantas elaboradas no MCA anterior, com escala apropriada, legenda e as seguintes descrições:

**Planta da área com proposta de classificação como AR** – planta contendo o polígono que representa os limites (perímetro) da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas avaliada (atual e pretéritas), delineado com base na(s) matrícula(s) do imóvel(is), ao qual se propõe aplicar a classificação como AR. 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 levantadas na Avaliação Preliminar e eventualmente atualizadas nas etapas posteriores, até a etapa de Monitoramento para Encerramento.

**Planta de ocupação da área** – planta que represente a forma de ocupação a ser mantida na área após sua classificação como AR, de acordo com o uso a ser declarado no termo de reabilitação. Indica aspectos importantes que foram considerados para viabilizar o seu uso seguro, como ambientes fechados, ambientes abertos, impermeabilizados, com solo exposto, elevados para evitar a exposição ao solo, cercados etc. São também representados nessa planta, quando houver, tanques ou utilidades subterrâneas que atuaram como fontes de contaminação e não puderam ser removidos da área por questões estruturais, permanecendo inertes na AR.

## 2.2. Representações tridimensionais

**Representação tridimensional dos resultados do Monitoramento para Encerramento** – plantas e seções verticais longitudinais e transversais, ou outra maneira de representação tridimensional, contendo:

- a indicação da localização dos pontos de conformidade;
- a situação atingida nos pontos de conformidade;
- fontes de contaminação potenciais que permanecerão na área;
- plumas de contaminação remanescentes na área.

**Representação tridimensional dos resultados do GAC** – plantas e seções verticais longitudinais e transversais, ou outra maneira de representação tridimensional, contendo:

- as áreas e volumes das Medidas de Controle Institucional (MCI) ou Medidas de Controle de Engenharia (MCE) que serão mantidas na área após a emissão do Termo de Reabilitação;
- a indicação dos pontos de conformidade em que será feito o acompanhamento das MCIs ou MCEs.

## 2.3. Tabela resumo

Um resumo dos resultados da execução do Monitoramento para Encerramento é necessário para melhor entendimento do MCA 7. Esse resumo pode ser feito por meio de uma tabela para cada compartimento do meio ambiente objeto de monitoramento para encerramento (solo, água subterrânea, ar do solo etc.), cada uma delas estruturadas para conter uma Substância Química de Interesse (SQI) em cada linha e as seguintes informações nas colunas:

- ✓ número de pontos de conformidade utilizados;
- ✓ número de campanhas de monitoramento realizadas;
- ✓ número de campanhas de monitoramento desconformes (campanhas em que se observaram o efeito de “rebote” das concentrações);
- ✓ tendência dos resultados do monitoramento (redução, estabilidade ou aumento);
- ✓ possibilidade de encerrar o monitoramento para encerramento.

#### **2.4. Texto explicativo**

O texto explicativo integra as informações em um resumo que visa dar sentido às plantas e representações tridimensionais do MCA 7, destacando como a situação da área variou durante as campanhas do Monitoramento para Encerramento, buscando comprovar:

- ✓ a manutenção da situação abaixo das CMAs após a Avaliação de Risco, não sendo necessária a implementação de medidas de intervenção;
- ✓ a manutenção do atingimento das metas de remediação, após a implementação das medidas de remediação, indicando que essas medidas foram eficazes, não sendo mais necessárias;
- ✓ que as MCIs ou MCEs implementadas permanecem necessárias, ou podem ser encerradas.
- ✓ os responsáveis pela manutenção e acompanhamento das MCIs ou MCEs a serem mantidas e o tempo de vigência dessas medidas.
- ✓ as condições atingidas que permitem a ocupação segura da área ao longo do tempo, com as devidas restrições a serem mantidas.

### **3. Classificação 8**

Uma AR é aquela onde os riscos ou os danos aos bens a proteger foram gerenciados satisfatoriamente, por meio da execução de medidas de intervenção, cujos resultados proporcionam condições seguras para o uso declarado da área.

Dessa forma, finalizada a etapa de Monitoramento para Encerramento, a área em avaliação será classificada como AR, quando nessa, e na sua vizinhança, forem constatadas as seguintes situações:

- I. Os valores de risco total à saúde humana se mantiveram igual ou abaixo do limite de risco aceitável;
- II. Os locais em que os valores de risco total permaneceram acima do risco aceitável estão controlados por meio de MCIs e MCEs;
- III. Os valores de risco total aos organismos de ecossistema natural se mantiveram igual ou abaixo do risco aceitável;
- IV. As SQIs não atingiram, ou deixaram de atingir, os compartimentos do meio ambiente, não havendo a ultrapassagem dos padrões legais aplicáveis (PLA);
- V. As SQIs não atingirão os bens a proteger no futuro, em condições de causar a ultrapassagem das CMAs ou dos PLAs, comprovado por modelagem do transporte das substâncias;

- VI. Os danos aos bens a proteger foram minimizados ou eliminados, viabilizando o uso declarado da área e vizinhança.

## Seção 11.4: Relatório do Monitoramento para Encerramento

### Sumário

1. Introdução.....	1
2. Relatório do Monitoramento para Encerramento.....	1

### 1. Introdução

Após a execução das subetapas de Planejamento e Execução do Monitoramento para Encerramento e de Elaboração do Sétimo Modelo Conceitual da Área (MCA 7) e Classificação 8, o responsável técnico registrará os resultados e interpretação dessas ações no Relatório do Monitoramento para Encerramento, finalizando, dessa forma, a etapa de Monitoramento para Encerramento.

Considerando a sequência de etapas previstas no Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), as informações e conclusões do Relatório de Monitoramento para Encerramento serão importantes para o planejamento da etapa seguinte, a Emissão do Termo de Reabilitação para o Uso Declarado e o Acompanhamento das Medidas de Controle de Engenharia e de Controle Institucional.

Para a elaboração do Relatório do Monitoramento para Encerramento, o responsável legal levará em consideração as diretrizes gerais estabelecidas no item 7 da **Seção 1.2** deste manual.

### 2. Relatório do Monitoramento para Encerramento

Em sua estrutura, o Relatório de Monitoramento para Encerramento deve conter os seguintes itens:

- ✓ Descrição dos resultados da subetapa de Planejamento e Execução do Monitoramento para Encerramento;
- ✓ O Sétimo Modelo Conceitual da Área (MCA 7) e a proposta de Classificação 8.

Sobre os resultados do Planejamento e Execução do Monitoramento para Encerramento, o relatório é elaborado para abordar os seguintes elementos:

- localização dos pontos de conformidade;
- número de campanhas de monitoramento realizadas;
- as substâncias químicas de interesse (SQI);
- métodos de amostragem e materiais utilizados;
- dados físico-químicos monitorados;
- controles de qualidade (duplicatas, brancos, calibração de equipamentos);
- comparação dos resultados analíticos com as metas de remediação;
- comparação dos resultados analíticos com as concentrações máximas aceitáveis (CMAs) das MCEs;
- comparação dos resultados analíticos com as CMAs das MCIs;
- cronograma executado do monitoramento para encerramento.

Os itens a seguir podem constar de Anexos do relatório, para serem consultados conforme a necessidade:

- perfis construtivos dos poços de monitoramento;
- fichas de campo, preenchidas durante as atividades de amostragem, medição de nível d'água etc.;
- cadeias de custódia, fichas de recebimento das amostras no laboratório e laudos de análises químicas;
- certificados de calibração dos equipamentos de medição de campo;
- registro fotográfico dos trabalhos.

Com relação ao cronograma executado da etapa de Monitoramento para Encerramento, é importante que sejam consolidadas as datas de realização dos trabalhos, indicando de maneira simples, como em uma tabela de fácil conferência, as datas de:

- coleta de amostras;
- medição geral do nível d'água nos poços de monitoramento;
- período de validade da calibração dos equipamentos de medição utilizados;
- entrada das amostras nos laboratórios de análises químicas.