

MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**SUMÁRIO**

1.	APLICABILIDADE	1
2.	DEFINIÇÕES	2
3.	DIRETRIZES GERAIS	4
4.	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA E PROJETO DE POÇOS DE MONITORAMENTO	5
5.	RELATÓRIO DE CONSTRUÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO	8
6.	PROGRAMA DE PURGA E AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	10
7.	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	11
8.	DIRETRIZES TRANSITÓRIAS	12
9.	ENCERRAMENTO DO MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	13
10.	REFERÊNCIAS UTILIZADAS	14
11.	CONTROLE DE ALTERAÇÕES	15
12.	BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	15

1. APLICABILIDADE

Esta diretriz estabelece critérios para a apresentação dos relatórios e projetos de poços de monitoramento, incluindo as etapas de planejamento, construção, completação, desenvolvimento, purga e amostragem para o monitoramento da qualidade da água subterrânea em empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental pela FEPAM. O programa de monitoramento da água subterrânea também deverá envolver etapas de interpretação e reavaliação do mesmo.

Esta diretriz se aplica tanto para o monitoramento preventivo de água subterrânea em empreendimentos potencialmente poluidores nos casos solicitados por esta Fundação (e.g. aqueles que envolvam disposição de efluente em solo conforme Portaria FEPAM nº 68/2019 e suas alterações, aterros sanitários nos casos previstos pela Diretriz Técnica FEPAM nº 04/2017 e suas alterações, bem como indústrias conforme identificada a necessidade), como para monitoramento de água subterrânea relacionado ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC). As etapas de caracterização constantes

nesta diretriz não devem ser confundidas com as etapas do GAC, devendo nestes casos ser utilizada esta diretriz em conjunto com a Diretriz Técnica FEPAM nº 03/2021.

O regramento em tela visa elucidar os critérios para implantação de redes de monitoramento da água subterrânea, não enquadrando uso de tecnologias de coletas pontuais de água subterrânea.

Esta diretriz se aplica para o monitoramento de aquíferos granulares. Para monitoramento de aquíferos fraturados, deverão ser estabelecidas técnicas complementares adequadas associadas ao julgamento do profissional.

2. DEFINIÇÕES

Para fins desta Diretriz Técnica, considera-se:

- 2.1. Água subterrânea:** água que se encontra em solos, sedimentos ou em formações geológicas totalmente saturadas;
- 2.2. Aquífero:** corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos;
- 2.3. Aquífero granular:** aquífero que armazena e transmite água nos interstícios de rochas predominantemente sedimentares, sedimentos inconsolidados e/ou solos;
- 2.4. Aquífero fraturado:** aquífero com acúmulo e transmissão de água nas fraturas interconectadas da rocha;
- 2.5. Altura da boca do tubo:** distância em metros entre a superfície do terreno e o topo do tubo de revestimento do poço;
- 2.6. Carga hidráulica:** energia potencial da água em um poço, correspondendo à soma das energias de posição e de pressão, expressada pela altitude ortométrica da superfície da água no poço;
- 2.7. Contaminantes:** organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou outros elementos em concentrações que possam afetar a saúde humana e o meio ambiente;
- 2.8. Condutividade hidráulica (K):** vazão de um fluido através de uma área unitária em função de um gradiente hidráulico unitário, na unidade de tempo em meio saturado, a qual depende do meio e do fluido que o percola, expressa em cm/s;
- 2.9. d-15:** diâmetro de uma partícula da amostra (em milímetros) em que 15% do peso (seco) das partículas desta amostra são mais finos. Equivalente à abertura da malha de peneira que retém 85% do peso seco de uma determinada amostra;

- 2.10. d-30:** diâmetro de uma partícula da amostra (em milímetros) em que 30% do peso (seco) das partículas desta amostra são mais finos. Equivalente à abertura da malha de peneira que retém 70% do peso seco de uma determinada amostra;
- 2.11. d-85:** diâmetro de uma partícula da amostra (em milímetros) em que 85% do peso (seco) das partículas desta amostra são mais finos. Equivalente à abertura da malha de peneira que retém 15% do peso seco de uma determinada amostra;
- 2.12. Desenvolvimento preliminar:** procedimento realizado após instalação do tubo-filtro e pré-filtro visando retificar danos causados pela perfuração, remoção de materiais de granulação fina do filtro e do pré-filtro e estabilização e consolidação do pré-filtro;
- 2.13. Desenvolvimento final:** bombeamento realizado após o término de instalação do poço de monitoramento visando remoção de materiais de granulação fina, até que a água removida do poço esteja visivelmente límpida ou atinja um valor de turbidez da ordem de 5 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez);
- 2.14. Esgotamento:** remoção de toda a água contida no interior do poço de monitoramento;
- 2.15. Gradiente hidráulico:** taxa que expressa a quantidade de variação de carga hidráulica por unidade de distância horizontal;
- 2.16. Limites de quantificação da amostra:** menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente, com precisão e exatidão, pelo método utilizado, ajustado para as características específicas da amostra analisada;
- 2.17. Mapa potenciométrico:** mapa onde é possível observar as linhas equipotenciais em um mesmo aquífero, referentes às linhas de isovalores que expressam as diferentes cargas hidráulicas de uma área, obtidas a partir da interpolação das observações da superfície potenciométrica nos poços em uma determinada data;
- 2.18. Modelo Hidrogeológico Conceitual (MHC):** relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte da água subterrânea e das substâncias químicas de interesse na área a ser monitorada, conforme o contexto hidrogeológico da área;
- 2.19. Monitoramento da água subterrânea:** verificação da qualidade da água subterrânea ao longo do tempo, através de uma rede de poços de monitoramento com distribuição espacial e parâmetros específicos, com objetivo de avaliar possíveis alterações que possam estar associadas a fontes de contaminantes a partir do empreendimento;
- 2.20. Profundidade do nível d'água:** distância vertical entre o topo da zona saturada e a superfície do terreno;
- 2.21. Pré-filtro:** areia quartzosa ou mistura de areia e cascalho limpos, de granulometria e graduação selecionados, que é instalado no espaço anular entre a parede do furo de

sondagem e o tubo-filtro, estendendo-se a uma distância apropriada acima das ranhuras, com o propósito de reter e estabilizar as partículas da formação;

2.22. Purga: prática de se remover água do poço de monitoramento através de método reconhecido pela ABNT NBR 15487, previamente à amostragem, a fim de eliminar a água não representativa da formação (aquela que sofre alterações físico-químicas e biológicas ao permanecer no interior do poço);

2.23. Porosidade efetiva: quantidade de água efetivamente drenada (%) por gravidade de um volume unitário saturado do aquífero;

2.24. Substância química de interesse (SQI): substância química relacionada às fontes primárias ou secundárias de contaminação;

2.25. Taxa de Recuperação: razão com que o nível de água de um poço retorna ao nível de equilíbrio hidráulico com o restante do aquífero após a retirada da água;

2.26. Tubo-filtro: tubo ranhurado com aberturas de largura, orientação e espaçamento uniformes, que retém o pré-filtro e que permite escoamento da água subterrânea da formação através do poço;

2.27. Unidade hidroestratigráfica: corpo de rocha ou camada de sedimento com extensão lateral e características hidrogeológicas e hidrodinâmicas únicas, distintas das demais unidades que compõem o subsolo do local sob avaliação;

2.28. Valores censurados à esquerda: resultados analíticos com registros abaixo de certo limite não denominados;

2.29. Valores orientadores: concentração de determinada substância química que fornece orientação sobre a qualidade e as alterações do solo e da água subterrânea;

2.30. Zona-alvo de monitoramento: espessura vertical do aquífero onde serão instaladas as seções filtrantes e do pré-filtro dos poços de monitoramento, onde exista uma razoável expectativa de um poço de monitoramento interceptar os potenciais contaminantes em migração de acordo com o MHC;

3. DIRETRIZES GERAIS

3.1 Todos os documentos apresentados em qualquer fase do licenciamento ambiental deverão ser assinados por responsável técnico habilitado e acompanhado de cópia da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) com as atividades técnicas pertinentes às obras e serviços realizados registradas no respectivo Conselho de Classe;

3.2 Todas as informações geoespaciais devem estar georreferenciadas ao datum SIRGAS2000 e para as informações altimétricas ao datum vertical Marégrafo de Imbituba, informando as

altitudes ortométricas em relação a uma referência de nível (RN) padrão IBGE, informando a localização da RN. No caso de impossibilidade de nivelamento altimétrico à RN existente, deverá ser providenciado a instalação de RN altimétrica no empreendimento. As informações geoespaciais devem estar apresentadas em tabelas informando coordenadas de localização e cotas altimétricas ortométricas bem como estar em plantas, mapas e formato vetorial shapefile georreferenciados (conforme Diretriz Técnica FEPAM N.º 01/2017);

- 3.3** Em conformidade ao rito do licenciamento ambiental, o empreendedor poderá efetuar as etapas de projeto (item 4), instalação (5) e purga e amostragem (6) sem a prévia aprovação da FEPAM, sem prejuízo de posterior necessidade de adequação em caso de descumprimento e/ou inadequação técnica.

4. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA E PROJETO DE POÇOS DE MONITORAMENTO

O relatório de projeto dos poços de monitoramento deve consolidar a etapa de planejamento, sendo balizado pela norma ABNT NBR 15495-1:2007 (versão corrigida de 2009), visando que o poço seja construído com base em uma adequada caracterização hidrogeológica da área, possibilitando a obtenção de amostras representativas da qualidade da água subterrânea na zona alvo de monitoramento. Desse modo, indica-se nessa etapa o conjunto mínimo de informações que devem ser elencadas previamente à instalação de poços de monitoramento.

- 4.1.** Objetivo do monitoramento: deverá ser especificado mediante características da fonte pontual de potencial contaminação, dos mecanismos de dispersão e dos potenciais receptores, visando avaliar a distribuição espacial da qualidade da água subterrânea, possibilitando seu diagnóstico e prognóstico;
- 4.2.** Localização da área monitorada em termos pertinentes ao projeto, mapas ou fotos aéreas, nas quais estejam locadas sondagens exploratórias, piezômetros e poços de monitoramento;
- 4.3.** Caracterização da área de interesse contendo, no mínimo, as seguintes informações:
- 4.3.1.** Contexto hidrogeológico a partir de dados primários e secundários, dando-se ênfase nas informações de escala local, de modo a definir a hipótese de distribuição das unidades predominantes de solo e rocha na área e suas características;
- 4.3.2.** Relatório das investigações de campo, as quais devem abordar minimamente os tópicos abaixo. Em contextos hidrogeológicos de maior complexidade, poderão ser necessárias informações complementares, além das descritas abaixo;
- a)** Planta planialtimétrica do empreendimento (*datum* SIRGAS 2000, *datum* vertical Marégrafo de Imbituba, informando as altitudes ortométricas em relação a uma

referência de nível - RN - padrão IBGE) com as edificações e principais estruturas e áreas de interesse do monitoramento;

- b) Planta com demarcação da drenagem e caracterização da hidrografia da área;
- c) Registros das sondagens para coleta de material em número (não inferior a três) e profundidade suficientes para garantir representatividade geoespacial das amostras. A descrição tátil-visual das amostras de solo deve ser feita conforme Anexo A da ABNT NBR 15492. Os registros das sondagens devem conter: descrição da metodologia e dos equipamentos utilizados, data de realização, equipe responsável, condições climáticas, litologia e distribuição litológica, profundidades de interesse e total, textura, estrutura, cor, odor, indícios de contaminação, coordenadas geográficas, profundidade do nível d'água, recuperação da amostra, medições realizadas no campo (concentração de vapores, resistência à penetração, etc), dificuldades encontradas. OBS: poderão ser utilizados dados de sondagens anteriores realizadas na área ou apresentada justificativa técnica para não realização de sondagens em locais de baixa complexidade hidrogeológica;
- d) Coleta e definição da granulometria (d-15, d-30 e d-80) da zona-alvo de monitoramento com apresentação do laudo laboratorial da análise;
- e) Litologia e espessura de cada unidade hidroestratigráfica, identificando os principais parâmetros hidrogeológicos associados (minimamente porosidade efetiva e condutividade hidráulica), podendo ser utilizados dados secundários;
- f) Indicação do provável sentido de fluxo da água subterrânea mediante apresentação de mapa potenciométrico preliminar com base na carga hidráulica calculada a partir do nível d'água aferido nas sondagens. Deverá ser indicada a data do levantamento potenciométrico, considerando que o sentido de fluxo da água subterrânea pode sofrer alterações significativas de direção ao longo do ano. Além disso, deverão ser identificados poços de produção de água próximas da área de estudo e apresentados os dados hidrogeológicos e de regime de bombeamento disponíveis, pois o regime de operação desses poços pode alterar a direção de fluxo da água subterrânea;

4.3.3. Comprovação do adequado selamento dos furos de sondagens para caracterização da área de interesse com material compatível com o perfil litológico previamente identificado, evitando que o material de preenchimento crie zonas de contato entre aquíferos ou aquitardes. Em locais com risco de contaminação superficial o selamento deverá

contemplar a utilização de materiais selantes expansivos (bentonita) no furo e impermeabilização na superfície;

NOTA: para áreas com suspeita de contaminação o solo removido durante a sondagem deve ser manejado e destinado de acordo com sua classificação e com apresentação dos respectivos MTR's de acordo com a Portaria FEPAM 87/2018 e suas alterações;

4.3.4. Caracterização da fonte potencial de contaminação, indicando os contaminantes de interesse e seu esperado comportamento em subsuperfície, contemplando os padrões hidrogequímicos conhecidos. Com base na caracterização da fonte deverão ser definidos os parâmetros de controle;

4.3.5. Modelo hidrogeológico conceitual (MHC) preliminar da área:

O MHC preliminar deve sintetizar as relações entre as geometrias do sistema, com as camadas geológicas e suas propriedades físicas e químicas, seus contornos e interconexões hidráulicas. As informações sintetizadas no modelo devem estar de acordo com fontes de informação compatíveis com a escala da representação, apresentando as fontes e referências utilizadas, assim como as incertezas do modelo. O MHC deverá contemplar minimamente:

- a) Duas seções hidrogeológicas transversais perpendiculares entre si, contendo representação da heterogeneidade da litologia da área e principais parâmetros hidrodinâmicos, necessariamente informando a profundidade do nível d'água;
- b) Mapa potenciométrico preliminar localizando as seções hidrogeológicas, as áreas de interesse do monitoramento e as sondagens realizadas (no mínimo 3 pontos);
- c) Indicação do sentido de fluxo;
- d) Estimativa do transporte do contaminante de interesse com base na combinação das características do contaminante com as características hidrogeológicas locais levantadas considerando o meio saturado e não saturado;

4.3.6. Caracterização da zona-alvo apropriada para o monitoramento, considerando os objetivos elencados e o modelo hidrogeológico conceitual;

4.4. Desenho preliminar da rede de amostragem contemplando:

4.4.1. Número (no mínimo três) e localização geográfica dos poços de monitoramento previstos e critérios adotados para distribuição (e.g. subdivisão da área em quadriculas homogêneas). A rede deverá contemplar poços a montante e a jusante da potencial fonte de contaminação, devendo ser suficiente para acompanhar a alteração hidrogequímica dos parâmetros de interesse;

- 4.4.2. Diâmetro do furo de sondagem e diâmetro dos tubos a serem instalados, garantindo um espaço anular com espessura mínima de 5 centímetros (2 polegadas);
- 4.4.3. Profundidade dos poços de monitoramento e proposta de posicionamento da seção filtrante e pré-filtro com base na zona-alvo de monitoramento estabelecida no MHC;
- 4.5. Cronograma executivo para instalação dos poços de monitoramento;
- 4.6. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) contendo na descrição da obra/serviço a atividade de “projeto de poços de monitoramento”;

5. RELATÓRIO DE CONSTRUÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO

Com base no projeto citado no item 4, deverá ser apresentado relatório técnico fotográfico de construção dos poços de monitoramento, o qual deverá contemplar os itens abaixo. Os procedimentos deverão atender ao disposto na ABNT NBR 15495-1/2007 (versão corrigida de 2009) e ABNT NBR 15495-2/2008.

- 5.1. Registro da perfuração dos poços de monitoramento, contendo: data, equipe responsável, descrição da metodologia e dos equipamentos utilizados, unidades geológicas perfuradas, progresso da perfuração, profundidade do poço, profundidade do nível d'água, recuperação da amostra, volumes e tipos de fluidos utilizados, fonte e composição química no caso de utilização de água e outros fatos significativos da perfuração;
- 5.2. Registro da construção dos poços de monitoramento, contendo:
 - 5.2.1. Data da instalação e equipe responsável;
 - 5.2.2. Identificação, número de cadastro no Sistema de Outorga (SIOUT), planilha de dados construtivos preenchida segundo modelo do Anexo I desta Diretriz e coordenadas geográficas;
 - 5.2.3. Perfis construtivos e litológicos contendo:
 - a) Litologias;
 - b) Diâmetro do furo;
 - c) Diâmetro dos tubos;
 - d) Cota altimétrica ortométrica da boca de cada poço;
 - e) Altura da boca do tubo e profundidade total do poço;
 - f) Material do tubo revestimento e tubo-filtro;
 - g) Posição e extensão do tubo-filtro, o qual deve representar o intervalo a ser monitorado em função do MHC estabelecido. Deve ser evitada a instalação de tubo-filtro com mais de 3 m, não sendo permitida a instalação em mais de uma unidade hidroestratigráfica;

- h) Extensão e posicionamento do pré-filtro (a seção pré-filtro deve ser instalada a, no mínimo, 600 mm acima da ranhura do filtro, a menos que não haja condições, justificadas com base no MHC), não sendo permitida a instalação em mais de uma unidade hidroestratigráfica;
- i) Extensão e posicionamento do selo anular, da calda de preenchimento e do revestimento de proteção;

5.2.4. Características do tubo-filtro (abertura das ranhuras, aspectos construtivos). A abertura das ranhuras deve ser determinada em função dos tamanhos dos grãos, do intervalo da formação a ser monitorada e da granulometria do material do pré-filtro;

5.2.5. Características do pré-filtro (material, granulometria e uniformidade). A granulometria do material do pré-filtro deve ser fina o suficiente para reter a formação, porém sem restringir o movimento da água subterrânea, observando-se as relações indicadas no item 5.3.2 da ABNT NBR 15495-1/2007 (versão corrigida de 2009);

NOTA: Para poços de monitoramento instalados em granulometria mais fina que a distribuição de partículas com passagem de até 50% do material pela peneira de malha de 200 mesh e não mais do que 20% de partículas do tamanho de argilas (isto é, silte fino, areia com alguma argila), deverá ser utilizada a granulometria de pré-filtro indicada para a menor ranhura de tubo-filtro disponível;

5.2.6. Características (composição dos materiais utilizados), extensão, posicionamento e metodologia de instalação do selo anular (selo anular de bentonita e calda de preenchimento);

5.2.7. Metodologia de desenvolvimento preliminar, conforme item 6.1.2 da ABNT NBR 15495-2;

5.2.8. Registro do desenvolvimento final dos poços de monitoramento, em conformidade à ABNT NBR 15495-2, contemplando:

5.2.8.1 Método de desenvolvimento;

5.2.8.2 Data e horário do desenvolvimento;

5.2.8.3 Medição periódica da profundidade do nível d'água e horário, com aferição mínima no início e fim do desenvolvimento, ou com maior frequência compatível com o método adotado;

5.3. Procedimento recomendado para o descomissionamento (tamponamento) dos poços, consistente com os aspectos construtivos dos mesmos e com as características do aquífero granular, devendo considerar os procedimentos determinados pelo DRHS;

5.4. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) contendo na descrição da obra/serviço a atividade de: "instalação de poços de monitoramento";

6. PROGRAMA DE PURGA E AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

O programa de purga e amostragem deverá atender à norma ABNT NBR 15847/2010 e conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos:

- 6.1. Definição da condutividade hidráulica (K) da unidade hidrogeológica de interesse com base em ensaios hidráulicos, “slug-test”, “bail-test” ou outra metodologia reconhecida, em todos os poços instalados. Em unidade com elevada condutividade hidráulica ($K > 1 \times 10^{-3}$ cm/s), o ensaio deverá ser efetuado obrigatoriamente com utilização de transdutor de pressão;
- 6.2. Atualização do MHC apresentado na etapa de projeto, com inclusão da velocidade estimada de fluxo da água subterrânea, com base nas informações obtidas durante a perfuração dos poços, nos ensaios hidráulicos realizados, no gradiente hidráulico e na porosidade efetiva da zona-alvo;
- 6.3. Definição do método de purga considerando a condutividade hidráulica observada quando da construção dos poços e no MHC (volume determinado, baixa vazão, purga mínima ou amostragem sem purga);

NOTA: o método de purga mínima só poderá ser utilizado quando comprovada a baixa taxa de recuperação do poço, que impeça utilização de método de purga convencional de monitoramento, com laudo emitido pelo técnico responsável. Poços com baixa capacidade de recuperação normalmente apresentam taxa de rebaixamento mesmo quando bombeados a vazão de 100 ml/minuto;

NOTA: o método de amostragem sem purga em poços com taxa de reposição acima de 100 ml/minuto só poderá ser utilizado após comparação com os resultados obtidos através de métodos convencionais de purga;

- 6.4. Definição do método de amostragem (bombeamento a baixa vazão, amostrador de captura (*bailer*) ou amostrador passivo);

NOTA: o amostrador de captura (*bailer*) só poderá ser utilizado em locais com boa capacidade hidráulica, com retirada lenta e cautelosa do amostrador, e que não implique em redução do nível d'água inicial maior que 25 centímetros para poços com seção filtrante plena (filtro não afogado) e maior que 25 centímetros abaixo do topo da seção filtrante para poços com filtro afogado (poço cujo nível d'água inicial está acima do topo da seção filtrante);

NOTA: para amostragem por baixa vazão, deverá ser comprovada acreditação e/ou reconhecimento da amostragem, em conformidade ao art. 3º da Portaria FEPAM nº 29/2017;

- 6.5. Definição dos parâmetros de análise, em conformidade ao estabelecido no MHC;
- 6.6. Métodos de preservação (tipo de recipiente, limpeza, preparo, transporte e armazenamento) e controle de qualidade na amostragem (e.g. branco de campo, de equipamentos e frascaria, de viagem, duplicata);

6.7. Limites analíticos dos métodos considerados para cada parâmetro, utilizando limites de quantificação da amostra inferiores aos valores da Res. CONAMA nº 396/2008 e Res. CONAMA nº 420/2009;

NOTA: o(s) laboratório(s) de análises ambientais a serem contratados deverá(ão) possuir Certificado de Cadastro de Laboratório para Análises Ambientais na FEPAM;

A critério da FEPAM, poderão ser solicitadas aferições do nível d'água nos poços de monitoramento ao longo do primeiro ano, visando definir a variação sazonal e o nível máximo da água subterrânea. Deverão ser realizadas medições com frequência mínima mensal, preferencialmente direcionadas a períodos de precipitação, podendo passar a trimestral nos anos subsequentes, salvo outro entendimento com justificativa técnica pertinente, apresentada a qualquer momento no processo administrativo e analisada conforme manifestação técnica da FEPAM.

7. RELATÓRIO DE MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O relatório de purga e amostragem de água subterrânea deverá atender ao programa apresentado, contendo:

- 7.1** Relatório técnico e fotográfico das atividades efetuadas, com descrição dos métodos e equipamentos utilizados, reportando condição de conservação dos poços de monitoramento;
- 7.2** Interpretação dos resultados assinada por responsável técnico contendo comparações com os valores de referência e avaliação da efetividade do plano de monitoramento;
- 7.3** Cadeias de custódia contendo assinatura, data e horário de recebimento do laboratório;
- 7.4** Laudos analíticos em formato .pdf;
- 7.5** Planilhas de controle de campo segundo modelo do Anexo II desta Diretriz e conforme metodologia de purga da NBR 15847, para cada poço de monitoramento;
- 7.6** Mapa potenciométrico atualizado, localizando as seções hidrogeológicas, as áreas de interesse do monitoramento e os poços de monitoramento;
- 7.7** Calibração e atualização do MHC;
- 7.8** Relatório técnico conclusivo sobre a qualidade da água subterrânea, comparando os resultados das análises com valores dos poços a montante e a jusante do empreendimento, valores orientadores de referência (Res. CONAMA 396/2008, Res. CONAMA nº 420/2009 ou outra referência adotada mediante justificativa técnica no caso destes documentos não contemplarem a substância avaliada), considerando a série histórica e padrões hidrogeoquímicos das substâncias químicas de interesse;
- 7.9** Os resultados analíticos deverão ser apresentados utilizando as mesmas unidades de medida dos valores orientadores de referência, em formato .csv;

NOTA: os resultados analíticos com valores censurados à esquerda deverão ter seu limite analítico explicitado (e.g. <0,01 mg/L ao invés de ND);

7.10 As amostras que necessitem de filtração através de membrana de 0.45um deverão ser filtradas em campo;

7.11 Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) contendo na descrição da obra/serviço a atividade de: “monitoramento da água subterrânea”;

NOTA: Destaca-se que é vedada a purga até o completo esgotamento do poço de monitoramento e que implique em redução do nível d'água inicial maior que 25 centímetros para poços com seção filtrante plena (filtro não afogado) e maior que 25 centímetros abaixo do topo da seção filtrante para poços com filtro afogado (poço cujo nível d'água inicial está acima do topo da seção filtrante).

8. DIRETRIZES TRANSITÓRIAS

A FEPAM poderá, mediante critério técnico fundamentado, solicitar as seguintes informações no licenciamento de empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras que possuam poços de monitoramento instalados na data de publicação desta Diretriz Técnica:

- Histórico da instalação de acordo com o item 5 desta Diretriz;
- Programa de Purga e Amostragem da Água Subterrânea em conformidade ao constante no item 6 desta Diretriz;
- Avaliação da rede de poços instalada, podendo ser solicitada a instalação de poços de monitoramento adicionais, em conformidade com o disposto nesta Diretriz, como forma de comparação da efetividade da rede atualmente instalada;

9. ENCERRAMENTO DO MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O relatório de encerramento de monitoramento da água subterrânea deverá ser apresentado contendo o histórico de monitoramento local e justificativa técnica para o seu término. Após aprovação da FEPAM, os poços de monitoramento deverão ser tamponados seguindo a metodologia definida na solicitação feita junto ao Sistema de Outorga do Estado do Rio Grande do Sul - SIOUT. A conclusão do tamponamento deverá ser comprovada à FEPAM mediante apresentação de relatório técnico e fotográfico para todos os poços de monitoramento existentes no empreendimento emitido por responsável técnico com ART.

Porto Alegre, 21 de julho de 2021

Renato das Chagas e Silva
Diretor Técnico da FEPAM

Elaboração: Marvin Witt Rodrigues de Freitas, Daniel Oliveira de Brito, Leonardo Torres da Silva e Taison Anderson Bortolin
--



10. REFERÊNCIAS UTILIZADAS

ABNT NBR 16210:2013. **Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas- Procedimento**. Publicação. 28/08/2013. Válida a partir de: 28/09/2013. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro.

ABNT NBR 15495-1:2007 Versão Corrigida 2:2009. **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1: Projeto e construção**. Publicação: 18/06/2007. Válida a partir de: 18/07/2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro.

ABNT NBR 15495-2:2008. **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 2: Desenvolvimento**. Publicação: 21/07/2008. Válida a partir de: 21/08/2008. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro.

ABNT NBR 15847:2010. **Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga**. Publicação: 21/06/2010. Válida a partir de: 21/07/2010. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro

ABNT NBR 15492:2007. **Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento**. Publicação: 18/06/2010. Válida a partir de: 18/07/2010. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro

Conselho Nacional de Meio Ambiente/CONAMA. Resolução nº. 396:2008. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68

Conselho Nacional de Meio Ambiente/CONAMA. Resolução CONAMA 420/2009. Publicada no DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84

CRH. RESOLUÇÃO CRH/RS Nº 302, de 12 de setembro de 2018 - Estabelece prazo para regularização da captação de água subterrânea por poços existentes nas áreas rural e urbana, mediante cadastro no Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT.

CRH. RESOLUÇÃO CRH/RS Nº 353, de 14 de janeiro de 2020 - Estabelece prazo para regularização da captação de água subterrânea por poços existentes nas áreas rural e urbana, mediante cadastro no Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT.

SEMA. Requerimento de Tamponamento de Captações de Água Subterrânea (HP04A_TAMP). Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/outorga-de-aguas-subterraneas>>

11. CONTROLE DE ALTERAÇÕES

Data	Diretor Técnico da FEPAM	Alteração
26/02/2021	Eng.º Renato das Chagas e Silva	Primeira edição
21/07/2021	Eng.º Renato das Chagas e Silva	- Alteração da expressão “Diretriz Técnica FEPAM nº 12/2020” por “Diretriz Técnica FEPAM nº 03/2021” (item 1) devido a erro de digitação; - Alteração da expressão “homologação” por “reconhecimento” (segunda nota do item 6.4); - Retificação de referência cruzada em item 8 (programa de amostragem no item 6); - Criação de controle de alterações (item 11 da DT)

12. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ANA, 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>

CABRAL, J.J. DA S.P & DEMETRIO, J.G.A. 2008. **Aplicação de Modelos em Hidrogeologia**. Capítulo 7.3. em: FEITOSA, Fernando A. Carneiro (Coord.) et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3 ed. Acessado em junho de 2020 no endereço eletrônico: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14818>

CLEARY, Robert W. 1989. **Águas Subterrâneas**. 1ª ED. Clear EnvironmentBrasil. 112p. Acessado em junho de 2020 no endereço eletrônico: https://www.clean.com.br/Menu_Artigos/cleary.pdf

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB. 2017. **Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C**. Acessado em junho de 2020 no endereço eletrônico: <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>

FEITOSA, Fernando A. Carneiro (Coord.) et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3 ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM ; Recife: LABHID, 2008. 812 p. il. color. ISBN 9788574990613. Acessado em junho de 2020 no endereço eletrônico: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Livro-%22Hidrogeologia%3A-Conceitos-e-Applicacoes%22-1130.html>

FREEZE, A. & Cherry, J. **Água subterrânea**. Tradução de Oliveira et al. <https://gw-project.org/books/13/agua-subterranea>

FETTER, C. W. **Contaminant Hydrogeology**. 2018. Long Groove, Illinois, EUA. 647 p. ISBN 1-4786-3279-8.

USEPA, 2013. **Design and Instalation of Monitoring Wells**. U.S. GUIDANCE. Environmental Protection Agency. Science and Ecosystem Support Division Athen, Georgia. Acessado em julho de /2020 no endereço eletrônico: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-01/documents/design_and_installation_of_monitoring_wells.pdf

ANEXO I – PLANILHA DE DADOS CONSTRUTIVOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO



Dados Construtivos dos Poços de Monitoramento									
Empresa									
Dados Cadastrais dos Poços de Monitoramento		Identificação do Poço	Exemplo	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	
Cadastro e ART	Data de Instalação	dd/mm/aaa	22/04/2015						
	Nº ART Instalação	nº ART	12345						
	Nº Processo Adm. FEPAM	nnnnn-05.67/aa-n	1234-05.67/18-1						
	Nº Cadastro SIOUT	nnnn/nnn.nnn	2018/123.123						
Perfil Perfuração Sondagem	Diâmetro da Perfuração	(polegadas)	4						
	Método de Perfuração	(descrever)	trado mecanizado						
	Profundidade Total Perfurada	(m)	5.5						
Localização	Coordenadas Geográficas do Poço (graus, 6 dígitos decimais - SIRGAS 2000)	latitude	-30.123456						
		longitude	-51.123456						
	Altitude Ortométrica Boca do Poço - (datum marégrafo Imbituba)	(m)	200						
	Altura Poço -Terreno	(m)	0.5						
	Profundidade Total do Poço	(m)	10						
Revestimento	Diâmetro Interno Tubo de Revestimento	(polegadas)	2						
	Material do Tubo	(descrever)	geomecânico						
Seção Filtrante	Profundidade do Topo	(m)	2						
	Profundidade da Base	(m)	4						
	Tamanho Ranhura	(mm)							
Seção Pré-filtro	Diâmetro Efetivo Pré-filtro D-30	(mm)	1						
	Profundidade Topo Pré-filtro	(m)	2						
	Profundidade Base Pré-filtro	(m)	4						
	Método de Desenvolvimento Preliminar	(descrever)	pistoneamento						
Selos	Material Selo	(descrever)	pellets bentonita						
	Profundidade Topo Selo	(m)	0.60						
	Profundidade Base Selo	(m)	1						
Nível D'água	Profundidade do Nível D'água na Data Instalação	(m)	3						
	Cota Nível Água (não preencher)	(m)	197						

Versão 02 de 21.07.2021

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

Página 16 de 18



ANEXO II – PLANILHAS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Planilha de Amostragem de Água Subterrânea por Baixa Vazão						 Fepam			
Empresa		Data da Coleta		ID Amostra		Condições Meteorológicas			
Identificação do Poço		Responsável pela Coleta		Assinatura					
Hora início		Hora Coleta		Data de Entrega no Laboratório					
Dados para Purga			Dados Construtivos do poço						
Nível Estático Antes da Purga		Condição Visual do Poço							
Nível Estático Após a Purga		Diâmetro do Poço (polegadas)							
Ponto de Controle do Rebaixamento (NE + 0,20m)		Profundidade de Instalação (m)							
		Profundidade Aferida em Campo (m)							
Horário de Início		Início da Seção Filtrante (m)							
Horário de Término		Base da Seção Filtrante (m)							
Profundidade de Captação (m)		As amostras foram filtradas?							
Volume do Sistema (L) (NOTA 02)		Parâmetros analisados após filtragem							
Vazão Inicial de Purga (L/min)		Equipamento de filtragem							
Vazão Durante a Purga (L/min)		Equipamentos utilizados							
Vazão Durante a Amostragem (L/min)									
Volume Purgado (L)		Características da amostra (cor, odor)							
Destinação da Água Purgada		Observações							
Monitoramento da Purga									
Parâmetros Monitorados	Horário	NA (m)	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio Dissolvido(OD)	PH	Potencial de Oxirredução (ORP)	Sól. Dissolvidos Totais (SDT)	Turbidez (NTU)
Parâmetros de Estabilização Obrigatórios (NOTA 01)			± 0,5°C	± 5%	± 10% ou ± 0,2mg/L, o que for maior	0,2 unidade	± 20mV		
Parâmetros de Estabilização Recomendados		Estabilizado							± 10% ou <10 NTUs
NOTA 01: Os parâmetros indicativos da qualidade da água são considerados estáveis quando suas variações permanecem dentro de uma faixa de oscilação e determinada, por no mínimo três leituras consecutivas, espaçadas no mínimo a cada três minutos ou após a renovação de uma vez que o volume da célula de fluxo, o que for maior.									
NOTA 02: A primeira leitura dos parâmetros deve ser realizada após a passagem do volume de água contido na bomba, somado ao volume da tubulação e volume da célula de fluxo.									



Planilha de Amostragem de Água Subterrânea com Purga por Volume Determinado, Purga Mínima e Sem Purga						 Fepam
Empresa		Data da Coleta		ID Amostra		Condições Meteorológicas
Identificação do Poço		Responsável pela Coleta		Assinatura		
Hora início		Hora Coleta		Data de Entrega no Laboratório		
Dados para Purga			Dados Construtivos do poço			
Nível Estático Antes da Purga			Condição Visual do Poço			
Nível Estático Após a Purga			Diâmetro do Poço (polegadas)			
Ponto de Controle do Rebaixamento (NE + 0,20m)			Profundidade de Instalação (m)			
			Profundidade aferida em campo (m)			
Horário de Início			Início da Seção Filtrante (m)			
Horário de Término			Base da Seção Filtrante (m)			
Profundidade de Captação (m)			Equipamentos utilizados			
Equipamento utilizado para purga						
Vazão durante a Purga (caso de utilização de bomba)						
Vazão Durante a Amostragem (caso de utilização de bomba)						
Volume de água no poço (L) ($\pi.r^2.h$)			Monitoramento da Purga			
Volume Purgado (L) - Mínimo 3x volume de água do poço (quando aplicável)			Horário	NA (m)		
Destinação da água purgada						
As amostras foram filtradas?						
Parâmetros analisados após filtragem						
Equipamento de filtragem						
Observações						

