



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise.



1.0 INTRODUÇÃO

Neste Anexo são apresentadas as descrições dos procedimentos de amostragem e análise dos componentes do PMQQS do rio Doce e da Zona Costeira e Estuários.

Na Seção **2.0** são apresentados os procedimentos de amostragem, divididos entre aqueles pertinentes ao sistema fluvial (Seção **2.2**) e os que devem ser seguidos para a zona costeira e estuários (Seção **2.3**).

Na Seção **3.0** são apresentados os procedimentos de análise, organizados entre parâmetros biológicos (Seção **3.1**) e químicos e físicos químicos (Seção **3.3**).

2.0 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

São apresentados nesta seção os procedimentos de amostragem a serem empregados no sistema fluvial (Seção **2.2**) e os que devem ser seguidos para a zona costeira e estuários (Seção **2.3**).

As coletas e análises das amostras, bem como a calibração dos equipamentos serão realizadas por laboratório que possua reconhecimento de competência por meio de acreditação ou homologação (Rede Brasileira de Calibração – RBC ou Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE), conforme disposto na Deliberação Normativa COPAM nº 167, de 29 de junho de 2011.

Os procedimentos técnicos de amostragem e preservação das amostras de água e sedimentos estarão de acordo com as seguintes normas:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da Agência Nacional das Águas – ANA e CETESB (2012); e,
- *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, APHA (2012).

Para a realização das coletas de água superficial e sedimentos, o laboratório irá contar com pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, além de acreditação nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025/2015 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

São apresentadas a seguir informações sobre os procedimentos de amostragem que serão adotados. Informações adicionais podem ser encontradas nas referências indicadas acima.

2.1 Procedimentos Gerais de Amostragem

2.1.1 Garantia da Qualidade da Amostragem

De acordo com a ABNT 9898/1987, as práticas listadas abaixo são necessárias para a garantia da qualidade da amostragem. Maiores detalhes sobre a Garantia e Controle da Qualidade (QA-QC) são apresentadas no **Anexo A**.

- Emprego de pessoal de campo experiente em amostragem de água e sedimento, registro de dados e operação dos equipamentos usados em amostragem de campo;
- Discussão e concordância entre todas as partes envolvidas na elaboração do plano de amostragem;
- Seleção prévia de equipamentos e materiais adequados considerando os aspectos de cada ponto de amostragem e as melhores práticas aplicáveis;
- Calibração dos equipamentos conduzida por laboratórios da Rede Brasileira de Calibração (RBC);



- O ajuste intermediário dos equipamentos deve ser feito com uso de materiais de referência;
- Avaliação da acessibilidade aos pontos de amostragem;
- Avaliação e implantação de adequada logística de armazenamento, transporte dos equipamentos;
- Avaliação prévia da infraestrutura disponível;
- Uso de condições adequadas de limpeza, de descontaminação, de uso e de manutenção dos equipamentos e recipientes;
- A descontaminação dos equipamentos deve sempre ser feita antes de cada coleta, utilizando materiais apropriados, empregando, para a lavagem, água isenta de contaminantes e detergentes não fosfatados, objetivando evitar a contaminação oriunda de outra fonte que não a amostra.

Além dos requisitos acima, as seguintes medidas serão implementadas como parte do sistema de garantia de qualidade do PMQQS:

- Atendimento aos requisitos de Saúde e Segurança da Fundação e da empresa responsável pela coleta;
- Observação frequente dos requisitos de Saúde e Segurança;
- A Fundação será contatada imediatamente para discutir quaisquer mudanças em relação ao PMQQS e para reportar quaisquer incidentes de saúde e segurança;
- Registros, em cadernos de campo, dos resultados de calibrações de medidores e qualquer manutenção realizada nos equipamentos de campo;
- Serão registradas (a lápis) as notas em cadernos de campo à prova d'água. Os cadernos de campo e os rótulos das amostras serão checados ao final de cada dia de trabalho para verificar sua completude e precisão;
- Serão indicadas no caderno de campo e ficha de amostragem do ponto de monitoramento quaisquer tarefas não executadas e a razão pela qual elas não foram executadas;
- Serão registrados quaisquer incidentes ou condições que possam afetar a integridade ou qualidade das amostras;
- Os formulários de cadeia de custódia serão preenchidos e enviados junto com as amostras (ver **Anexo A**);
- A locação dos pontos de amostragem será feita com um GPS usando as coordenadas apresentadas na **Tabela 2** do documento principal;
- Serão tiradas fotos dos pontos de amostragem, onde aplicável, e a informação será registrada em documento anexo aos relatórios de monitoramento;
- Será certificado que todos os sacos, garrafas e recipientes de amostragem estejam rotulados, com data, hora, local, tipo de amostragem (simples ou composta), ponto de amostragem;
- As baterias de todos os dispositivos serão carregadas totalmente antes dos eventos de amostragem de campo;
- Todas as medições de campo e amostras de água e de sedimentos serão coletadas voltando-se para montante (direção oposta ao fluxo) para evitar leituras imprecisas e/ou contaminação da amostra;
- As amostras de água superficial serão coletadas antes de coletar as amostras de sedimentos;
- O profissional responsável pela coleta irá manter-se o mais limpo possível ao manusear os equipamentos e recipientes de amostragem, seguindo instruções que incluem:



- Usar um novo par de luvas nitrílicas (ou luvas de látex sem talco) em cada ponto de amostragem e trocar as luvas entre as atividades de coleta de água e de sedimentos;
- Usar sacos, garrafas e recipientes fornecidos pelo laboratório; e,
- Não tocar a parte interna da tampa ou a boca das garrafas ou recipientes.
- Será feita limpeza, manutenção e calibração de todos os equipamentos de campo antes de cada amostragem;
- Não será permitido fumo ou consumo alimentos ou bebidas durante a amostragem. Serão evitadas quaisquer outras fontes de contaminação das amostras;
- A amostragem deve seguir a seguinte ordem: microbiológicos → análises químicas (exceto metais) → metais dissolvidos → metais totais → ecotoxicológicos → comunidades biológicas.

2.1.2 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

São descritos abaixo os documentos, equipamentos e materiais necessários para a amostragem de água superficial e sedimentos. Estes poderão ser adaptados pelo Laboratório Acreditado responsável pela amostragem, desde que haja concordância prévia da CTSHQA:

- Documentos de referência:
 - Plano de saúde e segurança;
 - Fichas de informação de segurança de material (MSDS ou FISPQ) dos preservantes utilizados na amostragem;
 - Plano de Amostragem;
 - Mapa das estações de amostragem com escala adequada as condições do campo.
- Documentos e formulários de trabalho:
 - Formulário de cadeia de custódia de laboratório;
 - Caderno de campo;
 - Fichas de amostragem, para anotações das observações e resultados das medições realizadas durante a amostragem.
- Saúde e segurança:
 - Kit de primeiros socorros;
 - Telefone por satélite, telefone celular ou rádio;
 - Macacões até a altura do peito, com cinto, quando necessário;
 - Botas de borracha;
 - Equipamentos de proteção individual: capacetes, colete de alta visibilidade, óculos de segurança, colete salva-vidas, cinto de segurança, luvas nitrílicas ou de látex sem talco, calças e jaquetas impermeáveis;
 - Cones de segurança.
- Coleta e preparo das amostras:



- Barco, acessórios e equipamentos de segurança do barco (por exemplo, âncora, cabo, motor);
 - Frascaria adequada para cada tipo de análise ou ensaio (ver Seção 3.0). O quantitativo de frascos a serem levados para cada campanha de amostragem deverá prever um excedente de pelo menos 20% em relação ao número de amostras a serem coletadas;
 - Caixas térmicas para armazenagem de amostras;
 - Água deionizada (tipo 1) para brancos de campo e limpeza dos equipamentos;
 - Sabão não fosfatado para limpeza dos equipamentos não descartáveis;
 - Sacos ou bolsas de gelo para a conservação de amostra.
- Outros:
- GPS;
 - Câmera digital com pilhas/baterias;
 - Lápis e apontadores;
 - Corda de nylon (20 m).

2.2 Procedimentos Específicos para a Amostragem nos Rios e Lagoas

2.2.1 Amostragem de Água Superficial

2.2.1.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Sonda multiparamétrica calibrada e verificada;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção de multiparâmetro de qualidade de água;
- Equipamento de filtragem manual;
- Filtros descartáveis com porosidade de 0,45 µm para filtração em campo de amostras a serem submetidas a análises das frações dissolvidas das substâncias de interesse;
- Balde de aço inox AISI 316L polido com capacidade de 1 litro;
- Balde de aço inox AISI 316L polido com capacidade de 20 litros;
- Garrafa de Van Dorn em aço inox AISI 316L polido;
- Batiscafo em aço inox AISI 316L polido (para amostras que não podem sofrer aeração);

2.2.1.2 Procedimentos Técnicos

Serão seguidos os procedimentos gerais de amostragem apresentados na **Seção 2.1**, conforme aplicável. Mais especificamente, serão seguidos os seguintes critérios:



- Em cada ponto de monitoramento de rio deverá ser feita a verificação da homogeneidade da seção para definir o procedimento de coleta a ser adotado – amostragem simples ou composta (5 amostras simples igualmente espaçadas na seção transversal do canal). A determinação da homogeneidade será feita através de uma travessia na seção transversal do ponto de monitoramento, determinando continuamente o parâmetro Condutividade Elétrica, utilizando sonda multiparamétrica submersa a 30 cm. Caso os valores da Condutividade Elétrica sejam constantes ou apresentem variação inferior a 10% pode-se considerar a seção homogênea, e neste caso será seguido o procedimento descrito na **Seção 2.2.1.2.1**. Do contrário, serão seguidas as instruções para a coleta de amostras compostas no canal apresentadas na **Seção 2.2.1.2.2**;
- No caso de pontos de amostragem localizados em cursos d'água em trechos lânticos e em lagoas, serão seguidas as instruções para amostragem apresentadas na **Seção 2.2.1.2.3**.

2.2.1.2.1 Coleta de Amostra Simples

- A profundidade (m) será medida e serão realizadas as medições de campo através do uso das sondas multiparamétricas (**Tabela 6** do documento principal) em um ponto no meio da largura do curso d'água, caso seja seguro fazê-lo. Caso o acesso a parte central do curso d'água não seja seguro, será coletada amostra em um ponto que possa ser acessado com segurança o mais próximo possível ao meio da largura do curso d'água;
- As medições de campo serão obtidas no mesmo ponto de coleta da amostra superficial, a 0,30 m abaixo da superfície da água. A profundidade aproximada da medição (m) e as demais medições serão registradas no caderno de campo. A sonda permanecerá submersa durante, no mínimo, 5 minutos ou durante o tempo necessário para a estabilização dos valores dos parâmetros;
- O procedimento de coleta das amostras simples é descrito abaixo:
 - 1) Voltando-se para montante, a amostra de água superficial será coletada com auxílio de balde inox, tomando-se cuidado para o balde não ultrapassar 30 cm de profundidade. Esta é a profundidade considerada limite entre água superficiais e profundas, segundo ANA e CETESB (2012);
 - 2) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), o batiscafo será empregado para a amostragem de água superficial no lugar do balde;
 - 3) O procedimento será repetido até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário para os ensaios, tomando o cuidado de manter um espaço vazio no frasco para sua posterior homogeneização;
 - a) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (e.g., sulfeto), deve-se completar o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
 - 4) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra:
 - a) Encher uma seringa estéril com água deionizada
 - b) Conectar uma unidade filtrante (membrana) de 0,45 µm na seringa;
 - c) Passar um volume de 50 mL de água deionizada pelo filtro.
 - 5) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - a) Encher a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;



- d) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
- e) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 6) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 7) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo;
- 8) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0;

2.2.1.2.2 Coleta de Amostra Composta

Após realizada a verificação e constatação da não homogeneidade da seção transversal, será realizada a amostragem de amostra composta. As amostras compostas serão obtidas mediante a combinação de cinco amostras individuais simples de 1 L (sub-amostras) de água coletadas em pontos uniformemente espaçados ao longo da largura do rio, perpendicularmente à sua margem. As sub-amostras serão coletadas a uma profundidade de 0,30 m e misturadas em um recipiente de de 20 litros.

Assim como para as amostras simples, além das análises laboratoriais da amostra composta, deverão ser determinados os parâmetros em campo. No entanto, para este caso, deverão ser enviados os dados de campo de cada uma das amostras das 5 amostras simples que compuseram a amostra composta. Tais parâmetros deverão ser determinados através do uso das sondas multiparamétricas no mesmo ponto de coleta da amostra superficial, a 0,30 m abaixo da superfície da água. A sonda deverá permanecer submersa durante, no mínimo, 5 minutos ou durante o tempo necessário para a estabilização dos valores dos parâmetros.

O procedimento de coleta das amostras compostas é descrito abaixo:

- 1) Será feito o planejamento da localização dos pontos de coleta das sub-amostras. Os pontos de coleta de sub-amostras serão uniformemente espaçados através da largura do canal, incluindo 2 amostras a uma distância de 1 a 2 m a partir da margem/linha de água em movimento;
- 2) O recipiente de 20 L previamente limpo, fornecido pelo laboratório será enxaguado três vezes usando água ambiente;
- 3) No primeiro ponto de coleta de sub-amostra, e voltando-se para montante, serão registradas as medições de campo (**Tabela 6** do documento principal), a uma profundidade de 0,30 m abaixo da superfície da água, usando o medidor portátil de qualidade da água;
- 4) Voltando-se para montante, será coletada uma sub-amostra de 1 L na superfície, com auxílio de balde inox;
 - a) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), o batiscafo será empregado para a amostragem de água superficial no lugar do balde;
- 5) A sub-amostra será despejada no recipiente de 20 L;
- 6) Passando-se para o próximo ponto de coleta de sub-amostra os passos 3 a 5 serão repetidos até que tenham sido coletadas cinco sub-amostras;
- 7) O recipiente de 20 L será girado suavemente para misturar a amostra composta;
- 8) A água coletada deverá ser imediatamente transferida para a garrafa de amostra fornecida pelo laboratório. O procedimento será repetido até que todos os frascos estejam com o volume de água



necessário para os ensaios, tomando o cuidado de manter um espaço vazio no frasco para sua posterior homogeneização;

- a. No caso de amostras que não podem sofrer aeração (e.g., sulfeto), deve-se completar o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 9) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra:
- a. Encher uma seringa estéril com água deionizada
 - b. Conectar uma unidade filtrante (membrana) de 0,45µm na seringa;
 - c. Passar um volume de 50mL de água deionizada pelo filtro.
- 10) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
- a. Encher a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b. Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c. Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - d. Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
 - e. Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 11) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 12) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo.
- 13) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.1.2.3 Coleta de Amostras em Ambientes Lênticos

Nos pontos localizados nas lagoas será feita a determinação dos parâmetros em 03 amostras individualmente, uma coletada na zona fótica (profundidade I), outra na zona intermediária (profundidade II) e uma terceira na zona afótica (profundidade III), quando houver.

- Profundidade I: Camada da zona fótica com 40% da luz incidente, onde é esperada uma produção primária de fitoplâncton representativa da camada trofogenica.

$$\text{Profundidade I} = Z_{ds} \cdot 0,54$$

Em que:

- (Z_{ds}) denota a profundidade Secchi (profundidade na qual o padrão gráfico do disco não pode mais ser detectado a olho nu), em m;
 - (0,54) denota o fator para calcular 40% de luz incidente.
- Profundidade II: Metade da zona afótica onde, independentemente da ocorrência de estratificação térmica, a respiração e a decomposição são predominantes sobre a produção autotrófica.

$$\text{Profundidade II} = \frac{Z_{\max} + Z_{eu}}{2}$$



Em que:

- (Z_{max}) denota a profundidade máxima na estação de amostragem, em m;
- (Z_{eu}) denota a zona eufótica, que é igual a três vezes a profundidade Secchi ($Z_{dS} \times 3$). O fator “3” correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água.
- Profundidade III: Quando, durante as medições "in situ", for detectada zona anóxica, e esta não coincidir com a profundidade II, mais uma amostra será coletada na porção intermediária desta camada.

Os aparatos utilizados para a amostragem de água em corpos lênticos compreendem: Disco de Secchi; Sondas multiparamétricas com cabos longos (> 30 m) para determinar os parâmetros pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura ao longo da coluna d'água (perfilamento); e amostradores tipo garrafa de Van Dorn.

Para a amostragem em profundidade, os seguintes procedimentos serão seguidos:

- 1) Após determinar as profundidades I, II e III com auxílio do disco de Secchi, coletar água com a garrafa van Dorn no estrato de profundidade de interesse;
- 2) Desconectar a mangueira da garrafa e desprezar a água contida na mangueira da garrafa;
- 3) Distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios químicos, como forma de garantir a homogeneidade da amostra;
- 4) Repetir o procedimento até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário, tomando o cuidado de manter um espaço vazio para sua posterior homogeneização;
- 5) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), a mangueira deve ser introduzida estrangulada até o fundo do recipiente, liberando-se lentamente o regulador de fluxo da mangueira e deixando-se extravasar duas vezes ou mais, o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 6) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra;
- 7) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - a) Preencher um frasco descartável de 1L e retirar uma alíquota com a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - b) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - c) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - d) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
 - e) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;
- 8) Visando minimizar a possibilidade de contaminação as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta e tampando-as imediatamente após o enchimento;
- 9) As garrafas serão colocadas em coolers com gelo ou bolsas de gelo.
- 10) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0;



2.2.2 Amostragem de Sedimentos

2.2.2.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Equipamentos calibrados e verificados para as medições de pH e ORP em sedimento conforme descrito na Seção 3.3;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção dos equipamentos de medição de pH e ORP;
- Kit de coleta de sedimento (draga manual Ekman ou equivalente);
- Sacos e/ou jarros de amostragem pré-rotulados;
- Colher de aço inoxidável;
- Bacia de aço inoxidável (para misturar amostras compostas de sedimento);
- Sifão (por exemplo, pedaço de tubo plástico ou frasco de compressão).

2.2.2.2 Procedimentos técnicos

Serão seguidos os procedimentos gerais de amostragem apresentados na **Seções 2.1 e 2.2**, conforme aplicável. Mais especificamente, serão seguidos os seguintes critérios:

- Será confirmado se a coleta de amostra de qualidade da água foi concluída, antes de coletar amostras de sedimento. Será certificado que o equipamento de coleta de água tenha sido guardado, antes da amostragem de sedimentos, de modo que ele não seja contaminado por sedimentos suspensos durante a amostragem;
- Serão anotados os volumes estimados de sedimentos coletados (para amostras simples, compostas ou testemunhos) e a aparência dos amostradores de testemunho. Será feita a descrição do material amostrado no que tange à textura, consistência, cor, presença de biota ou cascalho (ou resíduos) e mudança de característica do material com a profundidade (para os testemunhos);
- No caso de pontos de amostragem localizados em cursos d'água com largura inferior a 75 metros (m), serão seguidas as instruções para amostragem composta única apresentadas na **Seção 2.2.2.1**;
- No caso de pontos de amostragem localizados em rios com largura superior a 75 m, serão seguidas as instruções para a coleta de amostras compostas no canal apresentadas na **Seção 2.2.2.2**;
- No caso de amostragem de testemunhos de sedimento de fundo, a mesma será realizada através da técnica de amostragem por gravidade "Gravity Core" ou "Kajak Core". Maiores detalhes estão apresentados na **Seção 2.2.2.3**;

2.2.2.2.1 Procedimento para Coleta de Amostra Composta Única

Será coletada uma amostra composta usando uma draga manual Ekman ou equipamento equivalente. Uma amostra composta irá conter os 5 cm superiores da camada de sedimentos de pelo menos três amostras individuais coletadas em um ponto, em cada local de amostragem. As amostras serão coletadas de preferência em áreas de deposição identificadas pela presença de sedimento siltoso e arenoso mais fino. O volume mínimo de cada amostra será de 2 litros de sedimento. Como procedimento geral, a água que cobre o sedimento será retirada por sifonamento ou vertendo cuidadosamente o equipamento de coleta. Os métodos de coleta de sedimento usando uma draga Ekman são descritos a seguir:



- 1) Antes da amostragem, os equipamentos de amostragem de sedimento serão enxaguados duas vezes com água ambiente e será removido qualquer material aderente;
- 2) A draga Ekman será aberta e o dispositivo de acionamento será ajustado;
- 3) Voltando-se para montante, a draga será baixada lentamente até o fundo do curso d'água, a uma velocidade de aproximadamente 0,5 m/s, até que ela atinja o fundo;
- 4) Será certificado de que a linha esteja o mais vertical possível e então o mensageiro será baixado para fechar a draga Ekman;
- 5) A draga será puxada lentamente para a superfície;
- 6) Quando a draga com o sedimento sair da água, será verificado se as garras estão completamente fechadas. Caso haja alguma planta ou rocha presa nas garras, impedindo o seu fechamento completo, a amostra será descartada e o processo será recomeçado. Se persistirem as dificuldades para a coleta de amostras adequadas, pode ser necessário mudar ligeiramente o local da amostragem;
- 7) A tampa da draga será aberta e a amostra será observada. A draga irá conter pelo menos 5 cm de sedimentos. Idealmente, a draga estará pelo menos 60% cheia e apresentará uma superfície homogênea. Se o conteúdo da draga for aceitável, será usado um pedaço de tubo de plástico para formar um sifão e remover suavemente qualquer água remanescente sobre o sedimento, procurando não perturbar a camada superior de sedimento;
- 8) Será usada uma colher de aço inoxidável limpa para remover sedimento da superfície (5 cm superiores) de cada amostra e colocar em um recipiente de aço inoxidável limpo para criar uma amostra composta. Buscar-se-á não colher sedimento que tenha estado em contato com os lados da draga, para minimizar potencial de contaminação por metal a partir do dispositivo de amostragem;
- 9) Os passos 2 a 8 serão repetidos até que tenham sido coletadas três dragas com sedimento;
- 10) Será tomado exatamente o mesmo volume de cada réplica. Para evitar a oxidação, os volumes das réplicas a serem misturados serão mantidos, até o momento da homogeneização, em saco plástico ou bandeja de aço inox, de acordo com os ensaios a serem realizados;
- 11) A amostra de sedimento composta será misturada até que sua cor e textura fiquem homogêneas;
- 12) Os recipientes de amostra de sedimento fornecidos pelo laboratório serão enchidos com a amostra de sedimento composta. Os jarros ou sacos serão enchidos completamente, não deixando nenhum espaço vazio;
- 13) Todo o equipamento será lavado com água ambiente;
- 14) Deve-se respeitar os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.2.2 Procedimento para Coleta de Amostra Composta Através do Canal

Será criada uma amostra composta através do canal coletando os 5 cm superiores de pelo menos três amostras simples de sedimento coletadas em três pontos de sub-amostragem, igualmente espaçados, usando uma draga manual Ekman ou equipamento equivalente em pontos uniformemente espaçados através da largura do curso d'água, perpendicularmente à sua margem. Será guardada uma distância mínima de 2 m das margens, e massas iguais das amostras individuais irão compor uma amostra única que será analisada.

As amostras serão coletadas de preferência em áreas de deposição identificadas pela presença de sedimento siltoso e arenoso mais fino, onde aplicável. Para a análise, são necessários no mínimo 2 litros de sedimento. Os métodos de coleta de sedimento usando uma draga manual Ekman são descritos a seguir:



- 1) Será feito o planejamento da localização dos pontos de coleta das sub-amostras. Os pontos de coleta de sub-amostras serão uniformemente espaçados através da largura do canal, incluindo 2 amostras a uma distância de 1 a 2 m a partir da margem/linha de água em movimento, se a composição do sedimento for adequada;
- 2) Os passos 2 a 9 da Seção 2.2.2.2.1 serão seguidos;
- 3) Seguindo-se para o próximo ponto de coleta de sub-amostra o passo 2 acima será repetido até que tenham sido coletadas de três a cinco sub-amostras;
- 4) Serão seguidos os passos 10 a 13 da Seção 2.2.2.2.1.

2.2.2.2.3 Procedimento para Coleta de Amostras em Testemunhos de Sedimento

Para realização da amostragem dos testemunhos de fundo, as seguintes premissas serão adotadas. Ressalta-se que as mesmas se baseiam em ANA (2012) e USEPA (2001), assim como nos requisitos mínimos definidos na deliberação da CIF:

- 1) Caso a profundidade da água seja inferior a 2 metros ou um mergulhador esteja disponível para realização da amostragem, a coleta dos testemunhos deve ser realizada por meio de tubos (cilindros) de aço inoxidável ou de policloreto de polivinila (PVC) com diâmetro de 70 ou 75 mm. O material do tubo deve ser resistente e inerte;
- 2) Caso a profundidade da água seja superior a 2 metros e inferior a 20 metros, a coleta dos testemunhos deve ser realizada através da técnica de mergulho ou utilizando um testemunho por gravidade "Gravity Core" ou "Kajak Core";
- 3) Quando da coleta, o amostrador deve causar menor turbulência possível na água, evitando ondas de pressão, bem como deve ser garantido que o mesmo seja inserido verticalmente. Quando retornado à superfície, o amostrador estará totalmente fechado;
- 4) Antes de retirar a amostra, o exterior do amostrador será cuidadosamente enxaguado com a água do próprio ponto de amostragem;
- 5) Entre cada evento de amostragem, o equipamento de amostragem será limpo, no interior e exterior, seja mergulhando e retirando o equipamento rapidamente da água ou com água coletada do local a ser amostrado;
- 6) Os testemunhos serão fatiados em camadas de 2 em 2 cm até a profundidade de 10 cm e em camadas de 10 em 10 cm até pelo menos 1 metro. Cada camada será analisada de acordo com os parâmetros estipulados na **Tabela 8** do documento principal, além do ²¹⁰Pb;
- 7) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na Seção 3.0.

2.2.3 Descarga Líquida

A medição de vazão, também chamada de descarga líquida, será realizada utilizando-se o método acústico, conhecido como ADCP – *Acoustic Doppler Current Profiler*, naqueles pontos de monitoramento, localizados nos rios, que atendem a requisitos hidráulicos específicos. As medições serão mensais e ocorrerão no mesmo dia em que forem realizadas a determinação dos parâmetros de qualidade em campo e a coleta das amostras de água.

Nas situações em que não for possível a medição pelo método acústico, será empregado o método convencional, com molinete. Altas concentrações de sólidos em suspensão são um exemplo de interferência que poderá impossibilitar a utilização do método acústico.



As medições de descarga líquida seguirão as orientações estabelecidas pela ANA, no documento Diretrizes – Descarga Líquida, que contempla medições com método convencional ou acústico embarcado e cálculos correspondentes, bem como orientações para medições em eventos de cheia.

Para cada uma das determinações efetuadas, uma ficha de medição de descarga líquida será apresentada, com as informações utilizadas para o cálculo da medição efetuada, sendo que, para os métodos acústicos, esta ficha já é fornecida automaticamente pelo próprio equipamento. Ainda nos casos das medições dos métodos acústicos, o envio dos arquivos de medição dos equipamentos se faz necessário para atendimento das diretrizes da ANA.

Os seguintes documentos serão utilizados como referência de procedimentos metodológicos para medição da descarga líquida:

- Orientações para Operação das Estações Hidrométricas da ANA, de 2012 (<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/OrientacoesParaOperacaoDeEstacoesHidrometricas-VersaoJun12.pdf>);
- Especificações Técnicas – Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), da ANA, de 2011 (http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/EspecificacoesTecnicas_PlataformasdeColetasdeDados.pdf).

2.2.4 Descarga Sólida

Para a determinação da descarga sólida em suspensão, será utilizada a medição indireta pela amostragem da mistura água-sedimento. Já para a determinação da distribuição granulométrica dos sólidos suspensos, será utilizado o método da granulometria a laser.

O amostrador a ser utilizado, quando da determinação da descarga sólida em suspensão será adequado às características da seção e do escoamento do curso d'água, conforme as especificações recomendadas pela CT-SHQA, reproduzidas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Amostrador Indicado de Acordo com as Características do Curso d'Água.

Amostrador	Diâmetro do Bico (pol.)	Volume da Garrafa/Saca (L)	Profundidade Máxima de Amostragem (m)	Velocidade Mínima para Amostragens (m/s)	Velocidade Máxima para Amostragens (m/s)	Zona Não-Amostrada (m)	Peso do Amostrador (kg)
US DH-48	1/4	0,473	2,7	0,46	2,7	0,09	1,8
US DH-59	3/16	0,473	4,6	0,46	1,5	0,11	10,0
US DH-59	1/4	0,473	2,7	0,46	1,5	0,11	10,0
US DH-76	3/16, 1/4	0,946	4,6	0,46	2,0	0,08	11,3
US DH-81	3/16	1,000	2,7	0,61	1,9	0,10	0,5
US DH-81	1/4	1,000	2,7	0,46	2,3	0,10	0,5
US DH-81	5/16	1,000	2,7	0,61	2,1	0,10	0,5
US DH-95	3/16	1,000	4,6	0,64	1,9	0,12	13,2
US DH-95	1/4	1,000	4,6	0,52	2,1	0,12	13,2
US DH-95	5/16	1,000	4,6	0,64	2,3	0,12	13,2
US DH-2	3/16	1,000	10,7	0,61	1,8	0,09	13,6
US DH-2	1/4	1,000	6,1	0,61	1,8	0,09	13,6
US DH-2	5/16	1,000	4,0	0,61	1,8	0,09	13,6
US D-74	3/16	0,473/0,946	4,6	0,46	2,0	0,10	28,1



Amostrador	Diâmetro do Bico (pol.)	Volume da Garrafa/Saca (L)	Profundidade Máxima de Amostragem (m)	Velocidade Mínima para Amostragens (m/s)	Velocidade Máxima para Amostragens (m/s)	Zona Não-Amostrada (m)	Peso do Amostrador (kg)
US D-74	1/4	0,473/0,946	2,7/4,6	0,46	2,0	0,10	28,1
US D-74AL	3/16	0,473/0,946	4,6	0,46	1,8	0,10	19,1
US D-74AL	1/4	0,473/0,946	2,7/4,6	0,46	1,8	0,10	19,1

Para a amostragem da descarga sólida de sedimentos em suspensão, a integração vertical será considerada, ou no método de Igual Incremento de Largura (IIL) ou no método de Igual Incremento de Descarga (IID). O método de igual incremento de IID será utilizado nos casos em que houver um bom conhecimento da distribuição de vazões ao longo da seção transversal do curso de água e do histórico de vazões. O método de IIL será utilizado em cursos de água estreitos, que permitem a travessia a vau (atravessa-se andando – baixas profundidades), e /ou em cursos d'água com fundo de leito arenoso, onde a distribuição de vazões ao longo da seção transversal não é homogênea. O método a ser utilizado será definido, portanto, a partir da primeira campanha de amostragem, quando serão conhecidas as condições de cada curso d'água.

Os seguintes documentos serão utilizados como referência de procedimentos metodológicos para medição da descarga sólida:

- Guia de Práticas Sedimentométricas da ANEEL, de 2000, disponível no site da instituição (http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_prat_port.pdf);
- Carvalho (2008).

2.2.5 Amostragem de Material Particulado em Suspensão

Nos mesmos pontos de medição de descarga sólida, serão amostrados 5 L de água, com o objetivo de gerar massa suficiente de material particulado em suspensão para análise química.

A amostra de água bruta deverá coletada, preservada e enviada ao laboratório em até 24 h para início do processo de análise. A amostra ao chegar no laboratório será filtrada com o intuito de separar o material particulado em suspensão (ou sólidos totais em suspensão), que será posteriormente seco e analisado, conforme especificado nos respectivos métodos analíticos.

A filtração das amostras será realizada por meio de filtros tipo cápsulas descartáveis, utilizando-se membranas com as seguintes especificações e sugestões de marca:

- Para a análise de metais: Membrana 0,45 µm 142mm - Membrana Mista de Esteres; e,
- Para as demais análises (p.e. Carbono, Nitrogênio, etc.): Membrana 0,45µm 47mm - Membrana em fibra de vidro 85/90 BF 0,5 µm.

Um novo filtro descartável será usado a cada filtração de amostra, de modo a evitar a contaminação cruzada. À medida em que a amostra é filtrada, o material particulado em suspensão se acumulará no filtro. Quando a amostra tiver sido totalmente filtrada, o filtro membrana será removido da unidade de filtração, rotulado e o procedimento de secagem deverá ser iniciado.

Caso haja obstrução do papel de filtro antes da conclusão da filtração total da amostra, este será substituído e a filtração da água continuada. Neste caso, a unidade de filtração não precisa ser substituída (somente o papel filtro). Todos os papéis filtro coletados para cada amostra serão considerados na análise química como uma única amostra.

Caso necessário, pode ser realizada uma pré-filtração da amostra de água em um filtro de 1,2 µm (ou maior) para impedir a colmatação do filtro de 0,45 µm.



2.2.6 Amostragem de Fitoplâncton

As coletas do fitoplâncton serão feitas juntamente com a coleta das amostras para análises físico-químicas da água, conforme descrito na **Seção 2.2.1**. Será tomado o cuidado de distribuir alíquotas da mesma amostragem nos diferentes frascos.

A retirada da amostra fitoplanctônica será feita na sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água com garrafa Van Dorn. Para o estudo quantitativo do fitoplâncton, amostras de 1 litro serão acondicionadas em frascos escuros e fixadas com solução de lugol-acético.

Para as análises qualitativas, um volume suficiente de amostra será filtrado em rede de plâncton, com abertura de malha de 20 µm e fixadas com formol a 5 %, ou o material será coletado pela passagem da rede diretamente na sub-superfície da água.

2.2.7 Amostragem de Zooplâncton

As coletas do zooplâncton, componente bioindicador exclusivo do *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, serão feitas juntamente com a coleta das amostras para análises químicas da água deste Plano.

A retirada da amostra zooplanctônica para análise qualitativa e quantitativa dos organismos será feita em sub-superfície (a cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água, totalizando 200 mL, por bomba de sucção e filtração em rede de plâncton de malha de 68 µm.

A porção inferior da rede será mantida imersa na água para amortecer o impacto do jato de água da mangueira e evitar destruição dos espécimes. Os organismos serão narcotizados com água gaseificada e corados com Rosa de Bengala e as amostras fixadas (Schaden, 1985).

2.2.8 Amostragem de Perifíton

Com base em ANA (2012), será adotado o método de coleta manual de substratos naturais, que envolve a captura total ou de parte de substratos naturais (e.g., folhas, ramos, pedras). Os procedimentos de preparação e de coleta são descritos a seguir:

- 1) O local de amostragem será vistoriado em busca das melhores plantas, ramos e/ou pedras. A seleção levará em conta submersão, evitando-se substratos expostos, e padronização de réplicas, optando-se por substratos que sejam os mais semelhantes em textura e tamanho;
- 2) Serão coletadas pelo menos três réplicas de cada substrato em cada ponto de amostragem;
- 3) Ramos e folhas selecionados serão cotados com auxílio de tesoura, que será lavada com água do local depois da coleta de cada réplica;
- 4) O material coletado será colocado em bandeja, com o lado a ser raspado para cima;
- 5) Cada um dos substratos será raspado com pincel macio, "lavando" o material raspado para o frasco de amostra com água destilada, com auxílio de pisseta. A água terá um volume conhecido (neste caso, 150 mL). No caso das pedras e das folhas, será raspado apenas a parte superior;
- 6) As amostras homogeneizadas e divididas em 2 frascos, sendo 80 mL para análise de clorofila a e 70 mL para análise da comunidade;
- 7) A amostra será preservada para estudo da comunidade com 6 mL de formol 4 %, 3 gotas de lugol ou solução Transeau (1:1). A amostra será mantida refrigerada para análise de clorofila a;
- 8) Será medido o comprimento e diâmetro dos ramos, com auxílio de régua e paquímetro. Será desenhado com lápis o contorno das folhas e pedras raspadas, em papel vegetal. Os desenhos serão usados



posteriormente para medida da área, com medidor de área foliar. A área dos ramos será calculada por aproximação da figura geométrica mais próxima (cilindro). As medidas de área permitem a expressão dos resultados em organismos/cm².

2.2.9 Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos Dulcícolas

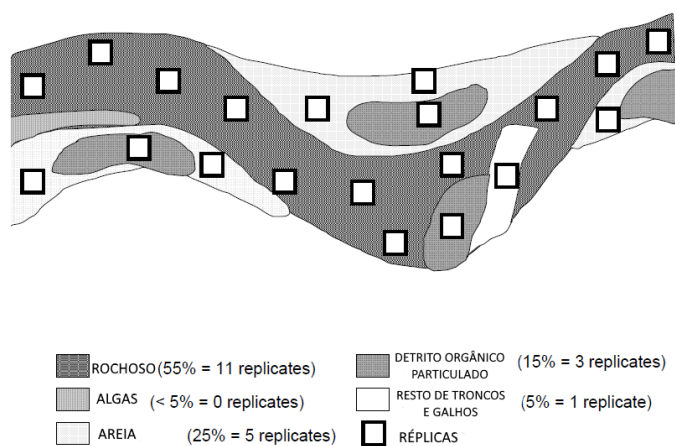
Os pontos selecionados para a coleta de amostras devem refletir as características físicas e ecológicas inerentes ao trecho do rio a ser avaliado, sendo dependentes da largura do corpo hídrico e da variabilidade de habitats. Em regra geral, entretanto, deve-se ter menos de 20 metros de extensão e cobrir toda a largura da corrente (AQEM, 2002).

Para a coleta dos organismos bentônicos será utilizado o amostrador tipo Surber (Barbour *et al.*, 1999), com malha de 0,3 mm de abertura e área de 0,09 m².

A adoção de procedimentos para prevenção de erros de amostragem ou contaminação da amostra por organismos que não pertençam ao local são dependentes do tipo de amostrador utilizado. Para o amostrador Surber, do tipo rede/delimitador, serão tomados os seguintes cuidados:

- 1) Não perturbar o ambiente a montante do amostrador, ou seja, processar a amostragem de jusante para montante;
- 2) Evitar a perda de material pelas laterais da rede e pela face inferior dos delimitadores;
- 3) Concentrar no fundo da rede o conteúdo aprisionado lavando-a com água de torneira e despejar o concentrado em frasco de coleta etiquetado.

Em zonas estacionárias ou lânticas, será utilizada uma rede manual. O procedimento de coleta de macroinvertebrados seguirá as recomendações de AQEM (2002) adotando-se a metodologia de coleta multi-habitat, com número de réplicas em cada ponto amostral proporcional à área de cobertura de cada micro-habitat identificado. Assim uma amostra consistirá de réplicas (totalizando 20) retiradas de todos os tipos de micro-habitats no ponto de coleta com uma quota de pelo menos 5% de cobertura (**Figura 1**). Para a categorização dos micro-habitats será utilizado o protocolo proposto por AQEM (2002).



Fonte: Adaptado de AQEM, 2002.

Figura 1: Exemplo de posicionamento de réplicas em ponto amostral teórico de acordo com amostragem multi-habitat. Fonte: Adaptado de AQEM, 2002.

Para a coleta em ambientes profundos será utilizada uma draga Petersen com área de pegada mínima de 420 cm². Nesses casos serão coletadas três réplicas por ponto amostral. Amostras nas quais houver perda



de material por transbordo ou vazamento serão descartadas se a draga não estiver preenchida com no mínimo 3/4 de sua capacidade.

O Protocolo de Caracterização Rápida de Condições Ecológicas de Trechos de Bacias Hidrográficas será empregado para a avaliação rápida da diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas brasileiras (Callisto *et al.*, 2002), em cada ponto amostral.

Complementarmente, alguns critérios e premissas gerais são descritos em ANA (2012) e podem ser levados em consideração quando da amostragem da comunidade bentônica. São eles:

- É desaconselhável que a amostragem de organismos bentônicos seja realizada sobre pontes, uma vez que o sedimento sob as pontes pode não ser naturais do curso do rio;
- Utilizar aparelhos ou mecanismos que evitem a perturbação do substrato durante a amostragem. Caso não seja possível, o aparelho de amostragem deve possuir a descida controlada.

Após a coleta os organismos serão acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados por local, data e hora da coleta, e fixados em formalina devidamente neutralizada (com bórax ou bicabornato de sódio) entre 4 e 10%. Para posterior conservação os organismos podem ser mantidos em formol ou transferidos para álcool 70%.

2.2.10 Amostragem para Ensaios Ecotoxicológicos

As amostras serão coletadas usando os mesmos procedimentos descritos para coleta de água superficial (**Seção 2.2.1**) e sedimento (**Seção 2.2.2**). A amostragem para este estudo ocorrerá juntamente com a coleta das amostras para análises físico-químicas.

2.3 Procedimentos Específicos para a Amostragem na Zona Costeira e Estuarina

2.3.1 Amostragem de Água Superficial

2.3.1.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Sonda multiparamétrica calibrada e verificada, conforme descrito na Seção 3.3;
- Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- Soluções de calibração e kit de manutenção de multiparâmetro de qualidade de água;
- Equipamento de filtração manual;
- Filtros descartáveis com porosidade de 0,45 µm para filtração em campo de amostras a serem submetidas a análises das frações dissolvidas das substâncias de interesse;
- Sonda de profundidade;
- Garrafas horizontais de van Dorn de capacidade superior a 3 L;
- Garrafões de 4 L descontaminados;
- CTD adequado para perfilagem em águas rasas, com sensores adicionais de oxigênio dissolvido e turbidez (por exemplo, Sea Bird SBE19 ou Teledyne RDI Citadel CTD_NV ou equivalente).



2.3.1.2 Procedimentos técnicos

Em cada ponto de amostragem, os dados dos parâmetros de campo serão coletados *in situ* na superfície (15 cm abaixo da superfície) e fundo (50 cm acima do fundo). Caso o cabo da sonda da qualidade da água não alcance a profundidade amostral as medições poderão ser feitas com a água coletada pelas garrafas de amostragem. Esta medição será realizada imediatamente após a chegada da amostra ao convés do barco. Após a conclusão das medições dos parâmetros de campo, amostras de água salina serão coletadas usando garrafas *van Dorn* horizontais (ou semelhantes). As garrafas estarão lastreadas para evitar ao máximo que derivem em função das correntes locais, provocando amostragens em profundidades equivocadas. Caso seja observada uma deriva excessiva da garrafa, verificada através do ângulo do cabo, será aumentada a quantidade de lastro utilizada.

A amostragem de água não ocorrerá antes da amostragem de sedimentos, a fim de evitar que a ressuspensão de sedimentos causada pela utilização do *box-corer* ou do *van Veen* interfira nos parâmetros de qualidade de água.

Os métodos de coleta são descritos a seguir:

- 1) Serão medidas a profundidade (m), e serão medidos parâmetros de campo usando o medidor portátil de qualidade de água na superfície (isto é, a 15 cm da superfície) e a 50 cm do leito submarino. As medidas de profundidade aproximadas (m) e medições de campo serão registradas na caderneta de campo;
- 2) Todas as amostras de água serão coletadas voltando-se a proa do barco para a direção oposta da corrente superficial, para evitar leituras imprecisas e/ou contaminação da amostra. A garrafa de *van Dorn* horizontal será inserida na água e mergulhada a aproximadamente 15 cm abaixo da superfície. Será coletada a amostra de água superficial permitindo que a garrafa se encha completamente;
- 3) Após a garrafa de *van Dorn* ser trazida de volta à embarcação, desconectar a mangueira da garrafa e desprezar a água contida na mangueira da garrafa;
- 4) Distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios químicos, como forma de garantir a homogeneidade da amostra;
- 5) Repetir o procedimento até que todos os frascos estejam com o volume de água necessário, tomando o cuidado de manter um espaço vazio para sua posterior homogeneização;
- 6) No caso de amostras que não podem sofrer aeração (oxigênio dissolvido, sulfeto, compostos orgânicos voláteis e fenóis), a mangueira deve ser introduzida estrangulada até o fundo do recipiente, liberando-se lentamente o regulador de fluxo da mangueira e deixando-se extravasar duas vezes ou mais, o volume do frasco, não deixando espaço vazio;
- 7) Para os metais dissolvidos, a água do local será filtrada em campo imediatamente após a coleta e antes de adicionar às garrafas de amostra contendo conservantes. A unidade filtrante passará por um pré-condicionamento antes da filtragem, como forma de prepará-la para receber a amostra;
- 8) Após o pré-condicionamento, o seguinte procedimento será seguido:
 - b) Preencher um frasco descartável de 1L e retirar uma alíquota com a seringa, preenchendo todo o seu volume;
 - c) Conectar o filtro pré-condicionado à ponta da seringa;
 - d) Pressionar o êmbolo da seringa e recolher a amostra filtrada em frasco de coleta apropriado;
 - e) Repetir o procedimento até obter o volume necessário para o ensaio;
- 9) Caso ocorra saturação, o filtro será substituído por outro novo já pré-condicionado e o volume necessário para o ensaio será completado;



- 10) Visando minimizar a possibilidade de contaminação, as garrafas de amostra serão abertas imediatamente antes da coleta;
- 11) A profundidade de amostragem aproximada será registrada no caderno de campo;
- 12) Os frascos para análise laboratorial serão colocados em caixas térmicas ou isopores com gelo ou bolsas de gelo;
- 13) Os passos anteriores serão repetidos, enchendo-se uma segunda série de garrafas de amostra a profundidade de 50 cm acima do leito submarino. Se faz necessário tomar cuidado para evitar que a garrafa atinja o fundo, evitando assim a ressuspensão de sedimentos durante a coleta. A amostra de fundo será coletada permitindo que as garrafas se encham completamente;
- 14) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na **Seção 3.0**;
- 15) Os volumes de água necessários para análise de todos os parâmetros serão informados pelo laboratório contratado para realização das análises. Devido a dificuldades de armazenamento a bordo, os volumes de água não serão coletados além do necessário.
- 16) O Controle de Qualidade (QC), que se refere a técnicas internas usadas para medir e avaliar a qualidade dos dados, é apresentado em detalhes no **Anexo A** do documento principal.

2.3.1.2.1 Perfilagem por CTD

A perfilagem com CTD será realizada em todos os pontos de monitoramento do zona costeira e estuarina. O procedimento de perfilagem pode ser realizado antes, durante ou depois da amostragem de água, a depender da equipe e infraestrutura disponível. Destaca-se, contudo, que a perfilagem não ocorrerá após a amostragem de sedimentos, a fim de evitar alterações na coluna d'água causadas pela passagem e descarte de sedimentos coletados.

Antes de ter início o cruzeiro, o CTD que será utilizado terá sua calibração verificada e, caso seja necessário, o equipamento será recalibrado. Todos os registros de verificação e calibração serão mantidos e apresentados sempre que solicitados. Quando o equipamento estiver exposto no convés da embarcação, é preciso evitar que seja exposto a excesso de calor ou que fique molhado por água do mar por longos períodos (NONNATO, 2004). Assim, será lavado com água doce após o uso, enquanto o duto de temperatura e condutividade será lavado com água deionizada e, caso haja contaminação por óleo da embarcação, serão lavados com detergente não-iônico. Além de limpos, é preciso verificar o estado e a posição dos conectores, lubrificando-os com graxa de silicone (NONNATO, 2004).

Ao se iniciar o procedimento para aquisição dos dados, o equipamento será ligado e as tampas dos sensores (quando houver) serão removidas. Inicialmente, o CTD será colocado na água em uma profundidade segura (cerca de 10 m), para evitar choques com a embarcação. O aparelho permanecerá nesta profundidade durante o tempo mínimo de 5 minutos, para que seja possível a estabilização dos sensores e equilíbrio térmico (MANCA; RUSSO, 2007). Quando a profundidade local não permitir a estabilização a 10 m de profundidade, a estabilização será feita mais próximo à superfície. Nestes casos, a atenção deve ser redobrada para evitar choques do equipamento com a embarcação. Após a estabilização, o equipamento será trazido o mais próximo à superfície possível, para que se tenha início a perfilagem. Caso entre ar no equipamento, a bomba (quando houver) poderá ser desligada automaticamente, assim se fará necessário repetir o passo de estabilização anterior.

A descida será feita em velocidade constante inferior a 1 m/s, porém não inferior a 0,3 m/s (UNESCO, 1988), para evitar excesso de ruídos nos dados devido ao movimento da embarcação e inversões no sentido do movimento do instrumento (NONNATO, 2004). O equipamento será descido à uma distância segura e mais próxima possível do fundo, entretanto não pode haver contato do equipamento com o substrato. A frequência de aquisição será a maior possível para o equipamento utilizado, levando-se em consideração a capacidade e a memória do equipamento.



Para o processamento dos dados obtidos serão seguidos protocolos de verificação, limpeza, filtragem e remoção de *spikes* e cálculo de médias para, no mínimo, células de 1 dbar (1m), seguindo as recomendações de Millard & Yang (1993). Serão utilizados os dados de descida do equipamento devido ao turbilhonamento, que pode afetar os dados de subida (NONNATO, 2004).

2.3.2 Amostragem de Sedimento

2.3.2.1 Lista de Documentos, Equipamentos e Materiais

Além dos itens indicados na Seção 2.1.2, serão necessários:

- Amostrador tipo *box-corer* com dimensões mínimas de 25 x 25 x 36 cm, área de 0,1 m²;
- Amostrador tipo *Petersen*, com área amostral mínima de 0,1 m²;
- Guincho motorizado ou hidráulico para içamento dos amostradores;
- Espátulas e/ ou colheres plásticas descontaminadas;
- Bandeja plástica;
- Peneiras para separação da fauna bentônica (meiofauna e macrofauna);
- Recipientes plásticos ou de vidro pré-rotulados;
- Água deionizada para lavagem das espátulas.

2.3.2.2 Procedimentos técnicos

Os procedimentos para amostragem de sedimentos seguem as recomendações presentes nos documentos ANA (2012), NBR 9898:1987 e NBR 15469:2015 e o Anexo 3 do TR4 do ICMBio.

O lançamento do equipamento para coleta de sedimentos será feito após o término da coleta da água e após a perfilagem com CTD. Por causarem ressuspensão de sedimentos durante a coleta, as amostragens de sedimentos podem afetar a qualidade da água no local.

Será utilizado um equipamento do tipo *box-corer* para a amostragem de sedimentos. Caso mostre-se inviável a utilização de *box-corer* em águas rasas, ou caso a embarcação a ser utilizada para as amostragens seja de pequeno porte, será utilizado, alternativamente, o amostrador de Petersen Modificado (e.g., nome comercial *Day Grab*), tendo em vista seu menor tamanho, que permite uso em embarcações menores equipadas com guincho de popa ou de bordo.

O equipamento de *box-corer* será armado por um profissional experiente, desamarrado e levado à água com extrema cautela, sem que haja nenhum tripulante entre a borda da embarcação e o equipamento durante as manobras de entrada e saída da água. Devido ao seu elevado peso a operação do *box-corer* exige muita atenção, pois qualquer tipo de acidente envolvendo um equipamento deste porte pode ser de grande gravidade. O içamento do *box-corer* será realizado com auxílio de um guincho motorizado ou hidráulico.

O equipamento será descido em velocidade constante para evitar solavancos e fechamentos. Ao atingir o fundo, o equipamento se enterra sozinho por gravidade em função do destencionamento do cabo, que desencadeia na liberação do lastro acoplado à caixa de amostragem. Após alguns segundos pode ser iniciada a subida, que provocará o fechamento da lâmina do *box-corer* em decorrência do tensionamento do cabo. Ao retornar para o convés da embarcação, o equipamento será amarrado, só tornando a ser desamarrado novamente quando for utilizado novamente.

A amostra coletada será validada por um fiscal de campo. No caso de sedimentos arenosos compactados, a eficiência do amostrador pode ser reduzida. A amostra aceita será fotografada junto de uma identificação do nome e data da amostra antes e após o sifonamento da água presente. Para cada amostra de sedimento



serão anotadas data e hora do momento da coleta além de outras informações pertinentes sobre a coleta na caderneta de campo.

A partir deste ponto, será aplicada a metodologia descrita na **Seção 2.3.3** para análise qualitativa da espessura de depósitos de rejeitos misturados a sedimentos naturais. A validação da amostra seguirá as os procedimentos descritos a seguir:

O aceite das amostras coletadas seguirá alguns princípios básicos de amostragem de sedimentos. A amostra coletada deverá ser representativa do volume interno do *box-corer*, isto é, deverá representar pelo menos 25 % do volume total do amostrador. Em campo haverá sempre um fiscal de campo capacitado e treinado para validar as amostras. O fiscal de campo seguirá as seguintes recomendações para a validação de uma amostra:

- 1) A superfície da amostra sofrerá mínima perturbação possível, evidenciando uma coleta eficiente e não perturbada do fundo submarino;
- 2) Caso a amostra contenha buracos ou apresente sinais de lavagem durante a recuperação, a réplica será descartada e nova tentativa será realizada;
- 3) O sedimento coletado terá pelo menos 10 cm de profundidade, afim de evitar que a sub-amostra tenha entrado em contato com o fundo do *box-corer*;
- 4) Será observado se há distribuição homogênea dos sedimentos coletados dentro do amostrador;
- 5) Será observado se houve arrasto dos sedimentos finos devido à lavagem da superfície dos sedimentos por vazamentos de água. Caso ocorra a perda dos sedimentos finos e/ou intensa erosão de paredes laterais a amostra deverá ser descartada e uma nova será coletada.
- 6) Em seguida, as amostras serão quarteadas e serão coletados sedimentos dos 5 cm superiores do *box-corer* de dois quartos opostos para preenchimento dos frascos de preservação enviados pelo laboratório. Os frascos serão preenchidos com quantidades iguais dos dois quartos utilizados, afim de promover uma homogeneização das amostras.
- 7) Preferencialmente, os frascos serão completamente preenchidos com sedimentos de um único lançamento. Caso isto não seja possível, serão obtidas amostras compostas. Estas amostras serão misturadas antes da separação das alíquotas para análises. Será tomado exatamente o mesmo volume de cada réplica. Para evitar a oxidação, os volumes das réplicas a serem misturados serão mantidos, até o momento da homogeneização, em saco plástico ou bandeja de aço inox, de acordo com os ensaios a serem realizados;
- 8) Serão respeitados os procedimentos de preservação e os prazos de validade para todas as amostras coletadas, os quais são descritos na **Seção 3.0**.

Como demonstrado nos relatórios apresentados pela Fundação sobre o monitoramento atual de qualidade de água e sedimentos na zona costeira, em alguns pontos de amostragem a variabilidade temporal dos parâmetros, incluindo a dominância relativa de faixas de tamanho de grãos, é bastante elevada, indicando alta heterogeneidade espacial dos sedimentos e/ou elevada dinâmica de transporte sedimentar. Para reduzir a variância dos resultados, serão coletadas amostras em três réplicas, de forma aleatória, em cada ponto de amostragem. Para a determinação dos parâmetros químicos e físico-químicos, serão preparadas, em laboratório, amostras compostas, a partir das amostras individuais de cada réplica. Para a análise de fauna bentônica, não serão elaboradas amostras compostas. As réplicas serão tratadas separadamente no processamento e na análise de dados.

Para evitar retirada excessiva de sedimento para análises químicas e físico-químicas de uma única réplica, o que geraria prejuízo à amostragem de organismos bentônicos, as sub-amostragens serão limitadas à quantidade mínima necessária para que, em laboratório, de forma que a massa total da amostra composta seja equivalente ou superior à massa mínima requerida pelo laboratório.



As massas de sedimentos necessárias para análise de todos os parâmetros listados na **Tabela 12** serão informados pelo laboratório contratado para realização das análises.

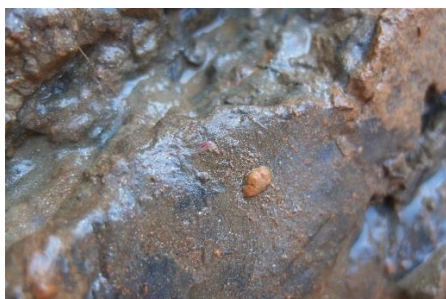
O Controle de Qualidade (QC), que se refere a técnicas internas usadas para medir e avaliar a qualidade dos dados, é apresentado em detalhes no **Anexo A**.

2.3.3 Avaliação Qualitativa dos Sedimentos

Além da avaliação quantitativa dos sedimentos, descrita na **Seção 2.3.2**, será feita também uma avaliação visual qualitativa da presença de rejeitos nos sedimentos. Após a coleta e o registro fotográfico de cada amostra de sedimento, a presença de rejeito será classificada em uma das quatro categorias: camada espessa; camada fina; presença esparsa e ausente. Dentre as três categorias com presença de rejeitos, a escolha seguirá os seguintes critérios:

- Presença esparsa: manchas finas (< 2 mm, aproximadamente) esparsas de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo;
- Camada fina: camada fina (\leq 5 mm, aproximadamente) de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo; e
- Camada espessa: camada espessa (> 5 mm, aproximadamente) de rejeitos sobre sedimento imediatamente abaixo.

Exemplos das três categorias amostras com presença de rejeitos são apresentados na **Figura 2**.



Presença Esparsa



Camada Fina



Camada Espessa

Figura 2: Exemplos de imagens das três categorias de espessura de depósitos de rejeitos nos pontos de monitoramento.

2.3.4 Amostragem de Fauna Bentônica

As amostras de fauna bentônica serão obtidas seguindo-se os mesmos procedimentos descritos na **Seção 2.3.2** para amostras de sedimento para fins de análises químicas e físico-químicas.

Serão anotadas em uma ficha de bordo a eventual presença de rochas, rodolitos, ou animais grandes epifaunais (i.e. > 1 cm e visíveis a olho nú, como esponjas, ouriços, etc) que eventualmente tenham sido capturados. Esses animais serão preservados separadamente. Será também inserida, em uma ficha de bordo específica, uma breve descrição da predominância sedimentar da amostra, indicando a dominância de cascalhos, areia ou argila (lama), que será, posteriormente, confirmada pela análise granulométrica. Todas as amostras conterão dados que permitam a identificação em todas as etapas subsequentes do trabalho. Estas marcações serão feitas na parte externa dos recipientes e também dentro das amostras utilizando-se fichas em papel vegetal escritas a lápis.



Após identificação prévia da amostra obtida e ainda com o amostrador fechado, a água superficial contida na caixa amostral será sifonada manualmente, tomando-se cuidado para preservar a estrutura superficial da amostra. A água sifonada será peneirada com uma malha de 63 µm, e seu conteúdo será preservado separadamente em frasco apropriado. Em cada réplica amostral, serão sub-amostrados:

- **Meiofauna bentônica (organismos < 63 µm):** Amostras para assembléias meiofaunais serão coletadas em cada réplica amostral em uma sub-amostra com tubo de acrílico ou tubo plástico com 5 cm de diâmetro e 3 cm de profundidade. Serão coletadas 3 sub-amostras de meiofauna, 1 de cada réplica. As sub-amostras serão diretamente preservadas com formol a 4% e conduzidas ao laboratório, onde serão peneiradas;
- **Macrofauna bentônica (organismos entre 63 µm e 1 cm):** Após a sub-amostragem da meiofauna, e da retirada de sub-amostras para análise de parâmetros químicos e físico-químicos, o restante da amostra dentro do amostrador irá constituir a amostra de macrofauna bentônica. A amostra para macrofauna será peneirada a bordo em malha de 1 cm e 0,5 cm (em peneiras sequenciais), usando água marinha ou estuarina do local filtradas (evitando-se contaminação externa da amostra). Após peneiramento, as amostras retidas em cada peneira devem ser preservadas separadamente em recipientes com formol a 4%.

3.0 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

3.1 Parâmetros Biológicos

3.1.1 Fitoplâncton

O material coletado deve ser submetido às seguintes análises:

- **Análise quantitativa:** a contagem do fitoplâncton deverá ser realizada nas amostras que foram acondicionadas em frascos escuros e preservadas em lugol acético 0,5 %, utilizando-se um microscópio invertido, de acordo a metodologia descrita por Utermöhl (1958). Os organismos devem ser contados sob o aumento de 400 vezes, com o auxílio de retículo de Whipple aferido com régua micrométrica calibrada, com contagem em campos ou transectos, garantindo a precisão dos resultados. Durante a contagem deve ser estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante contados de modo a se determinar erro padrão de até 20% na contagem, obtido por meio da fórmula (APHA 2005, CETESB 2005):

- a. Erro na contagem, de acordo com a Equação 1:

$$E = \left(\frac{2}{\sqrt{N}} \right) \cdot 10 \quad (1)$$

Em que:

- b. (E) denota o erro na contagem, em %;
 - c. (N) denota o número unidades constatadas.
 - d. As identificações dos organismos fitoplânctônicos devem ser feitas em nível específico, sempre que possível. Os sistemas de classificação adotados devem ser: Round (1971) para as classes de Chlorophyta; Round (1990) para Bacillariophyta; Komárek & Anagnostidis (1989, 1998 e 2005) para Cyanobacteria; e o de Round (1965) para as demais classes.
- **Espécies abundantes e dominantes:** considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas



densidades superam a densidade média das populações de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986);

- Frequência de Ocorrência: considerando a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$; as comuns, $10\% < F < 50\%$; e as raras, quando $F < 10\%$. Calculados através da Equação 2:

$$F = \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

- e. (F) denota a frequência de ocorrência;
- f. (P_i) denota o número de amostras em que a espécie *i* está presente;
- g. (P_t) denota o número total de amostras analisadas.

- Índices biológicos (nível específico): devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983). Dessa forma, as equações 3, 4 e 5 apresentam o cálculo do Índice de Equitabilidade, Índice de Dominância de Simpson e Índice de Diversidade de Shannon-Wiener.

Índice de Equitabilidade (E)

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (3)$$

Em que:

- h. (E) denota o índice de equitabilidade;
- i. (H') denota o índice de diversidade (bits.ind⁻¹);
- j. (S) denota o número total de táxons contados na amostra.

Índice de Dominância de Simpson (D)

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (4)$$

Em que:

- k. (D) denota o índice de dominância de Simpson;
- l. (n_i) denota a relativa de cada táxon na unidade amostral;
- m. (N) denota o número total de indivíduos na amostra.

Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H')

$$H' = - \sum p_i \cdot \log^2 p_i \quad (5)$$

Em que:

- n. (p_i) denota a razão entre n_i e N $\left(\frac{n_i}{N} \right)$;



Índice de riqueza (R)

Número total de táxons encontrados em uma amostra

Associação de espécies bioindicadoras: avaliada com base nas análises qualitativas e quantitativas da comunidade, e com uso de literatura especializadas, como Tucci (2002).

3.1.2 Zooplâncton

O material de coletado zooplâncton, componente bioindicador exclusivo do *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, deverá ser submetido às seguintes análises:

- Análise taxonômica - os organismos já fixados deverão ser triados em microscópio estereoscópico com aumento de 40 a 80 vezes. A identificação em nível de espécie ou subespécie deverá ser realizadas em microscópio óptico invertido Zeiss, com câmara clara, ocular milimetrada e aumento de até 1000 vezes, de acordo com consulta a especialistas e bibliografia especializada, como: Smirnov, 1974; Koste, 1978; Koste & Robertson, 1983; Reid, 1985; Koste & Shiel, 1986; Shiel & Koste, 1992; 1993; Nogrady et al., 1993; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997; Sinev, 2001; Nogrady & Segers, 2002; Segers & Shiel, 2003; Silva, 2003; Silva & Matsumura-Tundisi, 2005; Van Damme et al., 2005; Santos-Silva, 2008; Gomes & Souza, 2008; Van Damme et al., 2010, entre outros;
- Análise quantitativa – cada amostra deverá ser quantificada para a determinação da densidade das espécies (indivíduos/m³) pela obtenção de 3 sub-amostras de 1 mL com pipeta do tipo Stampell, sendo a contagem dos indivíduos realizada em câmaras de Sedgewick-Rafter (Rotíferas e protozoários) e em cubeta quadriculada de acrílico sob microscópio estereoscópico (Cladocera, Copepoda e meroplâncton) e os resultados expressos em número de indivíduos por unidade de volume de água filtrada. A contagem dos organismos deverá ser baseada na metodologia proposta por Bottrel et al. (1976). Para a contagem deverá ser estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 150 indivíduos contado em cada sub-amostra. Se a sub-amostra não contiver o número mínimo referido acima, deverá ser contada em sua totalidade;
- Espécies abundantes e dominantes – considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra;
- Frequência de Ocorrência – considerando a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$; as comuns, $10\% < F < 50\%$; e as raras, quando $F < 10\%$. Calculados através da equação 2 (ver **Seção 3.1.1**);
- Índices biológicos (nível específico) - devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983), de acordo com as equações 3,4 e 5 (ver **Seção 3.1.1**);
- Análises estatísticas – devem ser realizadas análises de correspondência canônica (ACC) utilizando-se o conjunto de variáveis ambientais e de comunidades zooplânctônicas; e análise de agrupamento, em base à similaridade – matriz de correlação simples/coeficiente de correlação r de Pearson, aplicada aos dados de composição/abundância das populações zooplânctônicas, de modo a explorar a relação entre os dados químicos coletados e as abundâncias relativas.



3.1.3 Perifíton

O material perifítico deverá ser encaminhado para as seguintes análises:

- Análise taxonômica: as amostras deverão ser fixadas em formalina 3-4%. A oxidação e preparo das lâminas permanentes para a análise das diatomáceas deverá seguir Hasle & Fryxell (1970), utilizando Hyrax como meio de inclusão. As análises deverão ser feitas ao microscópio binocular, munido de câmara clara e ocular de medição. O sistema de classificação adotado para classes e ordens deve ser o de Van der Hoek et al. (1997). Para identificação das algas em nível específico deverá ser utilizada literatura especializada conforme o grupo de algas, como: Albuquerque & Menezes (1997), Bicudo (2004); Bicudo et al. (2003); Bicudo (1989, 1990a, 1996); Komárek & Anagnostidis (1999); Komárek & Fott 1983; Kramer & Lange-Bertalot (1986); Sant'anna et al. (1989), Xavier (1988, 1989a, 1989b, 1994), Ferragut et al. (2005).
- Análise quantitativa das algas: o perifíton removido de seu substrato deverá ser imediatamente fixado e preservado em lugol acético 0,5% (Lund et al. 1958) em volume conhecido e mantido no escuro a temperatura ambiente, até o momento da análise. A densidade deverá ser determinada pelo método de Utermöhl, a partir de microscópio invertido, em aumento de 400 vezes (Lund et al. 1958). O limite da contagem deverá ser estabelecido por dois procedimentos: quantificação de 100 indivíduos da espécie mais comum e curva de rarefação de espécies (Bicudo, 1990b). A Equação 6 para o cálculo da densidade deverá seguir a adotada por Vercellino (2007), adaptada para a área do substrato como se segue:

$$N = \frac{n \cdot 1000 \cdot 10^6 \cdot V \cdot f}{V_c \cdot S} \quad (6)$$

Em que:

- (N) denota a densidade, número de indivíduos por cm²;
- (n) denota o número total de indivíduos contados;
- (1000 e 10⁶) denotam fatores de correção de unidades;
- (V) denota o volume total da amostra contendo o perifíton removido do substrato, em mL;
- (f) denota o fator de diluição da amostra, quando necessário;
- (S) denota a superfície raspada do substrato, em cm²;
- (V_c) denota o volume dos campos contados, em mL. Essa variável é terminada pela Equação 6, a seguir:

$$V_c = h \cdot A_c \cdot N_c \quad (7)$$

Em que:

- (h) denota a altura da câmara de sedimentação, em mm;
 - (A_c) denota a área do campo de contagem, em µm²;
 - (N_c) denota número de campos contados.
- Biomassa da comunidade algal: a extração da clorofila-a, corrigida para feopigmentos deverá ser feita em etanol 90% aquecido por 5 minutos, não-macerado (Sartory & Grobbelaar 1984). Os cálculos devem ser feitos de acordo com Wetzel & Likens (1991), sendo as equações adaptadas para a comunidade perifítica (área do substrato) e as respectivas constantes corrigidas para o solvente orgânico utilizado na extração. A determinação de massa seca, massa seca livre de cinzas e cinzas deverá seguir Schwarzbald et al. (1990) e Ferragut (1999):



$$\text{Clorofila-a} = \frac{E_{\text{clor.}} \cdot 103 \cdot V}{83,4 \cdot S} \quad ; \quad E_{\text{clor.}} = 2,38 \cdot (U' - A') \quad (8)$$

$$\text{Feoftina} = \frac{E_{\text{feof.}} \cdot 103 \cdot V}{56 \cdot S} \quad ; \quad E_{\text{feof.}} = U' - E_{\text{clor.}} \quad (9)$$

Em que:

- k. (U') denota absorvância a 665 nm do extrato não acidificado corrigida da leitura a 750 nm (U665 – U750);
 - l. (A') denota a absorvância a 665 nm do extrato acidificado corrigida da leitura a 750 nm (A665 – A750);
 - m. (V) denota o volume do solvente, em mL;
 - n. (83,4) denota o coeficiente de absorção específico da clorofila-a em etanol 96 %;
 - o. (56) denota o coeficiente de absorção específico da feoftina (adotado o determinado em acetona 90 %);
 - p. (S) denota a área do substrato, em cm².
- Índices biológicos (nível específico) - devem ser calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949) e de riqueza (Odum, 1983). O cálculo de tais índices está apresentado pelas equações 2, 3 e 4;
 - Espécies abundantes e dominantes - considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986);

Associação de espécies bioindicadoras – avaliada com base nas análises qualitativas e quantitativas das algas perifíticas, e com uso de literatura especializada como, Van Dam et al. (1994), Lowe & Pan (1996), Vercellino (2001), Ferragut (2004), Fermino (2006) entre outros.

3.1.4 Macroinvertebrados Bentônicos Dulcícolas

Para análise do material, as amostras de sedimento devem ser lavadas com água corrente em rede com malha 0,25 mm, reduzindo o volume da amostra ao eliminar partículas orgânicas e inorgânicas finas. O material coletado será submetido as seguintes análises:

- Análise taxonômica: a identificação dos organismos deverá ser feita com o auxílio de lupa e microscópio óptico até o menor nível taxonômico possível, de acordo com consultas a especialistas e bibliografia especializada, como: fauna de invertebrados geral: Brusca & Brusca 2002, Daly 1996, Ide & Costa, 2006; Ephemeroptera: Edmunds & Waltz 1996, Dominguez et al. 2006, Salles et al. 2004 a e b, Da-Silva et al. 2002, Dias et al. 2007; Odonata: Westfall & Tennessen 1996, Costa et al. 2004, Costa & Ide 2006; Trichoptera: Wiggins 1996, Morse & Holzenthal 1996, Angrisano & Korob 2001, Oliveira 2006; Plecoptera: Bispo & Crisci-Bispo 2006, Olifiers et al. 2004, Romero 2001, Stewart & Harper 1996; Coleoptera: White & Brigham 1996, Costa & Ide 2006, Archangelsky 2001; Diptera: Courtney et al. 1996, Coffiman & Ferrington 1996, Guimarães & Amorin 2006, Trivinho-Strixino & Strixino 1995, Pinder 1983, Pinder & Reiss 1983, Fittkau & Roback 1983, Cranston et al. 1983, Grosso 2001, Paggi 2001; Oligoquetos: Brinkhurst & Marchese 1989; Lopretto & Tell 1995. Além disso, devem ser utilizadas as referências indicadas pelo PMQQS (Lecci & Froehlich 2010, Mugnai et al. 2010, Salles 2009, Pinho 2008, Calor 2007, Dias et al. 2007, Mariano 2007, Souza et al. 2007, Dias et al. 2006, Pes et al. 2005, Olifiers et al. 2004, PAPROCKI et al. 2004, Da-SILVA et al. 2002, Fernadéz & Domingues 2001, Flint et al. 1999, Nieser & Melo 1997, Péres 1996, Domingues et al. 1994, Merritt & Cummins, 1984);



- Aplicação do Índice Multimétrico Bentônico (IBM): avaliando um conjunto de métricas bentônicas como: riqueza, % Oligochaeta, % CHOL (Chironomidade + Oligochaeta), % EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), % Coletores-catadores e BMWP-CETEC (Biological Monitoring Working Party - Centro Tecnológico de Minas Gerais), segundo Ferreira (2009). As porcentagens representam as proporções dos organismos utilizados para compor o índice em relação à fauna total segundo Ferreira et al. (2012). A métrica BMWP-CETEC corresponde ao escore atribuído a cada família de acordo com a lista de Junqueira et al. (1998). A classificação em grupos tróficos deve ser obtida segundo Merritt & Cummins (1996) e Cummins, Merritt e Andrade (2005). Para cada métrica que integra o índice deve ser feita a classificação em escores (1, 3 ou 5) de acordo com as respostas dos organismos frente aos impactos, segundo Ferreira (2009). O somatório dos resultados dos escores atribuídos às métricas deve ser dividido em quatro categorias, que refletem as condições da qualidade da água. Assim um resultado de 6-12 reflete condição de água "ruim"; 13-18 água "regular"; 19-24 água "boa" e 25-30 água "muito boa";

Análises estatísticas: devem ser realizadas análises de correspondência canônica (ACC) utilizando-se o conjunto de variáveis ambientais e dos macroinvertebrados e análise de agrupamento, em base à similaridade - matriz de correlação simples/coeficiente de correlação r de Pearson, aplicada aos dados de composição/abundância dos macroinvertebrados bentônicos, de modo a explorar a relação entre os dados químicos coletados e as abundâncias de invertebrados.

3.1.5 Fauna Bentônica Marinha

Os procedimentos de análise da fauna bentônica são divididos entre aqueles relacionados a procedimentos laboratoriais (**Seção 3.1.5.1**) e de análise de dados (**Seção 3.1.5.2**).

3.1.5.1 Procedimentos Laboratoriais

Em laboratório, o procedimento analítico deve seguir padronizações de triagem e identificação taxonômicas. Tendo em vista o longo período de estudo proposto no monitoramento, é importante realizar um controle da qualidade de triagem laboratorial, tendo em vista que muitos técnicos devem se alternar durante o andamento do projeto potencialmente introduzindo erros significativos no reconhecimento de animais bentônicos. Esse controle de qualidade deve ser supervisionado por profissional com boa experiência, e continuamente reportado para que eventuais correções e treinamentos sejam rapidamente realizados. O controle de qualidade da triagem será realizado separando-se 10% das amostras triadas por cada profissional, as quais terão o resíduo conferido por profissional experiente. Caso os resíduos de triagem contenham organismos não identificados, estes organismos devem ser devidamente acondicionados nos respectivos frascos com os demais organismos já triados. O controle de qualidade deverá aceitar a triagem da amostra caso encontre até 10% do número de organismos nos resíduos. A triagem das amostras de um profissional deverá ser rejeitada caso sejam encontrados mais de 10% do número de organismos totais de uma amostra nos rejeitos triados. Nesse caso, serão aleatoriamente checadas outras 10% de rejeitos de amostras do mesmo profissional para verificar a qualidade, e caso erros sejam verificados medidas de treinamento e correção dos erros devem ser adotadas. No caso de profissionais com menos de 6 meses de experiência, 100% de suas amostras deverão ser checadas até que o mesmo atinja < 10% de animais encontrados em 90% dos rejeitos de triagem.

As amostras de meiofauna (< 63 μ m) preservadas em formol 4% devem ser elutriadas em laboratório seguindo os métodos de extração com sílica coloidal ou Ludox (Burgess, 2001). O material separado com os animais será colocado em placa de Petri para centrifugação manual, sendo o sobrenadante vertido em placas de Doffus, composta de 200 quadrados de 0,25 cm² cada. Em estereomicroscópio, será realizada a contagem dos grandes grupos zoológicos e separação de Nematoda, Tardigrada e Copepoda Harpacticoidea, com auxílio de estilete. Os espécimes serão quantificados e acomodados em tubos de Eppendorf, com formol a 4%. A classificação taxonômica deverá ser baseada em referências usuais e chaves padronizadas, preferencialmente a nível taxonômico de gênero (Sommerfield & Clarke, 1995; De Ley, 2006).

As amostras de macrofauna (> 63 μ m e < 1,0 cm) preservadas em formol devem ser novamente lavadas em água corrente em laboratório e transferidas para álcool 70%. As amostras serão triadas por



estereomicroscópio e os organismos triados e identificados ao nível de família (Filo Annelida e Filo Mollusca) e ordem (Sub-filo Crustacea e outros). Este nível de classificação é suficiente para análises estatísticas convencionais posteriores e elimina grande esforço taxonômico na identificação de espécies (Somerfield & Clarke, 1995). Diversos guias e chaves taxonômicas podem ser usadas para a identificação da macrofauna bentônica a nível de família, e muitas referências foram publicadas sob a forma de livro no Brasil ou em jornais especializados (e.g., Fauchald, 1977; Amaral *et al.*, 2006).

Organismos pertencentes a grupos dominantes ou de especial interesse taxonômico poderão ser encaminhados a especialistas para uma identificação ao menor nível possível, sendo mantidos em suas coleções, ou encaminhados para coleções cadastradas no CRIA (e.g., Museu de Zoologia da USP, UNICAMP).

3.1.5.2 Análise de dados

A análise dos dados de organismos da meiofauna e macrofauna bentônica deve considerar os seguintes parâmetros: i) a densidade e biomassa total de organismos (padronizada por metro quadrado m^{-2}) e desvio padrão das réplicas num determinado sítio ou ponto amostral; ii) índices de diversidade (Simpson e Shannon H') e equitatividade de Pielou J' (e seus erros entre réplicas) (Magurran, 2004); iii) a composição faunística predominante em cada área (e.g., ranque de dominância de grupos) com sua respectiva densidade. Devem ser realizadas também (iv) comparações entre pontos e períodos amostrais a partir dos dados anteriores, em 2 ou mais áreas e/ou 2 ou mais períodos de tempo; e (v) analisadas relações entre a variação de densidade de organismos com variáveis ambientais.

Os dados de densidade e biomassa total de organismos devem ser obtidos pela contagem e medição de peso úmido de organismos presentes em cada amostra, separados por nível taxonômico (i.e., Família, Ordem). A densidade de cada área amostral (área superficial do amostrador utilizado) é convertida para 1 metro quadrado e a média das réplicas de cada ponto amostral são calculadas juntamente com seu desvio padrão. Ao se estimar a biomassa, deve-se utilizar balança analítica com precisão suficiente, e o peso úmido anotado após um intervalo de tempo pré-definido (e.g. 10 segundos). Tendo em vista que os organismos estarão condicionados em álcool 70%, o peso irá diminuir constantemente pela evaporação do álcool e não é desejável que os animais ressequem no processo. As amostras de meiofauna somente deverão ser quantificadas, sem necessidade de medida de biomassa. Os testes estatísticos devem apenas testar hipóteses através de técnicas de estatística inferencial bem conhecidas: estatística paramétrica (testes t, F, ANOVA, Qui2, Correlação-regressão), ou não paramétrica (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, Spearman). Todos estes testes e índices de diversidade podem ser rotineiramente calculados por pacotes estatísticos amplamente disponíveis, incluindo o software PRIMER® (Clarke & Warwick, 2001). Para descrever a estrutura de populações e assembleias, ou as características ambientais de um determinado ecossistema e testar as inter-relações biota x meio físico e os fatores que regulam essas estruturas, devem-se empregar métodos multivariados e analisar de maneira integrada os dados abióticos e bióticos.

Para descrever a estrutura das associações bênticas (meiofauna ou macrofauna) entre áreas/pontos, deve-se realizar o agrupamento de amostras (modo Q) a partir dos dados quantitativos de organismos e espécies. Os dados podem ser pré-tratados por transformações (e.g., raiz quadrada) para balancear a importância de espécies dominantes e raras, e normalmente estas análises são realizadas no pacote estatístico PRIMER® (Clarke & Gorley, 2006). Os dados transformados são então utilizados para calcular a distância euclidiana a partir de índices de dissimilaridade de Bray-Curtis, e ordenados em gráficos MDS. Após a ordenação MDS, análises estatísticas multivariadas (e.g., PERMANOVA) podem ser aplicadas para se testar diferenças espaciais e temporais desejadas, e a análise SIMPER permite a identificação das variáveis (e.g., dominância de espécies) responsáveis pelos agrupamentos encontrados (Anderson *et al.*, 2008). A PERMANOVA pode ser empregada, baseada na matriz de semelhança de Bray Curtis, para verificar diferenças espaciais ou temporais nas assembleias bentônicas a partir de tratamentos definidos a-priori (e.g. entre estuários, entre áreas, entre zonas com presença ou ausência de rejeitos, etc). Como a amostragem deverá ser desbalanceada, isto é, com diferente número de réplicas e amostras entre áreas, as PERMANOVAS deverão ser realizadas separadamente para cada região de interesse (Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006). Métodos de regressão múltipla podem ainda ser aplicados para examinar a influência de variáveis



ambientais na estrutura de assembleias, após tratamentos e testes de auto-correlação necessários (Anderson, 2006; Anderson et al., 2008).

No caso em questão, em que os dados pré-impacto são inexistentes, escassos ou foram realizados por métodos distintos, é de suma importância testar o comportamento temporal das assembleias por métodos não-normais multidimensionais (N-MDS - Somerfield & Clarke, 1995). Estas técnicas são relevantes para identificar comportamentos "anômalos" de assembleias ao longo do tempo, que poderiam estar relacionadas a impactos de longo termo na sucessão ecológica de assembleias expostas a algum agente externo, se comparados com assembleias supostamente sem interferência daqueles agentes (Clarke et al., 2006). Desta forma, o uso de MDS de segundo estágio será empregado para avaliar a evolução temporal das comunidades nos pontos de estudo.

Todos os testes acima descritos podem ser realizados no pacote PRIMER versão 6.0 e os detalhes metodológicos das análises consultados nos manuais indicados (Clarke & Gorley, 2006; Anderson et al., 2008).

3.2 Ensaios ecotoxicológicos

Os métodos para a realização dos ensaios de ecotoxicidade incluídos no programa de testes estão relacionados na Tabela 2, tanto para amostras de água (rio Doce) quanto para amostras de sedimento (rio Doce).

Tabela 2: Ensaios ecotoxicológicos propostos.

Matriz	Ensaio	Método ¹
Água – rio Doce	Toxicidade crônica - <i>Ceriodaphnia</i> spp	ABNT NBR 13.373
	Toxicidade crônica – <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> spp	ABNT NBR 12.648
	Toxicidade aguda - <i>Daphnia</i> spp.	ABNT NBR 12.713
	Toxicidade aguda – <i>Danio Rerio</i> spp	ABNT NBR 15.088
Sedimento – rio Doce	Toxicidade crônica - <i>Ceriodaphnia</i> spp	ABNT NBR 13.373

¹ Serão consideradas as revisões mais atualizadas para a realização dos ensaios propostos.

A análise das amostras deve ser realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Princípio dos métodos:

Todos os métodos de ensaio mencionadas na Tabela 2 seguem os mesmos princípios. Os organismos-testes são submetidos a diferentes diluições da amostra coletada por um determinado período de tempo, conforme apresentado na Tabela 2

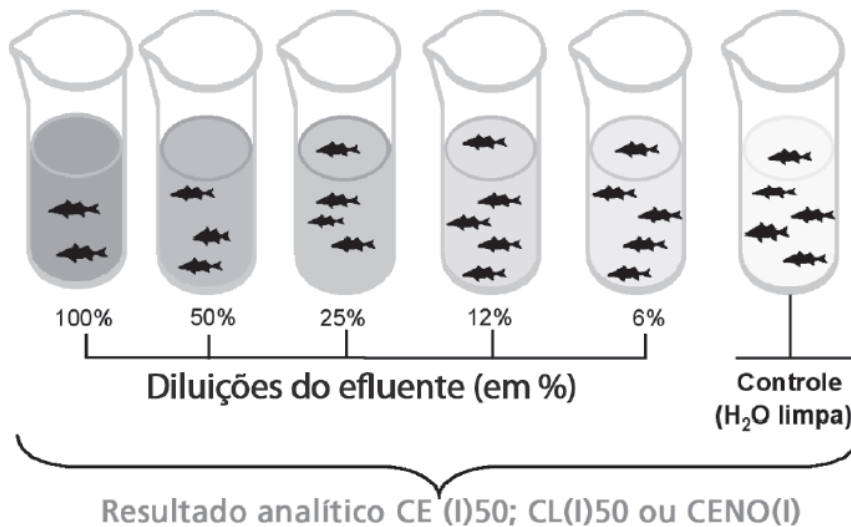


Figura 3: Esquema de um ensaio ecotoxicológico.

Fonte: Bertoletti, 2008

Após o período de exposição, deverá ser registrada a porcentagem de efeito tóxico medido em cada uma das diluições e, em seguida, deverá ser calculado o resultado do ensaio ecotoxicológico, o qual deve ser expresso em:

- CE(I)50;48h = concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade) a 50% de uma população do micro crustáceo *Daphnia similis*, em 48 horas de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado deve ser a norma técnica ABNT NBR 12713;
- CL(I)50;96h = concentração do efluente que causa efeito agudo (letalidade) a 50% de uma população dos peixes *Danio rerio* ou *Pimephales promelas*, em 96 horas de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado deve ser a norma técnica ABNT NBR 15088;
- CENO(I);7dias = concentração do efluente que não causa efeito crônico observável a uma população do micro crustáceo *Ceriodaphnia dubia* (na sobrevivência ou reprodução), em 7 dias de exposição, expressa em %. O método analítico para obtenção desse resultado analítico deve ser a norma técnica ABNT NBR 13.373. Alternativamente, pode ser utilizado o método analítico com peixes ou com algas segundo ABNT NBR 15.499 (Ensaio com peixes – ecotoxicidade crônica) ou ABNT NBR 12.648, respectivamente.

Estes valores deverão ser utilizados para estimar o potencial efeito tóxico da amostra analisada. Devem ainda serem apresentados os dados brutos referentes a cada ensaio, além dos respectivos dados, iniciais e finais, de pH e oxigênio dissolvido.

Preservação da amostra:

Água: frasco de vidro ou plástico (polietileno de alta densidade, polipropileno ou outro polímero inerte). Resfriar por até 12h ou manter abaixo de 10°C sem congelar por até 48h ou congelar abaixo de 10°C em até 48h após a coleta por até 60 dias

Sedimento: frasco ou saco plástico de boca larga (polietileno de alta densidade). Manter abaixo de 10°C sem congelar por até 60 dias.

Prazo de validade da amostra:

Dependente da preservação.



Interferentes:

O congelamento das amostras pode ser considerando uma interferência, por tanto, é recomendado que seja adotada a refrigeração, considerado o melhor procedimento de preservação, pois pouco altera as características da amostra (USEPA, 1982, 2002a, 2002b).

3.3 Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos

Os métodos analíticos incluídos no programa estão relacionados nas seções abaixo. São apresentados os parâmetros de qualidade (determinados em campo e/ou laboratório), tanto para amostras de água (doce e marinha) quanto para amostras de sedimento.

Os métodos apresentados nos itens a seguir são normalizados por referências técnicas especializadas em análises químicas. O laboratório contratado deverá comprovar que opera adequadamente os métodos normalizados propostos, fornecendo evidência de atendimento às especificações relativas aos parâmetros de desempenho especificados no método de ensaio de acordo com as matrizes para as quais o método é aplicado.

3.3.1 Medições em Campo

Todas as medições efetuadas durante a realização dos serviços de amostragem deverão provenientes do uso de equipamentos e instrumentos de medição com comprovação de calibração.

Esta calibração deverá ser realizada por laboratórios externos acreditados à Rede Brasileira de Calibração (RBC). Todo certificado de calibração fornecido deverá analisado criticamente pelo responsável pela amostragem, quanto ao atendimento dos requisitos da norma ABNT ISO/IEC 17025 e aos requisitos metrológicos especificados pelo fabricante.

Além da calibração, todos os equipamentos e instrumentos de medição deverão ser verificados com Materiais de Referência (MR), quando possível Certificados (MRC) de acordo com a ABNT ISO GUIA 34: 2012.

3.3.1.1 Faixas de Uso

Para os parâmetros físico-químicos foram estabelecidos faixas de uso, que devem estar de acordo com os certificados de calibração dos equipamentos a serem utilizados. A Tabela 3 apresenta as faixas de uso consideradas aptas a atender o PMQQS proposto.

Tabela 3: Faixas de uso para as análises em campo

Mensurando	Matriz	Método	Faixa de Uso
pH	Água e sedimento	SMEWW 4500-H ⁺ B	0 a 14
Condutividade	Água	SMEWW 2510 B	0 a 2000 µS/cm
Oxigênio Dissolvido	Água	SMEWW 4500-O G	0 a 10 mg/L 0 a 100%
Potencial de oxirredução	Água e sedimento	SMEWW 2580 B	-2000 a + 2000 mV
Turbidez	Água	SMEWW 2130 B	0 a 60.000 UNT ^(a)
Temperatura	Água	SMEWW 2550 B	0 a 55°C
Salinidade	Água	SMEWW 2520 D	0 a 70

SMEWW - *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*; ^(a) Pode ser necessário diluir a amostra de água coletada para permitir que este limite superior de faixa de uso seja atingido.



Para o estabelecimento destas faixas foi realizada consulta em Manuais Técnicos ou de Operação das Multiparâmetros comercializadas e conhecimento adquirido sobre as características do ambiente desde o rompimento da barragem até o momento, conforme orientações dos documentos elaborados pela Comissão de Química para atendimento aos requisitos de amostragem para a NBR ISO/IEC 17025.

3.3.1.2 Medição de pH - Método SMEWW 4500-H⁺ B

Princípio do método:

A determinação da atividade dos íons H⁺ (a_{H^+}) é geralmente realizada através de potenciômetro acoplado com eletrodos padrão (i.e., eletrodo de vidro) e de referência, e dispositivo compensador de temperatura. A Força eletromotriz (mV) produzida no eletrodo de vidro é função linear do cologarítimo da atividade dos íons H⁺, que corresponde ao pH (i.e., $pH = -\log a_{H^+}$). A curva linear de calibração, com *input* no potenciômetro, é obtida através de soluções tampões com valores certificados de pH, normalmente correspondentes a pH 4, 7 e 10 para amostras de sistemas naturais (APHA/AWWA/WEF, 2012).

Com o equipamento (potenciômetro) em funcionamento e estabilizado, os eletrodos são enxaguados com água reagente (deionizada) e secos delicadamente (i.e., sem fricção) com papel absorvente. Em sequência, o potenciômetro é calibrado (ou a calibração é verificada) através de soluções-tampão certificadas, e conforme orientação do fabricante. Após a calibração (ou sua verificação), os eletros são novamente enxaguados e secos. Os eletrodos são imersos na amostra, e o pH é obtido após a estabilização do valor mensurado (APHA/AWWA/WEF, 2012; ANA & CETESB, 2012). A leituras é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

A amostra para análise de pH não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

O eletrodo de vidro é relativamente livre de interferências devidas a cor, turbidez, material coloidal, oxidantes, redutores, ou alta salinidade, exceto a um erro por sódio em $pH > 10$. Este erro pode ser reduzido usando um eletrodo especial com “baixo erro de sódio”. A medida de pH é afetada pela temperatura de duas formas: efeitos mecânicos, que são causados por mudanças nas propriedades do eletrodo, e efeitos químicos, causados pela mudança no equilíbrio. No primeiro caso, a “inclinação de Nernst” aumenta com o aumento da temperatura, e o eletrodo demora a alcançar o equilíbrio térmico. Isto pode causar erros na leitura em longo prazo. Uma vez que o equilíbrio químico afeta o pH, tampões padrão têm seu pH especificado a uma temperatura indicada. Deverá ser reportada a temperatura na qual o pH foi medido.

3.3.1.3 Medição de Condutividade Elétrica - Método SMEWW 2510 B

Princípio do método

A condutância específica ou condutividade elétrica (CE) corresponde à capacidade de uma solução aquosa conduzir corrente elétrica, e é função direta da presença de íons em solução, e da temperatura. Instrumentos de campo ou de laboratório carregam basicamente uma célula de condutividade e um dispositivo compensador de temperatura. O equipamento de medição é previamente calibrado com solução padrão certificada, geralmente uma solução de cloreto de potássio (KCl). Uma solução-padrão KCl 0,00100 M apresenta CE correspondente a 1412 $\mu S/cm$, a 25 °C (APHA/AWWA/WEF, 2012; ANA & CETESB, 2012).

Com o equipamento (potenciômetro) em funcionamento e estabilizado, a célula de condutividade é previamente enxaguada com água reagente e porções da solução padrão. A calibração é realizada conforme orientação do fabricante, com imersão da célula em outra alíquota desta última solução. Após a calibração, a medição é realizada diretamente no corpo d'água (em campo), ou em amostra imediatamente coletada. A CE



é registrada juntamente com a temperatura da solução. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

O método é praticamente isento de interferentes.

3.3.1.4 Medição de Oxigênio Dissolvido - Método SMEWW 4550-O G

Princípio do método

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) em águas naturais é função de fatores físicos, químicos e biológicos no corpo d'água. Existem usualmente dois métodos básicos estabelecidos na literatura para a determinação de OD: Método Winkler ou iodométrico (e suas modificações) e Método Eletrométrico. Neste programa de monitoramento será utilizado o Método Eletrométrico por Eletro de Membrana, que proporciona 'excelente' determinação de OD em águas poluídas, e altamente coloridas (APHA/AWWA/WEF, 2012). O método baseia-se na taxa de difusão de oxigênio molecular através da membrana seletiva do eletrodo.

O OD é determinado em oxímetro previamente calibrado, conforme orientação do fabricante, com imersão do eletrodo diretamente no corpo d'água, ou em uma amostra. A imersão é realizada de modo a evitar a formação de bolhas de ar no sistema. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Filmes plásticos usados como sistemas de membrana são permeáveis a uma variedade de gases além do oxigênio, embora nenhum seja facilmente despolarizado no eletrodo indicador. O uso prolongado de eletrodos de membrana em águas contendo gases tal como o sulfeto de hidrogênio (H₂S) tende a diminuir a sensibilidade da cela. Eliminar esta interferência pela frequente troca e calibração da membrana do eletrodo.

3.3.1.5 Medição de Potencial Oxirredução - Método SMEWW 2580 B

Princípio do método

O potencial de oxidação e redução (ORP, do inglês "Oxidation Reduction Potential"), é também conhecido como potencial Redox (Eh) e serve para avaliar as reações químicas de um meio, pelo equilíbrio entre as reações de oxidação e redução. A determinação do ORP é realizada com eletrodo específico, utilizando-se um medidor de pH (pHmetro), ajustado em mV (mili Volts).

O ORP, permite avaliar o equilíbrio global das reações de oxidação-redução no meio aquoso. Tais reações envolve elementos redox-sensitivos como Fe, N, S, e C. As medidas eletrométricas são realizadas através de eletrodo específico através de potenciômetro. É determinado com o potenciômetro previamente calibrado, com imersão do eletrodo diretamente no corpo d'água, ou em uma amostra. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.



Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Interferências específicas podem ocorrer devido à operação do eletrodo indicador ou de referência. A capacidade redox ou equilíbrio da amostra, a preservação e tratamento da amostra e temperatura de equilíbrio. Sorção e efeitos da contaminação na superfície do eletrodo, ponte salina ou eletrólito interno no caso de eletrodos de referência, pode conduzir a um fluxo excessivo ou a má resposta do eletrodo. Material orgânico, sulfeto e brometo podem causar estes problemas, particularmente no uso em longo prazo do eletrodo. Se variação excessiva ocorre durante leitura ou o desempenho irregular dos pares de eletrodos redox é observado nas soluções-padrão após a limpeza adequada, recarregar ou realizar os procedimentos de regeneração ou substituir o eletrodo defeituoso por um novo.

O equilíbrio da amostra irá reger a resistência da amostra a mudança no potencial redox, este fenômeno é análogo à resistência à mudança do pH proporcionado pela capacidade do tampão. Exceto em processos concentrados rios, lodos, lixiviados e águas altamente reduzidas ou tratadas, as concentrações de espécies oxidadas ou reduzidas podem ser bastante baixa. Sob estas condições, tomar cuidado para evitar a exposição ao oxigênio atmosférico quando manipular amostras de concentrações muito baixas.

3.3.1.6 Medição de Turbidez - Método SMEWW 2130 B

Princípio do método:

Turbidez é a redução da transparência da solução aquosa em função de partículas em suspensão. A determinação da turbidez, pelo Método Nefelométrico, é baseada na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em um ângulo reto, em relação à luz incidente, com a luz espalhada por uma suspensão padrão (ANA & CETESB, 2012).

A turbidez é determinada com o auxílio de um turbidímetro previamente calibrado, conforme orientação do fabricante. Para a calibração, cada frasco contendo solução padrão (de determinada turbidez) é colocada na câmara de análise, e a turbidez é obtida. A medição na amostra é obtida de forma análoga, e deve ser realizada após sua imediata coleta. Os frascos de análise devem ser cuidadosamente manuseados, de forma a não alterar a transparência das paredes do recipiente, e interferir com o resultado analítico. A leitura é realizada diretamente do visor do equipamento.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

A turbidez pode ser determinada em qualquer amostra de água que esteja livre de detritos e, caso existam sedimentos 'grosseiros' estes devem sedimentar rapidamente. Vidros sujos e a presença de bolhas de ar podem interferir nos resultados.

3.3.1.7 Medição de Temperatura – Método SMEWW 2550 B

Princípio do método:



A medição da temperatura da água na superfície pode ser realizada com termômetro de imersão parcial, submergindo-o diretamente no corpo d'água ou por sensores de temperatura dos equipamentos eletrométricos utilizados para os ensaios de pH, condutividade e oxigênio dissolvido ou termistores específicos disponíveis no mercado. Na impossibilidade de medir a temperatura diretamente no corpo d'água, realizar a medida em um balde de aço inox com volume de 5 litros a 10 litros de amostra ou frasco descartável imediatamente após a coleta. Para a determinação da temperatura em profundidade, utilizar um dos equipamentos eletrométricos citados acima, com sonda de profundidade e sensor de temperatura, utilizando como resultado da medição o valor expresso no display do equipamento. A determinação de temperatura do ar pode ser realizada com os sensores acima, mantendo o termômetro ou sensor na posição vertical, evitando incidência direta da luz solar.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.1.8 Medição de Salinidade – Método SMEWW 2520 D

Princípio do método:

A salinidade é uma importante propriedade unitária das águas industriais e naturais. Foi originalmente concebido como uma medida da massa de sais dissolvidos em uma determinada massa de solução. A determinação experimental do teor de sal por secagem e pesagem apresenta incertezas devido à perda de alguns componentes. O método proposto para determinar a salinidade, normalmente se utilizam métodos indiretos que envolvem a medição de parâmetros físicos como condutividade elétrica, densidade, velocidade do som ou índice de refração. A relação entre a salinidade e a propriedade física analisada para uma solução padrão é possível por meio de cálculos. Devido a facilidade de obtenção dos resultados o cálculo da salinidade com o uso do resultado de condutividade elétrica deverá ser utilizado, conforme descrito em detalhes no método SMEWW 2520.

Preservação da amostra:

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Realizar o ensaio imediatamente no momento da coleta.

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2 Análises em Laboratório

A análise em laboratório deve ser realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

O laboratório deverá manter em arquivo, por 5 (cinco) anos, outros documentos pertinentes aos ensaios analíticos, tais como: cartas-controle, cromatogramas e resultados obtidos em ensaios de proficiência.



3.3.2.1 Limites de Quantificação

Os limites de quantificação (LQ) praticados pelos laboratórios a serem contratados na implementação do PMQQS deverão ser iguais ou inferiores aos limites previstos nas seguintes resoluções:

- Resolução COPAM 01/2008;
- Resolução CONAMA 357/2005 e
- Resolução CONAMA 454/2012.

Considerando que a implementação do PMQQS se dará com a contratação de laboratórios comerciais brasileiros que possuem acreditação da ABNT NBR ISO 17025/2015 junto ao INMETRO, foi realizado um levantamento no site do INMETRO, especificamente no escopo de acreditação dos laboratórios comerciais, para verificação dos limites de quantificação de todos os parâmetros propostos pelo PMQQS. Neste levantamento, foram considerados os métodos analíticos e as matrizes de interesse apresentados no PMQQS. Posteriormente, foram compilados os LQs de três laboratórios comerciais diferentes, para cada método proposto, e foi escolhido o menor LQ praticado pelos laboratórios consultados, obrigatoriamente atendendo ao menor limite estabelecido pela legislação.

A Tabela 4 apresenta os LQs que deverão ser praticados no PMQQS.

Conforme definido pelas Notas Técnicas nº 07 e 10 da CT-SHQA, para aqueles parâmetros que não possuem limite nas resoluções do COPAM e da CONAMA, citadas acima, os limites de quantificação devem ser compatíveis com os valores reportados pela literatura científica. Assim, foram consultadas outras diretrizes do Brasil, como o Padrão de Potabilidade (Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde), do Canadá, dos Estados Unidos da América, da União Europeia e da Colúmbia Britânica. Para a matriz água doce, foram encontrados limites para os parâmetros: alcalinidade (10 mg/L), cálcio (4 mg/L), carbono orgânico total (4,0 mg/L), dureza (500 mg/L), molibdênio (1 mg/L) e sódio (200 mg/L). Para águas salobras e salinas, foram encontrados limites para o antimônio (270 µg/L) e o vanádio (50 µg/L). Ressalta-se que todos os limites encontrados nestas diretrizes para a matriz água estão acima dos LQs propostos no PMQQS. Para sedimento, foram encontrados limites para antimônio (2 mg/Kg), ferro (21200 µg/g), HCH-alfa (0,006 µg/g), HCH-beta (0,005 µg/g), manganês (460 µg/g) molibdênio (5 mg/Kg) e prata (0,5 µg/g). Com exceção da prata, que possui LQ igual ao limite encontrado na diretriz da Colúmbia Britânica, todos os outros limites estão acima do LQ proposto no PMQQS.



Tabela 4: Métodos e limites de quantificação propostos para as análises químicas, físicas e físico-químicas

Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Sólidos totais	Água (rio Doce)	USEPA 160.3	15,0 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos suspensos totais	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 160.2	15,0 mg/L	100 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos sedimentáveis	Água (rio Doce)	USEPA 160.5	0,30 mL/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sólidos dissolvidos totais	Água (Zona Costeira)	USEPA 160.1	15,0 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
DBO, 5 dias, 20°C	Água (rio Doce)	SMEWW 5210B	3,0 mg/L	5,0 mg/L	3,0 mg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cor verdadeira	Água (rio Doce)	SMEWW 2120 C	6,00 Pt/L	75 mg Pt/L	75 mg Pt/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Carbono orgânico total e dissolvido	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 9060A	2,0 mg/L (fração total)	Não referenciado	Não referenciado	3,0 mg/L (fração total)	Não aplicável	Não aplicável
Carbono orgânico total	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	EMBRAPA (2011) (por oxidação de carbono orgânico)	1,00%	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	10%	



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Alcalinidade total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 310.1	6,0 mg CaCO ₃ /L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Dureza Total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 2340 B	5,0 mg CaCO ₃ /L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 9223 B	1 NMP/100 mL	1000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL	1000 NMP/100 mL	Não aplicável	Não aplicável
Clorofila-a	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 10200 H	6,0 µg/L	30 µg/L	30 µg/L	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Feoftina	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 10200 H	3,0 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cálcio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	200 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Cianeto livre	Água (rio Doce)	USEPA 335.1	0,001 mg/L	0,005 mg/L	0,005 mg/L	0,001 mg/L	Não aplicável	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Cloreto total	Água (rio Doce)	SMEWW 4500- Cl- B	0,5 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Magnésio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	500 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Sódio	Água (rio Doce)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	200 µg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Sulfeto Total	Água (rio Doce)	SMEWW 4500 S2- G	5 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 4500 S2- H (cálculo)	0,002 mg/L	0,002 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Nitrato (como N)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 353.3	0,30 mg/L	10 mg/L	10 mg/L	0,40 mg/L	Não aplicável	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Nitrito (como N)	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 354.1	0,02 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	0,07 mg/L	Não aplicável	Não aplicável
Nitrogênio Total Kjeldahl	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 351.3	0,4 mg/L 20 mg/kg	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	4800 mg/kg (valor de alerta)	
Nitrogênio orgânico	Água (rio Doce)	USEPA 350.2 / USEPA 351.3 (por cálculo – diferença entre TKN e N amoniacal)	0,40 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Nitrogênio Amoniacal Total	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 350.2	0,20 mg/L	3,7 mg/L, para pH ≤ 7.5 2,0 mg/L, para 7.5 < pH ≤ 8.0 1,0 mg/L, para 8.0 < pH ≤ 8.5 0,5 mg/L, para pH > 8.5	3,7 mg/L, para pH ≤ 7.5 2,0 mg/L, para 7.5 < pH ≤ 8.0 1,0 mg/L, para 8.0 < pH ≤ 8.5 0,5 mg/L, para pH > 8.5	0,40 mg/L	Não aplicável	Não aplicável
Teor de Carbonatos	Sedimento (Zona Costeira)	Loring e Rantala (1992)	0,01%	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Mineralogia (Minerais pesados) e argilominerais	Sedimento (Zona Costeira)	Método de Rietveld	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado
Fósforo total e dissolvido	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,02 mg/L 5 mg/kg	P Total: até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico	0,1 mg/L (P total)	0,062 mg/L (salina) 0,124 mg/L (Salobra)	2000 mg/Kg (valor de alerta)	
Polifosfatos	Água (rio Doce e Zona Costeira)	SMEWW 4500 P-E / 4500 P-B	0,020 mg/L	Não referenciado	Não referenciado	0,031 mg/L (Salina) 0,062 mg/L (Salobra)	Não aplicável	Não aplicável
Alumínio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água)	0,06 mg/L 5 mg/kg	0,1 mg/L (Al dissolvido)	0,1 mg/L (Al dissolvido)	1,5 mg/L Al dissolvido (salina)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
		USEPA 3050 B (preparo sedimento)				0,1 mg/L Al dissolvido (salobra)		
Antimônio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,0 mg/kg	0,005 mg/L	0,005 mg/L (Sb total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Arsênio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 2,0 mg/kg	0,01 mg/L (As total)	0,01 mg/L (As total)	0,01 mg/L (As total)	5,9 mg/kg	19 mg/kg
Bário	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,02 mg/L 10,0 mg/kg	0,7 mg/L (Ba total)	0,7 mg/L (Ba total)	1,0 mg/L Ba total (salina)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Berílio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,0 mg/kg	0,04 mg/L (Be total)	0,04 mg/L (Be total)	0,0053 mg/L Be total (salina)	Não referenciado	Não referenciado
Boro	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,2 mg/L 10,0 mg/kg	0,5 mg/L (B total)	0,5 mg/L (B total)	5,0 mg/L B Total (salina) 0,5 mg/L B total (salobra)	Não referenciado	Não referenciado
Cádmio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,001 mg/L 0,25 mg/kg	0,001 mg/L (Cádmio total)	0,001 mg/L (Cádmio total)	0,005 mg/L Cd total	0,6 mg/kg	1,2 mg/kg
Cromo	Água (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento)	0,01 mg/L 1,5 mg/kg	0,05 mg/L (Cromo total)	0,05 mg/L (Cromo total)	0,05 mg/L Cr total	37,3 mg/kg	81 mg/kg



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
		USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)						
Estrôncio	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	1,0 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não referenciado
Cobalto	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,05 mg/L 2,0 mg/kg	0,05 mg/L (Co total)	0,05 mg/L (Co total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Cobre	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,005 mg/L 1,5mg/kg	0,009 mg/L (Cu dissolvido)	0,009 mg/L (Cu dissolvido)	0,005 mg/L Cu dissolvido	35,7 mg/kg	34 mg/kg



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Ferro - Especificação Fe ²⁺ e Fe ³⁺	Água (rio Doce)	Fe ²⁺ - SMEWW 3500 Fe B Fe ³⁺ – cálculo da diferença entre Fe Total e Fe ²⁺	0,10 mg/L Fe II	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não aplicável	Não aplicável
Ferro	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,1 mg/L 15,0 mg/kg	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	0,3 mg/L (Fe dissolvido)	Não referenciado	Não referenciado
Chumbo	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,006 mg/L 1,0 mg/kg	0,01 mg/L (Pb total)	0,01 mg/L (Pb total)	0,01 mg/L (Pb total)	35 mg/kg	46,7 mg/kg
Manganês	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água)	0,01mg/L 1,0 mg/kg	0,1 mg/L (Mn total)	0,1 mg/L (Mn total)	0,1 mg/L (Mn total)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
		USEPA 3050 B (preparo sedimento)						
Mercúrio	Água (Zona Costeira) e Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 7470A (água) USEPA 7471 B (sedimento)	0,0002 mg/L 0,08 mg/kg	0,0002 mg/L (Hg total)	0,0002 mg/L (Hg total)	0,0002 mg/L (Hg total)	0,17 mg/kg	0,3 mg/kg
Molibdênio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	10 µg/L 2,0 mg/kg	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Níquel	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 1,0 mg/kg	0,025 mg/L (Ni total)	0,025 mg/L (Ni total)	0,025 mg/L (Ni total)	18 mg/kg	20,9 mg/kg
Selênio	Água e sedimento (rio Doce e	USEPA 6010C (determinação água e sedimento)	0,01 mg/L 2,0 mg/kg	0,01 mg/L (Se total)	0,01 mg/L (Se total)	0,01 mg/L (Se total)	Não referenciado	Não referenciado



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
	Zona Costeira)	USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)						
Prata	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,01 mg/L 1,0 mg/kg	0,01 mg/L (Ag total)	0,01 mg/L (Ag total)	0,005 mg/L (Ag total)	Não referenciado	Não referenciado
Vanádio	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,015 mg/L 2,0 mg/kg	0,1 mg/L (V total)	0,1 mg/L (V total)	Não referenciado	Não referenciado	Não referenciado
Zinco	Água e sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	USEPA 6010C (determinação água e sedimento) USEPA 3005 A (preparo água) USEPA 3050 B (preparo sedimento)	0,05 mg/L 2,0 mg/kg	0,18 mg/L (Zn total)	0,18 mg/L (Zn total)	0,09 mg/L (Zn total)	123 mg/kg	150 mg/kg



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Distribuição granulométrica	Sedimento (rio Doce e Zona Costeira)	EMBRAPA 2011	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Areia muito grossa (2 a 1 mm), Areia grossa (1 a 0,5 mm), Areia média (0,5 a 0,25mm), Areia fina (0,25 a 0,125mm), Areia muito fina (0,125 a 0,062mm), Silte (0,062 a 0,00394mm) e Argila (0,00394 a 0 0002mm)	
HCH (Alfa-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
HCH (Beta-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
HCH (Delta-HCH)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
HCH (Gama-HCH/Lindano)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	0,94 µg/Kg	Não aplicável



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
		USEPA 3660B						
Clordano (Alfa)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
Clordano (Gama)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
DDD	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	3,54 µg/Kg	Não aplicável
DDE	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1,42 µg/Kg	Não aplicável
DDT	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	1,0 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1,19 µg/Kg	Não aplicável
Dieldrin	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	2,85 µg/Kg	Não aplicável



ANEXO C
Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
		USEPA 3660B						
Endrin	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8081B USEPA 3620C USEPA 3660B	0,67 µg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	2,67 µg/Kg	Não aplicável
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8270 D	5,0 µg/kg (aplicável para cada HPA considerado na somatória)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	1000 µg/Kg (somatória ¹)	Não aplicável
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (TPH fingerprint C8-C40 com clean up)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 8015C USEPA 3550C	30 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável
Bifenilas Policloradas (PCBs)	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8082 A USEPA 3620C USEPA 3660B	1,76 µg/kg (aplicável para cada congênere considerado na somatória)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	34,1 µg/Kg (somatória ²)	Não aplicável



ANEXO C

Descrição dos Procedimentos de Amostragem e Análise



Mensurando	Matriz	Método	LQ	Legislação				
				COPAM 01/2008	CONAMA 357/2005		CONAMA 454/2012	
				Classe 2 Água Doce	Classe 2 Água Doce	Classe 1 Águas Salinas e Salobras	Nível 1 Água Doce	Nível 1 Águas Salinas e Salobras
Fenóis	Sedimento (rio Doce)	USEPA 3550C USEPA 8270 D	2,7 mg/kg	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não referenciado	Não aplicável

SMEWW - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Para o estabelecimento destes limites de quantificação foram consultados os seguintes escopos de acreditação: CRL 0247, CRL 0212, CRL 0172

¹ Somatória HAPs (água doce): benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, dizeno(a,h)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metilnaftaleno, naftaleno, pireno.

² Somatória PCBs: congêneres 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180.



3.3.2.2 Análise de Sólidos Totais

Método: USEPA 160.3

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Uma alíquota bem misturada da amostra é transferida quantitativamente para um recipiente de evaporação previamente e pesado. Procede-se com a evaporação a 103-105°C e posteriormente o material é pesado novamente. Estes resíduos são definidos como a soma dos materiais homogêneos suspensos e dissolvidos numa amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração ente 2 e 6°C, para minimizar a decomposição microbológica.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Partículas não representativas, como folhas, varas, peixes e pedaços de matéria orgânica em geral devem ser excluídas da amostra.

Eventual óleo flutuante, se presente devem ser incluídos na amostra e dispersos por um dispositivo misturador antes análise.

3.3.2.3 Análise de Sólidos Suspensos Totais

Método: USPEA 160.2

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Uma amostra deve ser filtrada e o resíduo retido no filtro deve ser seco entre 103-105 °C. O resíduo não filtrado deve ser pesado para a determinação do resultado analítico.

Preservação da amostra:

Fraco: Vidro ou plástico

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Níveis elevados de resíduos: Amostras com alto teor de resíduo filtrável (sólidos dissolvidos), tais como águas salinas, salmouras e alguns resíduos, podem estar sujeitos a uma interferência positiva.

Filtros: Deve-se ter cuidado ao selecionar o aparelho de filtragem de modo que a lavagem do filtro e de quaisquer sólidos dissolvidos no filtro minimize uma potencial interferência.



3.3.2.4 *Análise de Sólidos Sedimentáveis*

Método: USEPA 160.5

Princípio do método:

Os sólidos totais fornecem uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água. Este método determina a matéria solúvel em águas superficiais e salinas, resíduos domésticos e industriais. A matéria solúvel é medida volumetricamente com auxílio de um cone Imhoff.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou plástico

Não requer refrigeração

Prazo de validade da amostra:

48 horas (água)

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.5 *Análise de Sólidos Dissolvidos Totais*

Método: USEPA 160.1

Princípio do método:

Este método determina resíduo filtrável em água potável, superficial e salina; Resíduos domésticos e industriais. Uma amostra homogênea é filtrada e o filtrado é seco a 180°C para a determinação do resultado analítico.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou plástico

Refrigeração entre 2 e 6°C, para minimizar a decomposição microbológica.

Prazo de validade da amostra:

7 dias (água)

Interferentes:

Águas com concentrações significativas de cálcio, magnésio, cloreto e / ou sulfato podem ser higroscópicas e necessitarão de secagem prolongada, dessecação e pesagem rápida.

As amostras que contêm altas concentrações de bicarbonato requerem uma cuidadosa e possivelmente prolongada secagem a 180°C para garantir que todo o bicarbonato é convertido em carbonato.

O resíduo total deve ser limitado a cerca de 200 mg.

3.3.2.6 *Análise de DBO*

Método: SMEWW 5210B

Princípio do método:



O método consiste em encher um frasco apropriado e hermético com a amostra, até transbordar e incubá-lo à temperatura especificada durante 5 dias. O oxigênio dissolvido (OD) é medido inicialmente e após a incubação, e a DBO é calculada a partir da diferença entre OD inicial e final. Uma vez que o OD inicial é determinado logo após a diluição ser feita, toda a absorção de oxigênio que ocorre após esta medição está incluída na medição de DBO.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Amostras para análise de DBO podem degradar-se significativamente durante o armazenamento entre a coleta e a análise, resultando em baixos valores de DBO. Minimize a redução da DBO analisando a amostra prontamente ou esfriando-a até a temperatura de congelamento durante o armazenamento. No entanto, mesmo a baixa temperatura, manter o tempo de retenção a um mínimo. Amostras refrigeradas aquecidas a 20 ± 3 ° C antes da análise.

3.3.2.7 Análise de Cor Verdadeira

Método: SMEWW 2120 C

Princípio do método:

A cor na água pode resultar da presença de íons metálicos naturais (ferro e manganês), materiais de húmus e turfa, plâncton, ervas daninhas e resíduos industriais. A cor é removida para tornar uma água adequada para aplicações gerais e industriais. As águas residuais industriais coloridas podem exigir a remoção de cor antes da descarga para os cursos de água.

A cor é determinada por comparação visual da amostra com concentrações conhecidas de soluções coloridas. A comparação também pode ser feita com discos de vidro especiais, devidamente calibrados. O método de cor de platina-cobalto é o método padrão, sendo a unidade de cor produzida por 1 mg de platina / L na forma do íon cloroplatinato. A proporção de cobalto para platina pode variar para coincidir com a tonalidade em casos especiais; A proporção apresentada abaixo é geralmente satisfatória para corresponder à cor das águas naturais.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Mesmo uma ligeira turvação faz com que a cor aparente seja alterada. Portanto, remova a turbidez antes de aproximar a cor verdadeira por leitura diferencial com filtros de cor diferentes ou por medições de dispersão diferencial. Entretanto, nenhuma técnica atingiu o status de um método padrão. Remover a turvação por centrifugação ou pelo procedimento de filtração. Centrifugar durante 1 h, a menos que tenha sido demonstrado que a centrifugação sob outras condições realiza remoção de turvação satisfatória.



O valor de cor da água é extremamente dependente do pH e invariavelmente aumenta à medida que o pH da água é aumentado. Ao relatar um valor de cor, especifique o pH no qual a cor é determinada.

Para fins de investigação ou quando os valores de cor devem ser comparados entre os laboratórios, determinar a resposta de cor de uma dada água em uma ampla gama de valores de pH.

3.3.2.8 Análise de Carbono Orgânico Total e Dissolvido

Método: USEPA 9060A

Princípio do método:

O carbono orgânico é medido utilizando um analisador carbonáceo. Este instrumento converte o carbono orgânico numa amostra em dióxido de carbono (CO₂) por combustão catalítica ou oxidação química húmida. O CO₂ formado é então medido diretamente por um detector de infravermelhos ou convertido em metano (CH₄) e medido por um detector de ionização de chama. A quantidade de CO₂ ou CH₄ numa amostra é diretamente proporcional à concentração de material carbonáceo na amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: HCl ou H₂SO₄, pH <2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água)

Interferentes:

Carbonato e bicarbonato de carbono representam uma interferência sob os termos deste teste e devem ser removidos ou contabilizados no cálculo final. A remoção de carbonato e bicarbonato por acidificação e purga com nitrogênio, ou outro gás inerte, pode resultar na perda de substâncias orgânicas voláteis.

Método: Embrapa, 2011

Princípio do método:

Oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr).

Cálculo:

$$C \text{ (g/kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \times f \times 0,6 \quad (10)$$

$f = 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$

A porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

$$\text{Matéria orgânica (g/kg)} = C \text{ (g/kg)} \times 1,724 \quad (11)$$



Preservação da amostra:

Refrigerar entre 2 e 6°C, com ausência de luz (sedimento)

Prazo de validade da amostra:

28 dias (sedimento)

Interferentes:

Carbonato e bicarbonato de carbono representam uma interferência sob os termos deste teste e devem ser removidos ou contabilizados no cálculo final. A remoção de carbonato e bicarbonato por acidificação e purga com nitrogênio, ou outro gás inerte, pode resultar na perda de substâncias orgânicas voláteis.

3.3.2.9 Análise de Alcalinidade Total

Método: USEPA 310.1

Princípio do método:

Este método é aplicável a água potável, superficial e salina; resíduos domésticos e industriais. O método é adequado para todas as gamas de concentração de alcalinidade. No entanto, devem ser utilizadas alíquotas apropriadas para evitar um volume de titulação superior a 50 mL. Uma amostra inalterada é titulada para um ponto final determinado de pH 4,5. A amostra não deve ser filtrada, diluída, concentrada ou alterada de qualquer forma.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

14 dias (água)

Interferentes:

Substâncias, tais como sais de ácidos orgânicos e inorgânicos fracos presentes em grandes quantidades, podem causar interferência nas medições do pH.

3.3.2.10 Análise de Dureza Total

Método: SMEWW 2340 B

Princípio do método:

Método SMEWW 2340 A introduz o conceito de dureza e o Método SMEWW 2340 B o cálculo usado para análise do parâmetro.

Inicialmente, a dureza da água era uma medida da capacidade da água para precipitar o sabão. O sabão é precipitado principalmente pelos íons cálcio e magnésio presentes. Outros cátions polivalentes também podem precipitar sabão, mas muitas vezes estão em formas complexas, frequentemente, com constituintes orgânicos, e seu papel na dureza da água pode ser mínimo e difícil de definir. De acordo com a prática corrente, a dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, expressas em carbonato de cálcio, em miligramas por litro.

O método 2340 B é aplicável a todas as águas e produz a maior precisão. Se uma análise mineral é realizada, a dureza por cálculo pode ser relatada. O método determina a dureza a partir dos resultados de determinações separadas de cálcio e magnésio, Dureza é calculado pela seguinte equação:



$$\text{CaCO}_3/\text{L} = 2.497 [\text{Ca, mg/L}] + 4.118 [\text{Mg, mg/L}] \quad (12)$$

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico

Preservante: H₂SO₄ ou HNO₃, pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

6 meses

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.11 Análise de Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli* (*E. coli*)

Método: SMEWW 9223 B

Parâmetro que avalia a contaminação por fezes humanas e a presença potencial de outros organismos patogênicos da mesma origem.

Princípio do método:

- Bactérias coliformes totais: São utilizados substratos cromogênicos, tais como orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosido (ONPG) ou clorofenol vermelho-β-D-galactopiranosido (CPRG) para detectar a enzima β-D-galactosidase, que é produzida por bactérias coliformes totais. A enzima β-D-galactosidase hidrolisa o substrato e produz uma alteração de cor, o que indica um teste positivo para coliformes totais a 24 h (ONPG) ou 28 h (CPRG) sem procedimentos adicionais. As bactérias não-coliformes, tais como as espécies *Aeromonas* e *Pseudomonas*, podem produzir pequenas quantidades da enzima β-D-galactosidase, mas são suprimidas e não produzirão uma resposta positiva dentro do tempo de incubação a menos que mais de 104 unidades formadoras de colônias (UFC) (106 UFC / 100 mL) estejam presentes.
- *Escherichia coli*: Um substrato fluorogênico, tal como 4-metilumbeliferil-β-D-glucuronido (MUG), é utilizado para detectar a enzima p-glucuronidase, que é produzida por *E. coli*. A enzima β-glucuronidase hidrolisa o substrato e produz um produto fluorescente quando observado sob luz ultravioleta (UV) de comprimento de onda longo (366 nm). A presença de fluorescência indica um teste de *E. coli* positivo. Algumas estirpes de *Shigella* spp. Também pode produzir uma resposta de fluorescência positiva. Porque *Shigella* spp. São patógenos abertos humanos, isto não é considerado um Detrimento para testar a qualidade sanitária da água.

O teste pode ser utilizado num formato de tubo múltiplo, multi-poço ou ausência-presença (amostra única de 100 mL).

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico (Estérel)

Preservante: Tiosulfato de Sódio 1,8%

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

24 h



Interferentes:

As amostras de água contendo material húmico ou outro podem ser coloridas. Se houver cor de fundo, compare os tubos inoculados com um tubo de controle contendo apenas amostra de água. Em certas águas, o alto teor de sal de cálcio pode causar precipitação, mas isso não deve afetar a reação.

Não use o teste de substrato enzimático para verificar culturas de coliformes presumíveis ou colônias de filtro de membrana, porque o substrato pode ser sobrecarregado pelo inóculo pesado de não-coliformes fracos produzindo β -D-galactosidase, causando resultados falso-positivos.

3.3.2.12 Análise de Clorofila-a e Feoftina

Método: SMEWW 10200 H

Princípio do método:

A concentração de pigmentos fotossintéticos é amplamente utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton. Todas as plantas verdes contêm clorofila-a, que constitui aproximadamente 1 a 2% do peso seco de algas planctônicas. Outros pigmentos que ocorrem no fitoplâncton incluem clorofilas b e c, xantofilas, ficobilinas e carotenos. Os importantes produtos de degradação da clorofila encontrados no ambiente aquático são as clorofilidas, os feofórbidos e as feofitinas. A presença ou ausência dos vários pigmentos fotossintéticos é utilizada, entre outras características, para separar os principais grupos de algas.

Os três métodos para determinar a clorofila-a no fitoplâncton são as técnicas espectrofotométricas, fluorométricas e de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). A fluorometria é mais sensível do que a espectrofotometria, requer uma quantidade menor de amostra e pode ser utilizada para as medições in situ. Estes métodos ópticos podem subestimar ou sobrestimar significativamente as concentrações de clorofila a, em parte devido à sobreposição das bandas de absorção e fluorescência dos pigmentos acessórios co-ocorrentes e dos produtos de degradação da clorofila.

A feoftina a é um produto de degradação da clorofila a, que pode interferir na determinação da clorofila a, pois absorve luz e fluoresce na mesma região do espectro que a clorofila a. Se estes feopigmentos estão presentes, erros significativos nos valores da clorofila serão reportados. Os feopigmentos podem ser medidos por espectrofotometria ou fluorometria, mas em ambientes marinhos e de água doce o método fluorométrico não é confiável quando ocorre a co-ocorrência de clorofila b. Após a acidificação da clorofila b, a emissão de fluorescência resultante da feoftina b coincide com a da feoftina a, produzindo assim subestimação e sobrestimação da clorofila a e dos feogêneses, respectivamente.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar

Preservante: Carbonato de Magnésio (1mL/L), proteger da luz

Refrigeração inferior a 4°C para amostras sem filtrar e -20°C para amostras filtradas

Prazo de validade da amostra:

24 h

Interferentes:

Testar cada lote de meios comprados para o desempenho por inoculação com três bactérias de controle: *Escherichia coli*, um coliforme total diferente de *E. coli* (por exemplo, *Enterobacter cloacae*) e um não coliforme. Adicione também um controle de água estéril. Se o controle de água estéril apresentar uma fraca fluorescência ou resultado coliforme positivo fraco, descarte e utilize um novo lote de substrato. Evite usar um inóculo pesado. Se *Pseudomonas* é usado como não-coliforme representativo, selecione uma espécie não fluorescente. Incubar estes controles a $35 \pm 0,5$ ° C como indicado acima.



3.3.2.13 *Análise de Metais Totais e Dissolvidos e Íons*

Método: USEPA 6010C (determinação)

Princípio do método:

Pode-se utilizar a espectrometria de emissão atômica acoplada por indução (ICP-OES) para determinar os elementos em solução. O método é aplicável a todos os elementos listados abaixo. Com exceção de amostras de água subterrânea, todas as matrizes aquosas e sólidas requerem digestão ácida antes da análise. As amostras de água que foram pré-filtradas e acidificadas não precisarão de digestão ácida. As amostras que não são digeridas requerem um padrão interno ou devem estar em conformidade com as normas. Se uma das opções for utilizada, o software do instrumento deve ser programado para corrigir as diferenças de intensidade do padrão interno entre amostras e padrões.

Elementos listados na Tabela 4 em que o método se aplica: Ca, Mg, Na, P, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cr, Sr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Ag, V, Zn

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico

Preservantes: HNO₃ até pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para análise de Ag, a amostra deve ficar ao abrigo da luz (Sedimento)

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

6 meses (exceto Hg)

Interferentes:

Interferências espectrais, interferências físicas associados à nebulização da amostra e aos processos de transporte, interferências químicas que incluem a formação de compostos moleculares, efeitos de ionização e efeitos de vaporização de soluto, interferências de memória ocorrem quando os analitos de uma amostra anterior contribuem para os sinais medidos numa nova amostra. Amostras com altas concentrações de sal podem causar supressões de sinal de analito e confundir testes de interferência.

Método: USEPA 3005 A (preparo – águas)

Princípio do método:

O método 3005 é um procedimento de digestão ácida utilizado para preparar amostras de água superficial e subterrânea para análise por espectroscopia de absorção atômica de chama (FLAA) ou por espectroscopia de plasma indutivamente acoplado (ICP).

Preservação da amostra:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

O analista deve ser advertido que este procedimento de digestão pode não ser suficiente para destruir alguns complexos metálicos. A precipitação causará uma diminuição da concentração de prata e, portanto, uma análise imprecisa.



Método: USEPA 3050 B (preparo – sedimento)

Princípio do método:

O método 3050 é um procedimento de digestão ácida utilizado para preparar amostras de sedimento (ou sólidas) para análise por espectroscopia de absorção atômica de chama (FLAA) ou por espectroscopia de plasma indutivamente acoplado (ICP).

Preservação da amostra:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

Não aplicável a sedimentos.

Método: USEPA 7470 A (preparo e análise Hg em água)

Princípio do método:

Este método determina a concentração de mercúrio em amostras aquosas. As amostras aquosas são digeridas com ácido sulfúrico, ácido nítrico, permanganato de potássio e persulfato de potássio para oxidar os compostos de organo-mercúrio para o íon mercúrio. Uma vez que as amostras digeridas tenham esfriado (arrefecido), adiciona-se sulfato de cloreto de sódio-hidroxilamina para reduzir o excesso de permanganato. O sulfato estanhoso é então adicionado às amostras para a redução em mercúrio elementar que é imediatamente medido por um espectrofotômetro de absorção atômica a vapor frio.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico (água) ou vidro (sedimento)

Preservante: HNO₃ até pH<2 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias

Interferentes:

Interferências de matriz: o sulfeto de sódio pode interferir com o mercúrio, no entanto, permanganato de potássio é adicionado para eliminar interferências de concentrações de até 20 mg/L. O cobre também é conhecido por causar interferência, no entanto, concentrações tão elevadas quanto 10 mg / L mostraram não ter nenhum efeito sobre a recuperação de mercúrio.

As águas do mar, as salmouras e os efluentes industriais ricos em cloretos requerem quantidades adicionais de permanganato e sulfato de hidroxilamina para garantir a ausência de cloro livre que interfira com a detecção de mercúrio.

Determinados compostos orgânicos voláteis também podem causar interferência. Um teste preliminar sem reagentes deve determinar sua presença.

Método: USEPA 7471 (preparo e análise Hg em sedimento)



Princípio do método:

Este método determina a concentração de mercúrio em amostras sólidas. Este método utiliza absorção atômica de vapor frio e é baseado na absorção de radiação no comprimento de onda de 253,7 nm por vapor de mercúrio. O mercúrio é reduzido ao estado elementar e arejado da solução em um sistema fechado. O vapor de mercúrio passa através de uma célula posicionada no percurso de luz de um espectrofotômetro de absorção atômica. A absorvância (altura do pico) é medida em função da concentração de mercúrio

Preservação da amostra:

Não aplicável

Frasco:

Não aplicável

Prazo de validade da amostra:

Não aplicável

Interferentes:

Interferências de matriz: o sulfeto de sódio pode interferir com o mercúrio, no entanto, permanganato de potássio é adicionado para eliminar interferências de concentrações de até 20 mg/L. O cobre também é conhecido por causar interferência, no entanto, concentrações tão elevadas quanto 10 mg / L mostraram não ter nenhum efeito sobre a recuperação de mercúrio.

As águas do mar, as salmouras e os efluentes industriais ricos em cloretos requerem quantidades adicionais de permanganato e sulfato de hidroxilamina para garantir a ausência de cloro livre que interfira com a detecção de mercúrio.

Determinados compostos orgânicos voláteis também podem causar interferência. Um teste preliminar sem reagentes deve determinar sua presença.

Método: SMEWW 3500 Fe B

Princípio do método:

Fe II: Determinar o ferro ferroso no local de amostragem devido à possibilidade de mudança na relação ferro ferroso/ferro férrico com o tempo em soluções ácidas. Para determinar apenas o ferro ferroso, acidifique uma amostra separada com 2 mL de HCl concentrado/amostra de 100 mL no momento da coleta. Encha o frasco diretamente da fonte de amostragem e do bужão. Retirar imediatamente uma porção de 50 mL de amostra acidificada e adicionar 20 mL de solução de fenantrolina e 10 mL de solução de $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ com agitação vigorosa. Diluir para 100 mL e medir a intensidade da cor dentro de 5 a 10 min. Não exponha à luz solar. (O desenvolvimento da cor é rápido na presença de fenantrolina em excesso. O volume de fenantrolina administrado é adequado para menos de 50 μg de ferro total; Se estiverem presentes quantidades maiores, utilizar um volume correspondentemente maior de fenantrolina ou um reagente mais concentrado.)

Ferro Total: Misturar bem a amostra e medir 50,0 mL num frasco erlenmeyer de 125 mL. Se este volume de amostra contiver mais de 200 μg de ferro, use uma porção menor medida com precisão e diluada para 50,0 mL. Adicionar 2 mL de HCl concentrado e 1 mL de solução de $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$. Adicione algumas contas de vidro e aqueça até ferver. Para assegurar a dissolução de todo o ferro, continuar a ferver até que o volume seja reduzido para 15 a 20 mL. (Se a amostra tiver cinza, colete o resíduo em 2 mL de HCl concentrado e 5 mL de água). Arrefecer até à temperatura ambiente e transferir para um balão volumétrico de 50 ou 100 mL ou para um tubo nessler. Adicionar 10 mL de solução tampão $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ e 4 mL de solução de fenantrolina e diluir para marcar com água. Misture bem e permita um mínimo de 10 min para o desenvolvimento máximo da cor.

Fe III: Calcular ferro férrico subtraindo o ferro ferroso do ferro total.



Ferro Dissolvido: Imediatamente após a coleta, filtrar a amostra através de um filtro de membrana de 0,45 µm em um balão de vácuo contendo 1 mL de amostra de HCl concentrada/100 mL. Analisar o filtrado para o ferro total dissolvido e/ou ferro ferroso dissolvido. Este procedimento também pode ser utilizado no laboratório se for entendido que a exposição normal da amostra ao ar durante o transporte pode resultar na precipitação de ferro. Calcular o ferro suspenso subtraindo dissolvido do ferro total.

Preservação da amostra:

Frasco: para Ferro II usar frasco OD (Água); para Ferro Total usar frasco plástico (água) ou vidro (sedimento)

Preservantes: para Ferro II usar 2mL HCl conc/100 mL (Água); para Ferro Total usar HNO₃ até pH<2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Para a análise de fração dissolvida deve-se proceder com a filtração (0,45 µm) e preservação em campo.

Prazo de validade da amostra:

Ferro II: 24 horas

Ferro Total e dissolvido: 6 meses

Interferentes:

Entre as substâncias interferentes estão agentes oxidantes fortes, cianeto, nitrito e fosfatos (polifosfatos mais do que ortofosfato), cromo, zinco em concentrações superiores a 10 vezes a de ferro, cobalto e cobre em excesso de 5 mg / L e níquel superior a 2 mg / L. Bismuto, cádmio, mercúrio, molibdato e prata precipitam fenantrolina. A ebulição inicial com o ácido converte polifosfatos em ortofosfato e remove cianeto e nitrito, que por outro lado, interfeririam. A adição de excesso de hidroxilamina elimina os erros causados por concentrações excessivas de reagentes oxidantes fortes. Na presença de íons metálicos interferentes, use um excesso maior de fenantrolina para substituir o complexado pelos metais interferentes. Quando estão presentes concentrações excessivas de íons metálicos interferentes, pode utilizar-se o método de extração. Se houver quantidades visíveis de cor ou de matéria orgânica, pode ser necessário evaporar a amostra, suavemente tornar pó o resíduo e redissolver em ácido. A calcinação pode ser realizada em cadinhos de sílica, porcelana ou platina que tenham sido fervidos durante várias horas em HCl 6N. A presença de quantidades excessivas de matéria orgânica pode necessitar de digestão antes da extração.

3.3.2.14 Análise de Cianeto livre

Método: USEPA 335.1

Princípio do método:

Este método determina cianetos passíveis de cloração em água potável (cianeto livre), superficial e salina; resíduos domésticos e industriais. Uma porção da amostra é desclorada a pH > 11 para decompor cianetos passíveis de cloração (CATC). Os níveis de cianeto na amostra clorada e na amostra não clorada são determinados usando um procedimento de cianeto total (por exemplo, USEPA 335.2). CATC é determinado pela diferença de concentrações de cianeto na amostra não clorada e clorada.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico - frasco escuro (abrigo da luz)

Preservante: NaOH até pH >12

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

14 dias

Interferentes:

Não se aplica.



3.3.2.15 *Análise de Cloreto*

Método: SMEWW 4500 Cl- B

Princípio do método:

Cloreto (Cl⁻) é um dos íons majoritários comumente presente nos sistemas aquosos naturais. No Método Potenciométrico, empregado neste programa de monitoramento, o cloreto é determinado através da titulação com solução padronizada de nitrato de prata (AgNO₃), utilizando um sistema de eletrodo de vidro e prata cloreto de prata (AgCl).

O eletrodo é mergulhado em um volume quantitativo de amostra previamente acidificada. A titulação é realizada até seu ponto final, através do potenciômetro, conforme orientações do fabricante. O resultado é expresso em mg Cl/L.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

28 dias (Água)

Interferentes:

As formas oxidadas de manganês e outros agentes oxidantes interferem. Os agentes redutores, tais como os sulfuretos orgânicos, também interferem. Embora a titulação neutra minimize o efeito interferente dos íons férrico e nitrito, a titulação ácida é preferida porque algumas formas de cloro combinado não reagem a pH 7. Utilize apenas ácido acético para a titulação ácida.

3.3.2.16 *Análise de Sulfeto Total*

Método: SMEWW 4500 S2- G

Princípio do método:

O potencial de um eletrodo seletivo de íons prata / sulfeto (ISE) está relacionado a atividade do íon sulfeto. Adiciona-se um reagente antioxidante alcalino (AAR) à amostras e padrões para inibir a oxidação de sulfeto por oxigênio e para proporcionar uma força iônica e um pH constantes. A utilização do AAR permite a calibração em termos de concentração total de sulfeto dissolvido. Todas as amostras e padrões devem estar na mesma temperatura. As concentrações de sulfeto entre 0,032 mg / L (1×10^{-6} M) e 100 mg / L podem ser medidas sem pré-concentração. Para concentrações mais baixas, a pré-concentração é necessária.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Preservante: adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

As substâncias húmicas podem interferir com as medições de Ag / S-ISE. Para água altamente colorida (alta concentração de substâncias húmicas), use o método de adições padrão para verificar os resultados. O sulfeto é oxidado por oxigênio dissolvido. A oxidação do sulfeto pode fazer com que as leituras potenciais tendem a concentração decrescente, isto é, para valores mais positivos. Lave a superfície das amostras e



padrões com nitrogênio para minimizar o contato com oxigênio atmosférico para medições de baixo nível. Mudanças de temperatura podem fazer com que os potenciais se desloquem para cima ou para baixo. Portanto, deixe padrões e amostras chegar à mesma temperatura. Se as amostras não puderem ser analisadas imediatamente, preservar o sulfeto dissolvido por precipitação com acetato de zinco

Método: SMEWW 4500S2 -D

Princípio do método:

O método do azul de metileno baseia-se na reação de sulfureto, cloreto férrico e dimetil-p-fenilenodiamina para produzir azul de metileno. O procedimento é aplicável a concentrações de sulfeto entre 0,1 e 20,0 mg/L. O método automatizado de azul de metileno (4500S2-E) é semelhante ao Método D. Uma técnica de diálise gasosa separa o sulfureto da matriz da amostra. A diálise gasosa elimina a maioria das interferências, incluindo turbidez e cor. A adição do ácido ascórbico antioxidante melhora a recuperação de sulfetos. O método é aplicável a concentrações de sulfeto entre 0,002 e 0,100 mg / L.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Preservante: adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9 (água)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

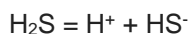
Ver Método 4500S2-G

3.3.2.17 Análise de Sulfeto (H₂S não dissociado)

Método: SMEWW 4500 S2- H

Princípio do método:

O sulfeto de hidrogênio (H₂S) e o íon bissulfeto (HS⁻), que em conjunto constituem sulfeto dissolvido, estão em equilíbrio com íons hidrogênio:



A constante condicional de ionização, que é válida para a temperatura e a força iônica da água de interesse, refere-se às concentrações de H₂S e HS⁻ (equação 13):

$$\frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} \quad (13)$$

A constante condicional é usada para calcular a distribuição de sulfeto dissolvido entre as duas espécies. A constante de ionização condicional de H₂S é de aproximadamente 7,0. Difere de 7,0 por menos de 0,2 unidades logarítmicas para as forças iônicas e temperaturas que provavelmente serão encontradas na monitorização da qualidade da água.



Preservação da amostra:

Frasco: Vidro ou frasco de OD

Adicionar 4 gotas de Acetato de Zinco 2N/100 mL e NaOH, pH>9

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.18 Análise de Nitrato (como N)

Método: USEPA 353.3

Princípio do método:

Nitrato e nitrito: Uma amostra filtrada é passada através de uma coluna contendo granulado de cobre-cádmio para reduzir o nitrato em nitrito. O nitrito (originalmente na amostra e o nitrato reduzido) é determinado por processo de obtenção de sais (diazotação) com sulfanilamida e acoplamento com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar um corante azo altamente colorido, que é medido com um espectrômetro.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Materiais suspensos irão restringir o fluxo da amostra. Pré-tratamento por filtração da amostra através de um filtro de 0,45 µm.

Metais como ferro ou cobre podem produzir baixos resultados.

Óleo e graxa: óleo e graxa, que podem revestir a coluna e reduzir a eficiência, devem ser removidos pela pré-extração da amostra com um solvente orgânico.

3.3.2.19 Análise de Nitrito (como N)

Método: SMEWW 4500 NO₂- B

Princípio do método:

O nitrito (NO₂⁻) é determinado através da formação de um corante azo roxo avermelhado produzido a pH 2,0 a 2,5 por acoplamento de sulfanilamida diazotada com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina (dicloridrato de NED). O intervalo aplicável do método para medições espectrofotométricas é de 10 a 1000 µg NO₂⁻ N/L. Medições fotométricas podem ser feitas na faixa de 5 a 50 µg N / L se um caminho de luz de 5 cm e um filtro de cor verde forem usados. O sistema de cores obedece à lei de Beer até 180 µg N / L com um percurso de luz de 1 cm a 543 nm. Concentrações mais altas de NO₂ podem ser determinadas diluindo uma amostra.



Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 h (Água)

Interferentes:

A incompatibilidade química torna improvável a coexistência de NO_2^- , cloro livre e tricloreto de nitrogênio (NCl_3). NCl_3 dá uma cor vermelha falsa quando o reagente de cor é adicionado. Os seguintes íons interferem devido à precipitação em condições de ensaio e devem estar ausentes: Sb_3^+ , Au_3^+ , Bi_3^+ , Fe_3^+ , Pb_2^+ , Hg_2^+ , Ag^+ , cloroplatinato (PtCl_6^{2-}) e metavanadato (VO_3^{2-}). O íon cúprico pode causar baixos resultados catalisando a decomposição do sal de diazônio. Íons coloridos que alteram o sistema de cores também devem estar ausentes. Remover os sólidos em suspensão por filtração.

3.3.2.20 Análise de Nitrogênio Total Kjeldahl

Método: USEPA 351.3

Princípio do método:

A amostra é aquecida na presença de ácido sulfúrico, sulfato de potássio e sulfato mercúrico e evaporada até se obterem vapores de sulfito e a solução fica incolor ou amarelo pálido. O resíduo é arrefecido, diluído e é tratado e tornado alcalino com uma solução de hidróxido-tiosulfato. O amoníaco é destilado e determinado após destilação por potenciometria ou outro procedimento.

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: H_2SO_4 até pH <2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água), não determinado (sedimento)

Interferentes:

Níveis elevados de nitrato (> 10 vezes o nível TKN) resultam em baixos valores de TKN. A reação entre nitrato e amônia pode ser prevenida utilizando uma resina para remover o nitrato antes da análise TKN.

3.3.2.21 Análise de Nitrogênio Orgânico

Método: USEPA 351.3 - descrito na análise de Nitrogênio Total Kjeldahl

Método: USEPA 350.2

Princípio do método:

Este método determina a amônia, excluindo o nitrogênio de Kjeldahl, em água potável, superficial e salina; Resíduos domésticos e industriais. Uma amostra é tamponada a pH alcalino com tampão de borato para diminuir a hidrólise de cianatos e compostos orgânicos de azoto e é destilada numa solução de ácido bórico. O destilado de amoníaco é determinado colorimetricamente por Nesslerização, ou por outras opções dadas no método.



Preservação da amostra:

Frasco: Plástico ou vidro

Preservante: H₂SO₄ até pH <2

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

28 dias (água), não determinado (sedimento)

Interferentes:

Muitos aromáticos, aminas alifáticas e outros compostos podem causar turbidez com o reagente de Nessler. A destilação é utilizada antes da análise para reduzir / eliminar interferências.

Os compostos alcalinos voláteis (algumas cetonas, aldeídos e álcoois) podem efetuar a Nesslerização. Alguns compostos (por exemplo, formaldeído) podem ser removidos antes da destilação por ebulição a pH baixo

O cianeto pode hidrolisar durante a destilação

Cloro residual: Remover o cloro residual usando tiosulfato de sódio.

3.3.2.22 Análise de Nitrogênio Amoniacal

Método: USEPA 350.2 - descrito na análise de Nitrogênio Orgânico

3.3.2.23 Teor de Carbonatos

Método: Loring e Rantala (1992)

Princípio do método:

Para a determinação de carbonato de cálcio (CaCO₃), o sedimento é colocado num balão fechado, previamente pesado e adicionado HCl. Ao adicionar HCl em excesso ao CaCO₃, um certo volume de CO₂ é liberado. A perda de peso devido a liberação de CO₂ é determinada. Considerando a Lei de Boyle-Gay Lussac, os pesos são determinados, e o resultado é obtidos pela diferença de massas.

Preservação da amostra:

Não determinado.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado.

Interferentes:

Não determinado.

3.3.2.24 Mineralogia (Minerais pesados) e Argilominerais

Método: Método de Rietveld

Princípio do método:

O Método Rietveld é uma análise quantitativa de identificação de minerais por análise de difração de Raios X, é realizada com o auxílio de um programa de análise utilizado para determinara quantidade de diferentes



fases presentes em uma amostra multicomponente - Topas 4.2 (Bruker AXS). O método de Rietveld utiliza uma abordagem de mínimos quadrados para refinar um perfil de linha teórico até que os resultados correspondam aos padrões experimentais obtidos. O refinamento do método é obtido com a identificação de um conjunto de minerais na amostra. Os minerais não identificados pelo analista não são incluídos nos cálculos de refinamento para amostras específicas e são indicados com um traço. A mineralogia semi quantitativa em concentrados em até tamanho de 150um utiliza-se lupa binocular e para granulometria menor que 150um (argilominerais) é recomendada a difração de raios-X.

Preservação da amostra:

Não determinado.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado.

Interferentes:

Não determinado.

3.3.2.25 Análise de Polifosfatos

Método: SMEWW 4500 P-E / 4500 P-B

Princípio do método:

O molibdato de amônio e o tartarato de antimônio de potássio reagem em meio ácido com ortofosfato para formar um ácido heteropólio ácido fosfomolibdico que é reduzido a azul de molibdênio intensamente colorido por ácido ascórbico. O método 4500 P-B apresenta o processo de preparação da amostra.

Preservação da amostra:

Frasco: plástico ou vidro

Refrigerar entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

48 horas

Interferentes:

Os arseniatos reagem com o reagente de molibdato para produzir uma cor azul semelhante à formada com fosfato. Concentrações tão baixas como 0,1 mg As / L interferem com a determinação de fosfato. Cromo hexavalente e NO₂⁻ interferem para dar resultados de cerca de 3% de baixo em concentrações de 1 mg/L e 10 a 15% de baixo a 10 mg/L. O sulfureto (Na₂S) e o silicato não interferem em concentrações de 1,0 e 10 mg/L.

3.3.2.26 Análise granulométrica

Método: EMBRAPA 2011

Princípio do método:

Baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.



Cálculo: Calcular os valores das frações de acordo com as equações 14, 15, 16 e 17:

$$\text{Teor de argila} = [\text{argila fina (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000 \quad (14)$$

$$\text{Teor de areia fina} = \text{areia fina (g)} \times 50 \quad (15)$$

$$\text{Teor de areia grossa} = [\text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] - \text{areias fina} \times 50 \quad (16)$$

$$\text{Teor de silte} = 1000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] \quad (17)$$

Preservação da amostra:

Frasco: Plástico

Não requer preservação.

Prazo de validade da amostra:

Não determinado

Interferentes:

Não se aplica.

3.3.2.27 Análise de Pesticidas Organoclorados

Método: USEPA 3550C

Princípio do método:

Este método descreve um procedimento para extrair compostos orgânicos não voláteis e semivoláteis de sólidos, tais como solos, lamas e resíduos. O processo por ultrassons assegura o contato entre a matriz e o solvente de extração. Para amostras que são esperadas baixas concentrações deve-se misturar a amostra com sulfato de sódio anidro para formar um pó de fluxo livre. A mistura é extraída três vezes com solvente, utilizando extração por ultrassons. O extrato é separado da amostra por filtração sob vácuo ou centrifugação. O extrato está pronto para a concentração final e análise.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem ser demonstrados como isentos de interferências sob as condições da análise, analisando branco dos métodos.

Método: USEPA 8081B

Princípio do método:

Este método pode ser utilizado para determinar as concentrações de vários pesticidas organoclorados em extratos de matrizes sólidas e líquidas, utilizando colunas capilares tubulares abertas com detectores de captura de elétrons (ECD) ou detectores de condutividade eletrolítica (ELCD). Um volume ou peso medido da amostra (aproximadamente 1 L para líquidos, 2 a 30 g para sólidos) é extraído utilizando a técnica de extração de amostras específica da matriz apropriada. Pode ser aplicada uma variedade de passos de limpeza ao



extrato, dependendo da natureza das interferências da matriz e dos analitos alvo. Após a limpeza, o extrato é analisado por injeção de uma alíquota medida num cromatógrafo de gás com uma coluna capilar de sílica fundida de ângulo estreito ou largo e um detector de captura de elétrons (GC / ECD) ou um detector de condutividade eletrolítica (GC / ELCD).

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

Contaminação de amostras com solventes e gases portadores com analitos alvo (especialmente compostos comuns a laboratórios ambientais, como cloreto de metileno).

Contaminação de amostras com enxofre (principalmente presente em frações neutras de base)

Os ésteres de ftalato interferem na detecção de pesticidas através de detector de captura de elétrons.

Método: USEPA 3620C

Princípio do método:

Este método descreve procedimentos para *cleanup* com Florisil (marca registrada de sílica usada em análises ambientais). Ele fornece a opção de usar técnicas de cromatografia em coluna tradicional ou cartuchos de extração em fase sólida. Geralmente, a técnica de cromatografia em coluna tradicional utiliza quantidades maiores de adsorvente e, por conseguinte, tem uma capacidade de limpeza maior.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem ser demonstrados como isentos de interferências sob as condições da análise, analisando branco dos métodos.

Um branco reagente deve ser preparado e analisado para os compostos de interesse antes da utilização deste método. O nível de interferências deve satisfazer os critérios de aceitação de controle de qualidade estabelecido.

Podem ser necessários procedimentos mais extensos para atingir níveis aceitáveis de interferências para alguns analitos.

Os ftalatos criam problemas de interferência para todos os analitos do método, não apenas os ésteres de ftalato.

Método: USEPA 3660B

Princípio do método:

A amostra a ser submetida ao *cleanup* é misturada com cobre ou TBA. A mistura é agitada e o extrato é removido do reagente de *cleanup*. O enxofre elementar é encontrado em muitas amostras de sedimentos



(geralmente específicas para diferentes áreas do país), algas marinhas e alguns resíduos industriais. A solubilidade do enxofre em vários solventes é muito semelhante aos pesticidas organoclorados e organofosforados. Portanto, a interferência de enxofre acompanha os pesticidas através das técnicas normais de extração e limpeza.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água) e Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

Deve ser tomado cuidado para remover todos os vestígios do ácido utilizado para preparar o cobre, a fim de evitar a degradação de alguns analitos.

3.3.2.28 Análise de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e Fenóis

Método: USEPA 3550C está descrito nas análises de pesticidas

Método: USEPA 8270 D

Princípio do método:

As amostras são preparadas para análise por cromatografia gasosa / espectrometria de massa (GC / MS) utilizando a preparação apropriada da amostra e, se necessário, procedimentos de *cleanup* da amostra. Os compostos semivoláteis são analisados no GC / MS injetando o extrato de amostra no cromatógrafo de gás (GC) com uma coluna capilar de sílica fundida de orifício estreito. A coluna de GC é programada por temperatura para separar os analitos, que são então detectados com um espectrômetro de massa (MS) ligado ao cromatógrafo de gás. Os analitos eluídos da coluna capilar são introduzidos no espectrômetro de massa através de um separador de jato ou uma ligação direta. A identificação dos analitos alvo é conseguida comparando os seus espectros de massa com os espectros de impacto de elétrons de padrões autênticos. A quantificação é realizada comparando a resposta de um íon maior (quantitativo) com um padrão interno usando uma curva de calibração de cinco pontos.

Preservação da amostra:

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

14 dias (sedimento)

Interferentes:

Interferências de matriz que são co-extraídas com a amostra

Contaminação por transferência pode ocorrer sempre que as amostras de alta concentração e baixa concentração são analisadas sequencialmente. Para reduzir o acúmulo, a seringa de amostra deve ser enxaguada com solvente entre as injeções de amostra. Sempre que uma amostra incomumente concentrada é encontrada, deve ser seguida pela análise do solvente para verificar a contaminação cruzada.



3.3.2.29 Análise de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

Método: USPEA 3550C - descrito nas análises de pesticidas

Método: USEPA 8015C

Este método pode ser utilizado para determinar as concentrações de vários compostos orgânicos voláteis não halogenados e compostos orgânicos semivoláteis por cromatografia gasosa. Também pode ser aplicável à análise de outros analitos, incluindo trietilamina e hidrocarbonetos de petróleo.

Princípio do método:

Os hidrocarbonetos do petróleo incluem produtos orgânicos provenientes da gasolina (GRO) e orgânicos provenientes do diesel (DRO). GRO corresponde à gama de alcanos de C6 a C10 e uma gama de ponto de ebulição de aproximadamente 60 °C - 170 °C. O DRO corresponde à gama de alcanos de C10 a C28 e uma gama de ponto de ebulição de aproximadamente 170 °C - 430 °C. Dependendo dos analitos de interesse, as amostras podem ser introduzidas no GC por uma variedade de técnicas.

As amostras a serem analisadas para produtos orgânicos provenientes do diesel podem ser preparadas por um método de extração com solvente apropriado. Os produtos orgânicos provenientes da gasolina podem ser introduzidos no GC / FID por "purge-and-trap" (Método 5030 e 5035), "automated headspace" (Método 5021), "vacuum distillation" (Método 5032), ou outra técnica apropriada.

Preservação da amostra:

Fraco: Vidro âmbar com septo teflon (Água) e Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

Solventes, reagentes, vidros e outros materiais de processamento de amostras podem gerar interferências na análise da amostra. Todos estes materiais devem estar livres de interferências sob as condições da análise por meio da análise do branco de método. Pode ser necessária uma seleção específica de reagentes e purificação de solventes por destilação em sistemas totalmente em vidro.

A contaminação por transferência pode ocorrer sempre que amostras de alta concentração e baixa concentração são analisadas em sequência. Para reduzir o potencial de transição, a seringa de amostra ou o dispositivo de purga necessita de ser enxaguado entre amostras com um solvente apropriado. Sempre que uma amostra incomumente concentrada for encontrada, ela deve ser seguida pela injeção de um solvente em branco para verificar a contaminação cruzada.

O detector de ionização de chama (FID) é um detector não-seletivo. Muitos compostos que não são de interesse, presentes nas amostras, tem potencial para interferir na análise. Existe também a possibilidade de os analitos serem mal resolvidos, especialmente em amostras que contêm muitos analitos. O usuário de dados deve considerar isso e pode desejar alterar a lista de analitos alvo em conformidade.

3.3.2.30 Análise de Bifenilas Policloradas

Métodos: USEPA 3550C, USEPA 3620C e USEPA 3660B - descritos nas análises de pesticidas organoclorados.

Método: USEPA 8082 A



Princípio do método:

Este método é utilizado para determinar as concentrações de PCBs (Aroclor ou congêneres individuais) em extratos de matrizes sólidas, teciduais e aquosas, utilizando colunas capilares tubulares abertas com detectores de captura de elétrons (ECD) ou detectores de condutividade eletrolítica (ELCD). Os compostos alvo incluem sete Aroclor e 19 congêneres PCB individuais. Estes compostos alvo podem ser determinados por um sistema de análise de uma ou duas colunas. O método também pode ser aplicado a outras matrizes, tais como óleos e amostras de limpeza, se forem utilizados procedimentos de extração de amostras apropriados.

Um volume ou peso medido da amostra (aproximadamente 1 L para líquidos, 2 a 30 g para sólidos) é extraído utilizando a técnica de extração de amostras específica da matriz apropriada. As amostras aquosas, sólidas e de tecido podem ser extraídas utilizando solventes, técnicas de separação ou métodos alternativos. Os extratos para análise de PCB podem ser submetidos a uma limpeza com ácido sulfúrico / permanganato de potássio concebido especificamente para estes analitos. Esta técnica de limpeza (cleanup) removerá muitos pesticidas monocomponentes organoclorados ou organofosforados. Portanto, o Método 8082A não é aplicável à análise desses compostos. Após a limpeza, o extrato é analisado por injeção de uma alíquota medida num cromatógrafo de gás com uma coluna capilar de sílica fundida de ângulo estreito ou largo e um detector de captura de elétrons (GC / ECD) ou um detector de condutividade eletrolítica (GC / ELCD). Os dados cromatográficos podem ser utilizados para determinar os sete Aroclor ou congêneres individuais de PCB selecionados ou PCBs totais.

Preservação da amostra:

Frasco: Vidro âmbar com septo ou teflon (Água), Vidro (Sedimento)

Refrigeração entre 2 e 6°C

Prazo de validade da amostra:

7 dias (Água), 14 dias (Sedimento)

Interferentes:

As interferências co-extraídas das amostras variam consideravelmente de matriz para matriz. Embora as técnicas gerais de limpeza sejam referenciadas ou fornecidas como parte deste método, amostras únicas podem exigir abordagens de limpeza adicionais para alcançar graus desejados de discriminação e quantificação. As fontes de interferência neste método incluem compostos aos quais o detector responde, tais como pesticidas clorados monocomponentes (incluindo DDT, DDE, DDD), aromáticos clorados (por exemplo benzenos clorados), ftalatos e enxofre (S8). Qualquer composto recalcitrante que contenha um elemento eletronegativo e elua na janela cromatográfica é um interferente potencial.

3.3.3 Avaliação da Biodisponibilidade de Metais

O método proposto para a avaliação da biodisponibilidade de metais, a ser adotado somente no *Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D)*, é proposto por Allen et al. (1993). Em resumo, este método consiste na análise de metais extraídos simultaneamente (MES ou SEM - *Simultaneously Extracted Metal*) por meio da acidificação da amostra de sedimento, para que o sulfeto volatilizável seja arrastado por um gás. A suspensão restante deste processo é filtrada e analisada para metais, conforme métodos descritos anteriormente. As quantificações de sulfeto volatilizável por acidificação (SVA ou AVS - *Acid Volatile Sulphide*) são realizadas pelo método azul de metileno, descrito pelo *Standards Methods* 4500S2-D (ver **Seção** 3.3.2.16).

A razão SEM / AVS, descrita por Di Toro et al. (1992), é utilizada considerando que os valores da razão indicam:



$\frac{SEM}{AVS} > 1$ Há potencial de biodisponibilidade de metais para o ambiente

$\frac{SEM}{AVS} < 1$ Existem sulfetos suficientes para total complexação dos metais pesados existentes

Posteriormente, para verificar a capacidade de ligação dos metais com o AVS mesmo quando as concentrações de SEM e AVS são baixas, calcula-se a diferença entre SEM e AVS, de acordo com Hansen et. al. (1996), na qual considera-se que:

$SEM - AVS > 1,7\mu mol \times kg^{-1}$ Há potencial de biodisponibilidade de metais para o ambiente

$SEM - AVS < 1,7\mu mol \times kg^{-1}$ Não há biodisponibilidade de metais para o ambiente

Ainda com relação à biodisponibilidade de metais, foi proposto pela USEPA (2000) e Di Toro et al. (2005) que a biodisponibilidade dos metais seja normalizada pela quantidade de carbono orgânico total, que influencia na partição de metais existentes no sedimento natural, promovendo uma correção na estimativa da biodisponibilidade de metais em sedimentos naturais de fundo, sendo que a toxicidade do sedimento natural é considerada como descrito abaixo:

$\frac{(SEM - AVS)}{Foc} > 130 \mu mol \times kg^{-1}$ Significa que não existem sulfetos suficientes para total complexação e a toxicidade do sedimento natural pode ser considerada provável

$\frac{(SEM - AVS)}{Foc} < 130 \mu mol \times kg^{-1}$ Indica que não há potencial de biodisponibilidade e a toxicidade é considerada improvável.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, F. M.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T. Validação e Garantia da Qualidade de Ensaio Laboratoriais: Guia Prático. 2ª ed. Porto Alegre, RS. 130 p. 2015.

Agência Nacional de Águas (ANA). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, 326p. 2012.

ALBUQUERQUE, C.S.; MENEZES, M. Algas flageladas clorofiladas da área de influência da BR364, Vilhena – Ouro Preto D'Oeste, sudeste do Estado de Rondônia, Brasil. Hoehnea v. 24, n. 2, p. 116. 1997.

ALLEN, H.E.; FU, G.; DENG, B. 1993. Analysis of Acid Volatile Sulphide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(8):1441-1453.

AMARAL, A.C.Z., RIZZO, A.E., ARRUDA, E.P.. Manual de identificação de invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil. EDUSP. 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.

ANDERSON, M.J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62, 245-253. 2006.

ANGRISANO, E. B.; KOROB, P. G. Trichoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán, 2001.



- APHA. Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- AQEM - The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates. Manual for the application of the AQEM System, v. 1, 202p., 2002.
- ARCHANGELSKY, M. Coleoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de Tucumán. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 12.648:2011. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 12.713:2016. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera). 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 13.373:2016. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera). 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 15.088:2011. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 9.898:1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2005 Versão Corrigida 2:2006. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). Norma ABNT NBR 15.469:2015. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. 2015.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J.B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition. EPA, Washington, 1999.
- BERTOLETTI, E. Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de Sao Paulo. Sao Paulo: CETESB. 2008. 36 p. (Serie Manuais)
- BICUDO, C.E.M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, S.P. Algas, 18: Chlorophyceae. Revista Brasileira de Botânica v. 27, n.1, p. 85-102. 2004.
- BICUDO, C.E.M., BICUDO, D.C, FERRAGUT, C., LOPES, M.R.M. & PIRES, P.R. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, S.P. Algas, 17: Chrysophyceae. Hoehnea v. 30, n. 2, p. 127-153. 2003.
- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 2: Xantophyceae. Revista Brasileira de Biologia 49 (3): 851-860. 1989.
- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 3: Crysophyceae. Revista Brasileira de Biologia 50: 355-375. 1990a.
- BICUDO, D.C. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 3: Chlorophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. Revista Brasileira de Biologia v. 56, n.2, p. 345-374. 1996.
- BISPO, P. C.; CRISCI-BISPO, V. L. Ephemeroptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p. 55-60, 2006.



- BOTTRELL, H.H.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA, T. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, v.24: 419-56. 1976
- BRINKHURST, R. O.; M. R. MARCHESE. Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp, 1989.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J., 2003. Invertebrates. 2. ed. Sinauer, Sunderland: 936pp, 2003.
- CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- CALOR, A.R. Trichoptera. In Guia on-line: identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. (C.G. Froehlich, org.), 17p., 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. Editora Interciência, Rio de Janeiro. 2008.
- CLARKE, K.R., GORLEY, R.N. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth. 2006.
- CLARKE, K.R., WARWICK, R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E. University of Plymouth, Plymouth. 2001.
- COFFIMAN, W. P.; FERRINGTON Jr., L. C. CHIRONOMIDAE. Cap. 26. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 396/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 420/2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), Resolução. 454/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, 2009.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa nº167, de 29 de junho de 2011. Revisa e consolida as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais.
- COSTA, C.; IDE, S. Odonata. In: COSTA, C., Ide, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 61-66, 2006.
- COSTA, J. M.; SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). Publicações Avulsas do Museu Nacional – n. 99 – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.
- COURTNEY, G. W.; TESKEY, H. J.; MERRIT, R. W.; FOOTE, B. A. Part One; Larvae of Aquatic Diptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- CRANSTON, P. S., OLIVER, D. R. & SÆTHER, O. A. The larvae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.



- CUMMINS, K. W.; MERRITT R. W.; ANDRADE, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in south Brasil. *Studies on neotropical fauna and environment*, v. 40, n.1, 2005.
- DALY, H. V. General Classification and Key to the Orders of Aquatic Insects and Semiaquatic Insects. Cap. 9. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- DA-SILVA, E.R., SALLES, F.F.; BAPTISTA, M.S. As brânquias do gênero *Leptophlebiidae* (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotropica*, v.2: p.1-4, 2002.
- DE LEY, PA quick tour of nematode diversity and the backbone of nematode phylogeny. In: Fitch, D.H.A. (Ed.), *Wormbook*, <http://www.wormbook.org>. 2006.
- DI TORO, D.M; MAHONY, J.D.; HANSEN,D.J.; SCOTT, K.J.; HICKS, M.B.; MAYR, S.M.; REDMOND M.S. 1990. Toxicity of cadmium in sediments: the role of acid volatile sulfide. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **9**:1487-1502.
- DIAS, L. G., MOLINERI, C.; FERREIRA, P.S.C. Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* v.47, n.19, p.213-244, 2007.
- DIAS, L. G.; SALLES, F. F.; FRANCISCHETTI, C. N.; FERREIRA, P. S. F. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. *Biota Neotropica*, v.6 n.1, p.1-6, 2006.
- DOMÍNGUEZ, E.; C. Molineri; M. Pescador; M. Hubbard & C. Nieto. *Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America*. Volume 2, Moscow, Pensoft, 646 p., 2006.
- DOMÍNGUEZ, E.; HUBBARD, M. D., PESCADOR, M. L., RINGUELET, R. A. Los Ephemeroptera en Argentina. IN: *Fauna Dulce de República Argentina*. La Plata: 142 pp, 1994.
- EDMUNDS Jr., G. F. and WALTZ R. D. Ephemeroptera. Cap. 11. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.126-163, 1996.
- ELMOOR-LOUREIRO, LM. *Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil*. Brasília: Editora Universa. 156 p. 1997.
- EMBRAPA. 2011. *Análise Química para Avaliação e Fertilidade de Solos Tropicais – IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, 2001/Manual de Métodos de Análise de Solo – EMBRAPA, 2a. Ed., Rio de Janeiro/RJ, 2011*
- FAUCHALD, K. *The Polychaete worms*, Natural History Museum of Los Angeles County. 1977.
- FERMINO, F.S. *Avaliação sazonal dos efeitos do enriquecimento por N e P sobre o perifíton em represa tropical rasa mesotrófica (Lago das Ninféias, São Paulo)*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 121 p. 2006.
- FERNADÉZ, H.R.; DOMINGUES E. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos*, Tucumán: Editorial, Universidad de Tucuman, 282p., 2001.
- FERRAGUT, C. *Efeito do enriquecimento por nitrogênio e fósforo sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas: biomanipulação em reservatório raso oligotrófico em São Paulo*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 190 p. 1999.
- FERRAGUT, C. *Respostas das algas perifíticas e planctônicas à manipulação de nutrientes (N e P) em reservatório urbano (Lago do IAG, São Paulo)*. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 184 p. 2004.
- FERRAGUT, C.; LOPES, M.R.M.; BICUDO, D.C.; BICUDO, C.E.M.; VERCELLINO, I.S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). *Hoehnea* 32: 137-184. 2005.



- FERREIRA, V.; GRAÇA, M. A. S.; FEIO, M. J.; MIEIRO, C. Water quality in Mondego river basin: pollution and habitat heterogeneity. *Limnetica*. v.23, n.3-4 p.295-306, 2012.
- FERREIRA, W.R. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009.
- FITTKAU, E. J. & ROBACK, S. S. 1983. The larvae of Tanyptodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. *Entomologica scandinavica supplement*. Sandby, 1983.
- FLINT JUNIOR, O.S., HOLZENTHAL, R.W.; HARRIS, S.C. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera). Ohio Biological Survey, Columbus, 239p.,1999.
- GOMES E SOUZA, MB. 2008. Guia das tecamebas: Bacia do Rio Peruaçu. Subsídio para a conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte. Editora UFMG. 159 p. GROSSO, M. L. Diptera: generalidades. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán, 2001.
- GUIMARÃES, J. H. e AMORIN, D. S. 2006. Diptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C.E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- HASLE, G.R. & FRYXELL, G.A. Diatoms: cleaning and mouting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical Society* v.89, p.469-474. 1970.
- IDE, S. e COSTA C. Chave de Identificação para as Principais Ordens. Cap. 5. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p.51-54., 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos. DOQ-CGCRE-008 Revisão 05. 31p. 2016.
- JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S.C.M. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnol. Bras* v.10, n.2, p.125-135. 1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota, 1: Chroococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Das phytoplankton des sysswasser: Systematik und Biologie*, band 7. Schwarzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1044 p. 1999.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota 1. Teil Chroococcales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenhauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol.19/1. 548 p. 1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 19/2. 759 p. 2005.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. *Algological Studies* 56:247-345. 1989.
- KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae (Grynalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: HUBERPESTALAZZI, G. (Ed.). *Das phytoplankton des Sysswassers: Systematic und Biologie*, Stuttgart: E. Schwarzerbart sचे Verlags buchhandlung 7. 1044p. 1983.
- Koste, W. Rotatoria die radertiere mitteleuropas, Übeiordnung Monogononta. Berlin: Gebriider Berntträger, 1010 p. 1978.
- KOSTE, W. & ROBERTSON, BA. Taxonomics studies of the Rotifera (Phylum Aschelminthes) from a Central Amazonian varzea lake, Lago Camaleão (Ilha de Marchantaria, Rio Solimões, Amazonas, Brazil). *Amazoniana*, v.8, n.2: 225-254. 1983.



- KOSTE, W. & SHIEL, R.J. Rotifera from Australian Inland waters I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v.37: 765-792. 1986.
- KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae, In: Ettl, H., Gerloff, F. & Heynig, H. (eds.). Stuswasserflora von Mitteleuropa. Band 2(1). Gustav Fischer, Stuttgart, 876 p. 1986.
- LECCI, L.S.; FROELICH, C.G. Taxonomic revision of Gripopteryx (Pictet, 1841) (Plecoptera: Gripopterygidae). Zootaxa, v.2792, p.1–21., 2011.
- LLOYD, M.; GHELARDI, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal of Animal Ecology 33: 217 – 225. 1964.
- LOBO, A .E.; LEIGHTON, G . Estruturas de las fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Revista de Biología Marina v.22, p.143-170. 1986.
- LOPRETTO, E. C; TELL, G. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata, 1995.
- LOWE, R.L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, R.J., BOTHWELL, M .L., LOWE, R .L. (ed.). Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, USA. p.705-739. 1996.
- LUND, J.W.G., KIPLING, C.; LÊ-CREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. Hidrobiologia v.11, p.143-170. 1958.
- MAGURRAN, A. Measuring species diversity. Blackwell Science, Oxford. 2004.
- MANCA, B. B.; RUSSO, A. Handbook of Method Protocols: Procedures on CTD Data Colection, Caliration and Processing. 11p. 2007.
- MARIANO, R. Trichoptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- MERRITT, R. W.; Cummins, K. W. Introduction. Cap. 1. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722 p., 1984.
- MILLARD, R. C.; YANG, K. CTD calibration and processing methods used at WHOI. Technical Reporto No. 93-44, pp 30. 1993.
- MORSE, J. C.; HOLZENTHAL, R. W. Trichoptera Genera. Cap. 18. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p., 2010.
- NIESER, N.; MELO, A.L. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais, Guia introdutório com chave de identificação para as espéciesde Gerromorpha e Nepomorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte, 180 p., 1997.
- NOGRADY, T. & SEGERS, H. Rotifera 6. The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. In.: Dumont, HJ. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 18. (Eds) Backhuys Publishers BV, Dordrecht, The Netherlands. 264 p. 2002.



NOGRADY, T.; WALLACE, RL.; SNELL, TW. Rotifera: biology, ecology and systematic. In: DUMONT, HJF. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic Publishing, v.1: 1- 142. 1993.

NONNATO, L. V. CTD – Operação e processamento de dados. Versão 1.1. Laboratório de Instrumentação Oceanográfica, Departamento de Oceanografia Física, Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo (IOUSP). 2004. Disponível em: <ftp://ftp.io.usp.br/lado/IOF5850/ApresCTD2005.pdf>. Acessado em: Nov/2016.

ODUM, E.G. Ecologia. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p. 1983.

OLIFIERS, M.H., DORVILLÉ, L.F.M.; NESSIMIAN, J.L.; HAMADA, N. A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. Zootaxa, 652, p. 1-15, 2004.

OLIVEIRA, L. G. Trichoptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.

PAGGI, C. Diptera: Chironomidae. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.

PAPROCKI, H; HOLZENTHAL, R.W. e BLAHNIK. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil. Biota Neotropica, v.4 n.1, 22p., 2004.

PÉREZ, G.R. Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217p., 1996.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chave de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 49, p. 181-204, 2005.

PINDER, L. C. V.; REISS, F. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.

PINHO, L.C. Diptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 20p., 2008. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/.

REID, JW. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, v.9: 17- 143. 1985.

ROMERO, F. Plecoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.

ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

ROUND, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London. 1965.

ROUND, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal v.6, n.2, p.235-264. 1971.

SANTOS-SILVA, EN. Calanoid Copepods of the Families Diaptomidae, Pseudodiaptomidae, and Centropagidae from Brazil. Biologia Geral e Experimental, v.8: p. 3-67. 2008.

SALLES, F. F.; DA- SILVA, E, SERRÃO, J. E. & FRANCISCHETTI C. N. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. Neotropica entomology. v.33, n.5, p.725-735, 2004a.

SALLES, F. F.; DA- SILVA, E.; HUBBARD, M. D. & SERRÃO, J. E.. 2004 (B). As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. Biota neotropica. v.4, n.2, 2004b.



- SALLES, F.F. Lista das espécies de Ephemeroptera registradas para o Brasil. 2009 Disponível em: <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home>.
- SANT'ANNA, C .L.; AZEVEDO, M .T.P.; SORMUS, L.. Fitoplâncton do Lago das Garças. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. Hoehnea 16: 89-131. 1989.
- SANTOS, C. R. Índice de Qualidade Laboratorial (IQL): uma proposta para laboratórios de controle ambiental. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, São Paulo, SP. 144 p. 2009.
- SARTORY, D.P.; GROBBELAAR, J.U. Extraction of Chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. Hydrobiologia 114: 177-187. 1984.
- SCHADEN, R. Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas, 10: Rotifera. Sociedade Brasileira de Zoologia, São Paulo, 17p. 1985.
- SCHWARZBOLD, A., ESTEVES, F.A. & PANOSSO, R.F. Relações entre peso seco e clorofila-a do perifiton em função de diferentes idades e épocas de coletas de pecíolos de Eichhornia azurea (Sw) Künth. Acta Limnologica Brasiliensia 3: 493-515. 1990.
- SEGERS, H. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta) In: Dumont, H.J.F. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic, v.2. 226 p. 1995.
- SEGERS, H. & SHIEL, R.J. Microfaunal diversity in a biodiversity hotspot: new rotifers from Southwestern Australia. Zoological Studies, v.42, n.4: 516-521. 2003.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: Illinois Universitu Press. 177 p. 1963.
- SHIEL, R.J. & KOSTE, W. Rotifera from Australian inland waters VIII. Trichercidae (Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.116, n.1: 1- 27. 1992.
- SHIEL, R.J. & KOSTE, W. Rotifera from Australian waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.117: 111-139. 1993.
- SILVA, WM. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Tese de Doutorado. 154 f. 2003.
- SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. Nature 163:688. 1949.
- SINEV, AY. Redescription of Alona glabra Sars, 1901, a South American species of the pulchella-group (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae). Arthropoda Selecta, v.10, n.4: 273-280. 2001.
- SMIRNOV, N.N. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Chydoridae, v. 1, n. 2. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem. 1974.
- SOMERFIELD, P.J., CLARKE, K.R., Taxonomic levels in marine community studies, revisited. Marine Ecology Progress Series v.127, p.113-119. 1995.
- SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 23p. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- STEWART K. W.;HARPER, P. P. Plecoptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America,1996.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros. PPG- ERN/ UFSCAR, São Carlos.1995.



- TUCCI, A. Sucessão da comunidade fitoplânctonica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.
- UNESCO. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A Report of SCOR Working Grupo 51. Technical Paper in Marine Science, 38, 59p. 1988.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. EPA-823-B-01-002. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, USA. 2001.
- USEPA. Handbook for sampling and sample preservation of water and wastewater. Cincinnati, Ohio, 1982. 402 p. (EPA-600/4-82-029).
- USEPA. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5 th ed. Washington, D.C., 2002a. 266 p. (EPA-821-R-02-012).
- USEPA. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 4 th ed. Washington, D.C., 2002b. 335 p. (EPA-82-R-02-013).
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.
- VAN DAM, H., MERTENS, A.; SINKILDAM, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Journal of Aquatic Ecology 28: 117-133. 1994.
- VAN DAMME, K.; KOTOV, AA.; DUMONT, HJ. Redescription of *Leydigia parva* Daday, 1905 and assignment to *Parvalona* gen. nov. (Cladocera: Anomopoda: Chydoridae). Journal of Natural History, v.39, n.23: 2125-2136. 2005.
- VAN DAMME, K.; KOTOV, AA.; DUMONT, HJ. A checklist of names in *Alona* Baird 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. Zootaxa, v.2330: 1–63. 2010.
- VAN-DER-HOEK, C.; MANN, D. G.,; JAHNS, H. M. An introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge, 627p. 1997.
- VERCELLINO, I. S. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 176 p. 2001.
- VERCELLINO, I.S. Respostas do perifíton aos pulsos de enriquecimento em níveis crescentes de fósforo e nitrogênio em represa tropical mesotrófica (Lago das Ninfeias, São Paulo). Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 105 p. 2007.
- WESTFALL Jr., M. J.; TENNESSEN K. J. Odonata. In: MERRITT, R. W. & CUMMINS K. W. (eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 164-211. 1996.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. Limnological Analyses. New York: Springer-Verlag. 331pp. 1991.
- WHITE, D. S.; BRIGHAM, W. U. Aquatic Coleoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.399-473. 1996.
- WIGGINS, G. B. Trichoptera Families. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 .ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.309-349,1996.
- XAVIER, M.B. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 5: Euglenophyceae (Euglenaceae pigmentadas). Hoehnea v.21, n.1/2, p.47-73. 1994.



XAVIER, M.B. O gênero Euglena Ehrenberg de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.15, p.65-87. 1988.

XAVIER, M.B. O gênero Lepocinclis Perty de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.16: 133-147. 1989a.

XAVIER, M.B. O gênero Phacus Dujardin de lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea v.16: 149-164. 1989b.

\\bhz1-v-fs1\trabalho\3-projetos\2015\2-meio ambiente\159 515 2282_samarco\3-relatorio\rt - relatório técnico\rt-029_159-515-2282_07-j\2-anexos\anexo c.docx



ANEXO D

Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções.



Abril, 2017

PLANO DE AMOSTRAGEM

Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções

Preparado para:

Fundação Renova



RELATÓRIO

Número do Relatório: RT_038-159-515-2282_03-J

Distribuição:

01 e-cópia Fundação Renova.

01 cópia Golder Associates Brasil Consultoria e
Projetos Ltda.





Sumário Executivo

Este documento foi preparado pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) para a Fundação Renova (Fundação), e apresenta um plano de monitoramento de qualidade de água e sedimento para acompanhamento dos efeitos das obras de intervenções que visam o controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão. O plano visa atender aos requisitos mínimos relacionados especificamente ao monitoramento da qualidade da água e sedimentos estabelecidos no Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (Deliberação CIF nº 17), Nota Técnica nº 08 da bem como fornecer dados de qualidade de água e sedimento para auxiliarem no atendimento à Cláusula 178 do Termo de Transição de Ajustamento de Conduta (TTAC).

O plano de monitoramento foca na área situada entre a mina da Samarco e o reservatório da barragem de Candonga. Tais áreas e as justificativas para a escolha de cada uma encontram-se detalhadas na Seção 3.

Ao todo, o plano de monitoramento de qualidade de água contém 176 pontos de amostragem, dentre os quais 22 foram sugeridos pela Deliberação CIF nº 17 e 114 pela Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA, além de 31 pontos complementares sugeridos pela Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água (CT-FLOR). Os 176 pontos de amostragem estão divididos em quatro categorias, as quais consistem em:

- Pontos PMQQVAI - Plano de Monitoramento Quali-quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (22 pontos). Estes pontos foram determinados pela Deliberação CIF nº 17 (ver Seção 4.2.1);
- Pontos Tipo 1 – T1 (8 pontos). Estes pontos foram propostos com intuito de monitorar a carga de sedimentos na área de estudo. Dois desses pontos são coincidentes com os pontos PMQQVAI (ver Seção 4.2.2);
- Pontos Tipo 2 – T2 (3 pontos). Estes pontos foram propostos como complementação aos pontos PMQQVAI (ver Seção 4.2.3);
- Pontos Operação Águas (145 pontos):
 - 114 pontos: definidos na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA (ver Seção 4.2.4);
 - 31 pontos: adicionados por solicitação da CT-FLOR (ver Seção 4.2.4).

Os pontos Tipo 3 – T3, propostos na primeira versão deste plano, foram removidos, tendo em vista que a adição dos pontos Operação Águas propostos pela CT-SHQA e de responsabilidade da CT-FLOR inclui o monitoramento em tributários afluentes do córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo, gerando desnecessária sobreposição. Dessa forma, a malha e esforço amostral com os 176 pontos propostos na atual versão deste documento são suficientes para avaliação e acompanhamento da qualidade de água e sedimentos nas áreas de intervenções.

As amostras serão coletadas com intuito de avaliar a qualidade da água e do sedimento, bem como para as comunidades biológicas (i.e., macroinvertebrados betônicos, fitoplâncton e zooplâncton). A frequência de amostragem e os parâmetros a serem analisados em cada ponto de amostragem estão definidos na Seção 4.

A Seção 5 faz referência ao **Anexo C**, o qual apresenta os principais procedimentos de coleta e análise a serem adotados em campo pela equipe de coleta, assim como descreve como as anotações de campo serão realizadas e armazenadas, bem como dá instruções de como os dados de campo serão manuseados. Essa informação é complementada pelo **Anexo A**, no qual fica estabelecido o protocolo de controle de segurança da qualidade dos dados (QA/QC) para procedimentos realizados em campo e em laboratório. A Seção 6 descreve a frequência de elaboração de relatórios técnicos de avaliação dos resultados medidos em campo e analisados em laboratório.



ÍNDICE

1.0	INTRODUÇÃO	1
2.0	REQUISITOS E OBJETIVOS DO PLANO DE MONITORAMENTO	2
2.1	Requisitos	2
2.2	Objetivos	2
3.0	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO	2
4.0	PLANO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA E SEDIMENTO	7
4.1	Contextualização	7
4.2	Localização dos Pontos de Amostragem	7
4.2.1	Justificativa para Pontos PMQQVAI	20
4.2.2	Justificativa para Pontos Tipo 1	20
4.2.3	Justificativa para Pontos Tipo 2	21
4.2.4	Justificativa para Pontos Operação Águas	21
4.3	Frequência de Amostragem	22
4.3.1	Pontos PMQQVAI e Tipo 2	22
4.3.2	Pontos Tipo 1	22
4.3.3	Pontos Operação Águas	22
4.4	Parâmetros a Serem Monitorados	22
4.4.1	Parâmetros, Químicos, Físico-Químicos e Bacteriológicos	26
4.4.1.1	Pontos PMQQVAI e Tipo 2	26
4.4.1.2	Pontos Tipo 1	28
4.4.1.3	Pontos Operação Águas	28
4.4.2	Medição de Descarga Líquida	28
4.4.3	Avaliação de Macroinvertebrados Bentônicos	28
4.4.4	Avaliação do Fitoplâncton	28
4.4.5	Avaliação do Zooplâncton	29
5.0	COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES	29
5.1	Documentação de Campo	29
5.2	Gestão de Informações no Laboratório	29
5.3	Comunicação dos Dados	29
6.0	RELATÓRIOS	29
7.0	EQUIPE TÉCNICA	30



8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 31

TABELAS

Tabela 1: Áreas prioritárias recomendadas e atividades de recuperação.....	3
Tabela 2: Pontos de amostragem definidos para o Programa de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções.....	14
Tabela 3: Parâmetros e frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento.	24
Tabela 4: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.....	26
Tabela 5: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água.	27
Tabela 6: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimento.....	28

FIGURAS

Figura 1: Áreas Prioritárias de para Acompanhamento das Intervenções (Figura 1 de 2).....	5
Figura 2: Áreas Prioritárias de para Acompanhamento das Intervenções (Figura 2 de 2).....	6
Figura 3: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 1 de 5).....	9
Figura 4: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 2 de 5).....	10
Figura 5: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 3 de 5).....	11
Figura 6: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 4 de 5).....	12
Figura 7: Localização dos pontos de amostragem de qualidade de água e sedimento do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções (Figura 5 de 5).....	13

ANEXOS

Nenhuma entrada de sumário foi encontrada.



1.0 INTRODUÇÃO

Este documento foi preparado pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. (Golder) para a Fundação Renova (Fundação), e apresenta um plano de monitoramento de qualidade de água e sedimento para acompanhamento dos efeitos das obras de intervenções que visam o controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão.

O presente plano de monitoramento será conduzido de forma integrada com monitoramentos de controle de erosão e vegetação na região de estudo.

O plano visa atender aos requisitos mínimos relacionados especificamente ao monitoramento dos impactos na qualidade da água das intervenções na Área Ambiental 1¹ estabelecidos no Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (parte do anexo da Deliberação do Comitê Interfederativo – CIF nº 17, de 18 de agosto de 2016), emitido em 4 de novembro de 2016 pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água (CT-SHQA), definidos dentro do item **VII – Plano de Monitoramento Quali-quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos**. Nesse sentido, a primeira versão do plano foi protocolada em 30 de dezembro de 2016.

Do dia 16 a 20 de janeiro de 2017, foi realizada uma visita de campo com objetivo de avaliar as condições de acesso aos pontos e de segurança quando da amostragem. Um relatório de campo foi elaborado pela Golder com uma série de recomendações (e.g., realocação de pontos) e as mesmas subsidiaram algumas alterações na segunda versão do plano. Além disso, foram incorporados os pontos de amostragem solicitados na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA emitida em 10 de fevereiro de 2017.

O plano atual corresponde à terceira versão que, de maneira complementar, visa atender às solicitações constantes na Nota Técnica nº 10 da CT-SHQA, de 27 de março de 2017. As alterações consistem na adequação do título, na revisão dos parâmetros a serem analisados nos pontos da Operação Águas e na inclusão da CT-FLOR no recebimento de dados de qualidade desses pontos. Além disso, conforme sugestão da CT-FLOR, foram incluídos ainda outros 31 pontos de amostragem.

A seguir são descritos os conteúdos das principais seções deste documento:

Seção 2 – Requisitos e Objetivos do Estudo: Esta seção descreve os requisitos constantes na cláusula 178 do TTAC e na Deliberação CIF nº 17, assim como a finalidade do plano de monitoramento de intervenções.

Seção 3 – Áreas das Intervenções Prioritárias: Esta seção apresenta as áreas selecionadas como prioritárias para as intervenções.

Seção 4 – Plano de Amostragem de Água e Sedimento: Esta seção descreve a localização dos pontos de monitoramento, bem como apresenta as justificativas para a escolha de cada um, frequência e parâmetros a serem analisados.

Seção 5 – Comunicação e Gestão de Informações: Esta seção estabelece critérios para a apresentação de dados analíticos por parte do laboratório e da análise dos resultados e dados por parte da Fundação.

Seção 6 – Relatórios: Esta seção descreve a frequência de elaboração de documentos técnicos e como as informações poderão ser avaliadas.

O programa de monitoramento, de uma maneira geral, está centrado nas obras de engenharia fluvial concluídas e previstas ao longo do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce e seus tributários.

¹ De acordo com o TTAC, a ÁREA AMBIENTAL 1 refere-se às “áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo EVENTO”.



2.0 REQUISITOS E OBJETIVOS DO PLANO DE MONITORAMENTO

2.1 Requisitos

O programa de monitoramento das intervenções prioritárias tem como intuito atender a cláusula 178 do TTAC e engloba os requisitos mínimos estabelecidos na Deliberação CIF nº 17. A cláusula 178 do TTAC especifica:

... a FUNDAÇÃO deverá planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções da FUNDAÇÃO que vierem a ser realizadas para detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos de intervenções estruturais implementadas pela FUNDAÇÃO na ÁREA AMBIENTAL 1, para atender operações de remoção ou recuperação ambiental de áreas ou trechos do Rio Doce e sua planície de inundação, tais como dragagens e remoção de resíduos e demais intervenções decorrentes deste Acordo.

Além disso, a Deliberação CIF nº 17, também contém requisitos específicos às áreas prioritárias para intervenções na calha dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce, assim como detalhado na Atualização do Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI). Assim, na Seção VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (PMQQVAI) dessa deliberação, fica definido o número mínimo de pontos de amostragem de parâmetros de qualidade de água e sedimento, bem como as localizações e a frequência de amostragem.

2.2 Objetivos

O objetivo geral deste Plano é descrever as informações que permitam estabelecer o monitoramento da qualidade da água e do sedimento para avaliar de forma sistemática, a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água e do sedimento nas áreas prioritárias e demais áreas situadas desde a mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves (Barragem Candonga).

3.0 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO

Com base em análises geomorfológicas realizadas pela Golder, 16 áreas de prioridade de recuperação foram definidas no trecho entre a barragem de Fundão e a barragem de Candonga. Das 16 áreas prioritárias, 13 foram consideradas na concepção do programa de monitoramento de qualidade de água e sedimento. As Áreas Prioritárias 1, 2 e 12 não foram consideradas uma vez que o reservatório do Dique S4 inunda a Área 1, o reservatório do Dique S3 inunda a Área 2 e a Área 12 se localiza a montante do Dique S3. As demais 13 áreas estão listadas na **Tabela 1**, e apresentadas na **Figura 1** e **Figura 2**. As atividades de recuperação em andamento ou previstas também foram incluídas na **Tabela 1**.



Tabela 1: Áreas prioritárias recomendadas e atividades de recuperação.

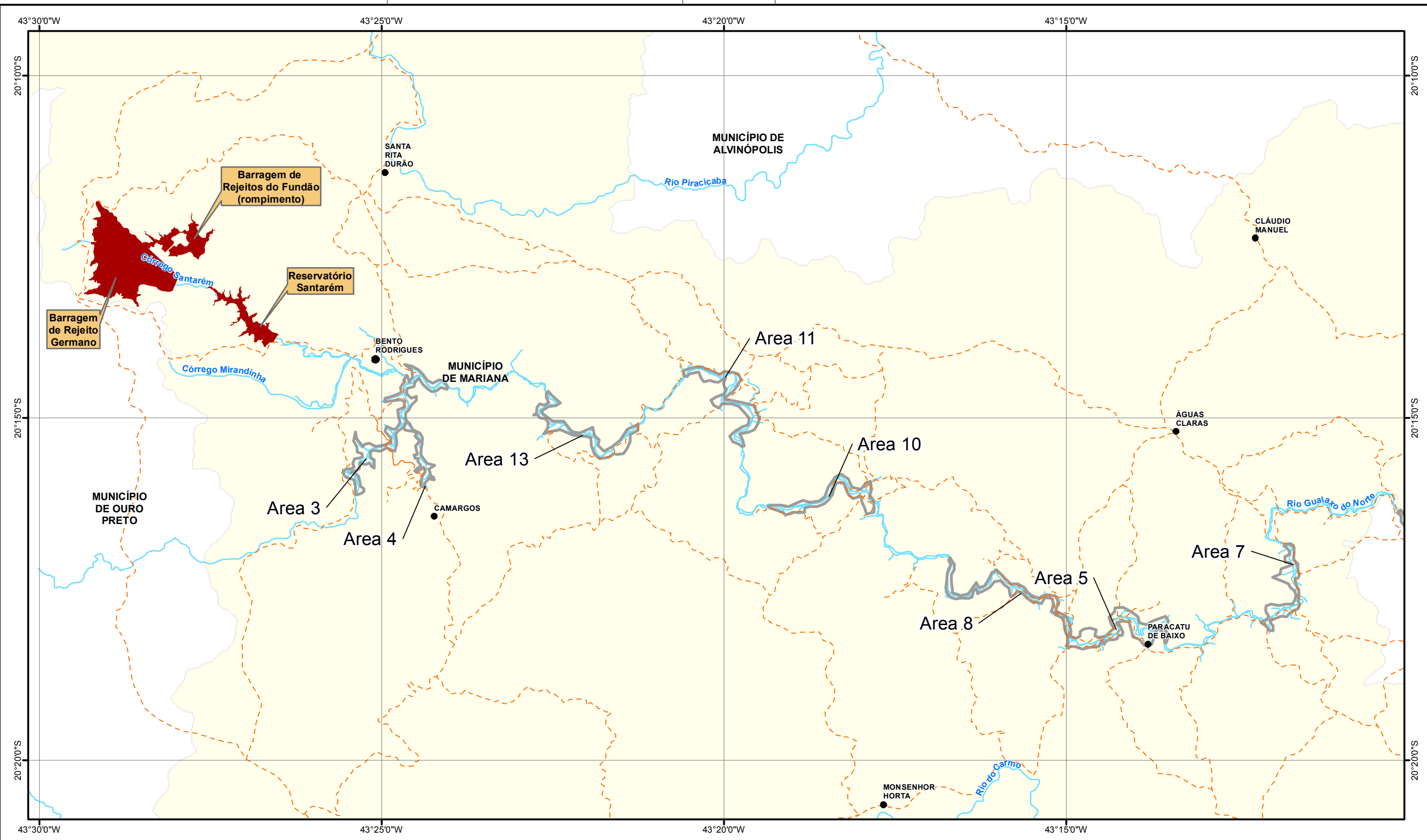
Prioridade número	Áreas Prioritárias	Atividades de Recuperação em Andamento
3	Canal e planície de inundação do alto Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Estabilização e proteção das margens do alto Rio Gualaxo do Norte;■ Estabilizar a extremidade da área de impacto do fluxo de detritos a montante e ligar o canal ao canal não afetado a montante;■ Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Alto Rio Gualaxo do Norte;■ Restabelecer tributários, revestir ou dessaorear os canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
4	Canal e planície de inundação do Rio Camargo	
8	Planície de inundação BFS-10 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
9	Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Revestir as margens em todos os trechos expostos e impactados;■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
10	Planície de inundação BFS-08 do Rio Gualaxo do Norte	
11	Planície de inundação NR-06 do Rio Gualaxo do Norte	
5	Planície de inundação BFL-11 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
6	Planície de inundação BFL-27 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;■ Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
7	Planície de inundação BFL-17 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.



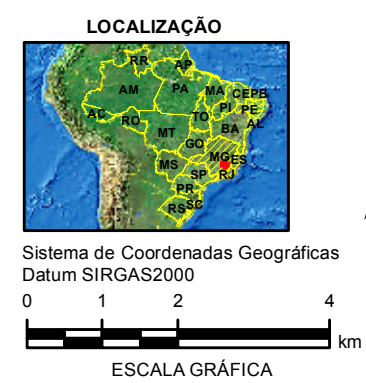
PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Prioridade número	Áreas Prioritárias	Atividades de Recuperação em Andamento
13	Planícies de inundação NR-04 e CF-05 do Rio Gualaxo do Norte	<ul style="list-style-type: none">■ Retirar os rejeitos do rio e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;■ Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários em áreas impactadas pelos rejeitos, onde necessário.
14	Planície de inundação a montante do Rio Carmo	<ul style="list-style-type: none">■ Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;■ Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;■ Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos;■ Estabilizar a extremidade de impacto do fluxo de detritos a montante, onde necessário.
15	Planície de inundação BFS-BFL-33 do Rio Carmo	<ul style="list-style-type: none">■ Retirar os rejeitos do rio, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;■ Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;■ Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;■ Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
16	Reservatório de Candonga	<ul style="list-style-type: none">■ Gerenciar o armazenamento de rejeitos e criar áreas de armazenagem adicionais, onde viável, para sedimentos trazidos de áreas a montante.



- LEGENDA**
- Distritos
 - - - Estradas de Acesso
 - Curso D'Água
 - Corpo D'Água
 - Barragens
 - Áreas prioritárias

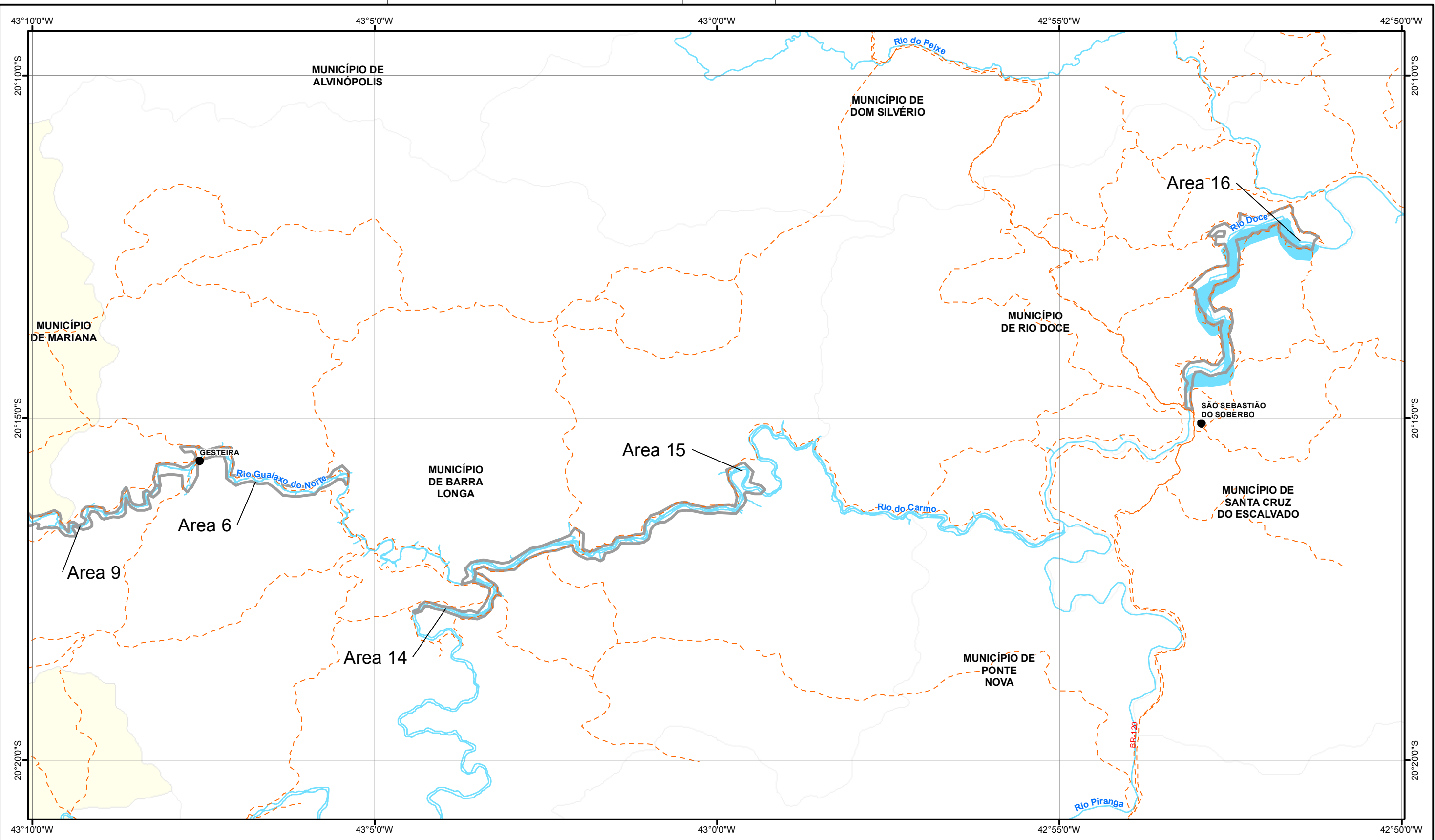


PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO: RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

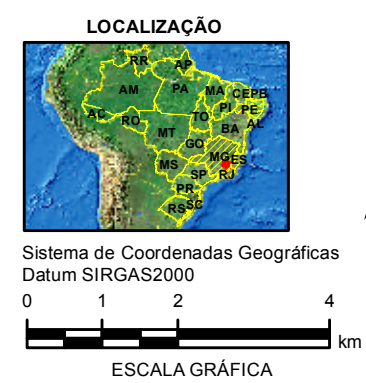
TÍTULO:
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES (FIGURA 1 DE 2)

PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:100.000
GIS	FPS	dez/2016
REV	HD	00

Figura 1



- LEGENDA**
- Estradas de Acesso
 - Curso D'Água
 - Corpo D'Água
 - Áreas prioritárias



PROJETO:		ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO: RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	
TÍTULO:		ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES (FIGURA 2 DE 2)	
PROJETO: 169-515-2282		ESCALA: 1:100.000	
GIS	FPS	dez/2016	Figura 2
REV	HD	00	





4.0 PLANO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA E SEDIMENTO

4.1 Contextualização

O monitoramento da qualidade da água nos tributários, em uma escala mais abrangente, iniciou-se após o rompimento da barragem de Fundão, no dia 06 de novembro de 2015, em alguns pontos de amostragem situados no rio do Carmo e no rio Doce (e.g., em Barra Longa e na cidade de rio Doce). Essa informação já coletada pode fornecer uma ideia do potencial efeito do conjunto de atividades e obras implementadas para controlar os impactos na qualidade da água. Em julho de 2016, a Fundação iniciou um monitoramento focado em 10 tributários selecionados, com o intuito de avaliar as condições de turbidez em pontos de amostragem específicos. Este monitoramento ocorre em 2 pontos distintos em cada um dos tributários, um no trecho a montante e outro no trecho a jusante das intervenções.

O programa de monitoramento proposto foi desenvolvido de forma a reunir informações adicionais à atualmente coletada visando o atendimento aos requisitos da Cláusula 178 e aos requisitos mínimos estabelecidos na Deliberação CIF nº 17, assim como dar suporte aos demais estudos (i.e., vegetação e controle de erosão).

Nesse contexto, o monitoramento de qualidade de água e sedimento visa avaliar a eficácia das obras de intervenções a partir de resultados de amostras coletadas a montante, a jusante e no trecho da intervenção, principalmente. Demais pontos de amostragem foram proposto de forma complementar àqueles estabelecidos como requisitos mínimos, e estão detalhados a seguir.

4.2 Localização dos Pontos de Amostragem

A definição da localização dos pontos de amostragem baseou-se, principalmente, nas recomendações mínimas constantes na Deliberação CIF nº 17, na seção “VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos” (PMQQVAI). Além disso, pontos de amostragem complementares foram definidos de forma a fornecerem dados e informações suficientes para a avaliação integrada das intervenções, ou seja, em suporte aos componentes do monitoramento de vegetação, controle de erosão e também como informações adicionais para avaliação da qualidade de água.

De forma geral, foram definidos quatro tipos de pontos de amostragem, sendo que cada um possui uma justificativa para sua inclusão no plano. Os quatro tipos definidos estão descritos a seguir:

- Pontos PMQQVAI: incluídos por estarem definidos como requisitos mínimos na Deliberação CIF nº 17;
- Pontos Tipo 1 – T1: definidos para determinação da carga de sólidos suspensos totais (SST), a partir do monitoramento de vazão e concentração de SST, em áreas não afetadas e afetadas;
- Pontos Tipo 2 – T2: definidos de forma a adicionarem informação a montante e a jusante de cada Área Prioritária, de forma complementar aos pontos PMQQVAI;
- Pontos Operação Águas: 114 constantes na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA e 31 definidos posteriormente por representantes da CT-FLOR.

Na **Figura 3** até a **Figura 7** estão apresentadas as localizações dos pontos de amostragem.

A nomenclatura para definição dos códigos dos pontos de amostragem definidos para avaliação das intervenções nos tributários e rios principais foi proposto de maneira a possibilitar a indicação do nome ou tipo de curso d'água, a saber.

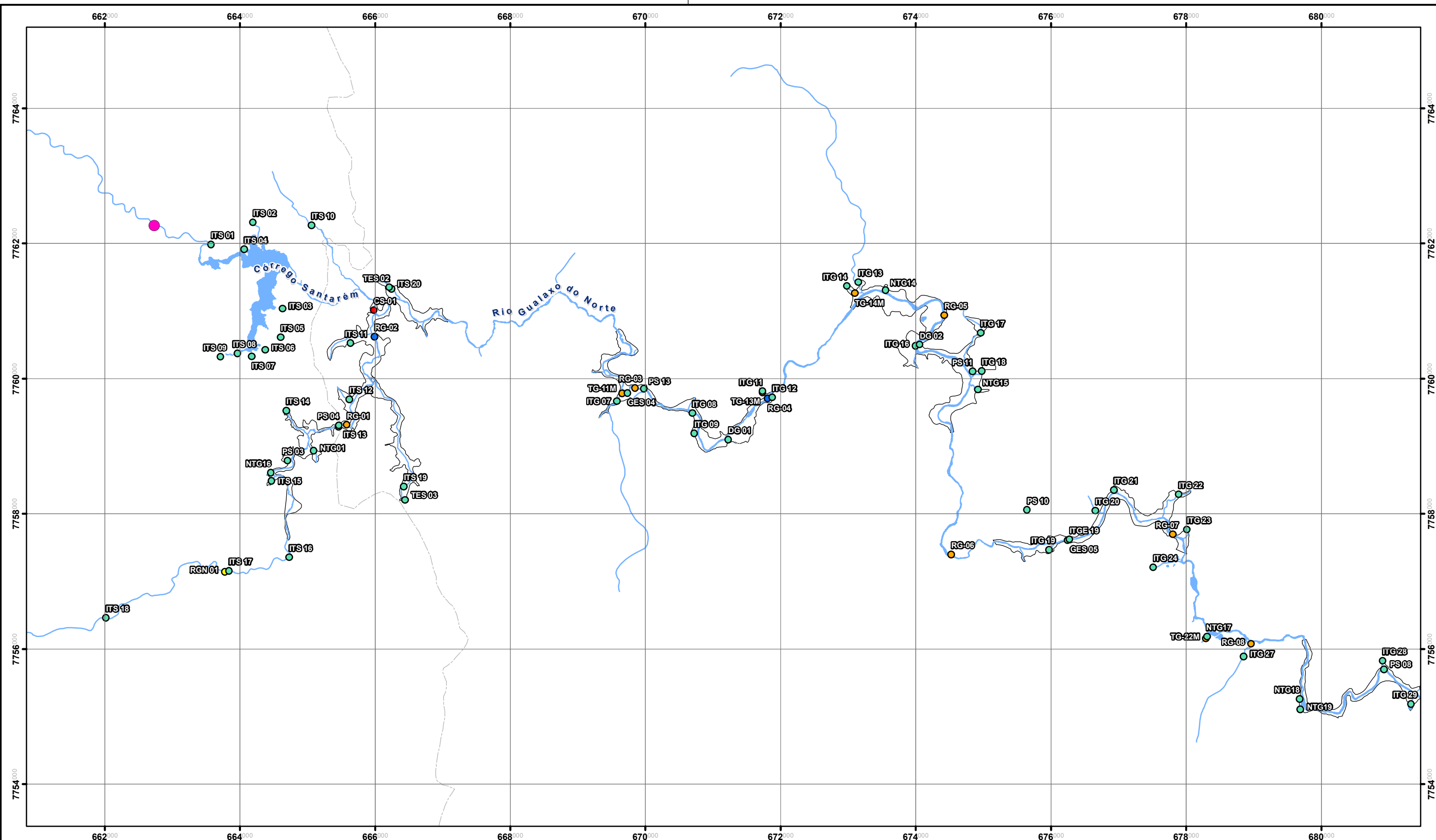
- Para aqueles pontos coincidentes com os pontos definidos no Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS), também apresentados também na Deliberação CIF nº 17, optou-se por utilizar a nomenclatura proposta no PMQQS (e.g., RGN 01 e RCA 01);
- Para aqueles pontos definidos na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA, optou-se por manter a nomenclatura igual àquelas utilizadas pela CT-FLOR, tendo em vista que são pontos existentes;



- Para os demais pontos, aqueles situados no rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce, rio Piranga e córrego Santarém foram nomeados como “RG”, “RC”, “RD”, “RP” e “CS”, respectivamente. Aqueles pontos localizados em tributários do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo foram nomeados como “TG” e “TC”;
- Tais siglas serão seguidas por um número provindo de uma sequência numérica (crescente) aplicada a partir do ponto mais a montante na bacia até o ponto mais a jusante. Ressalta-se que a sequência numérica foi interrompida quando da mudança de curso de água e reiniciada em um.

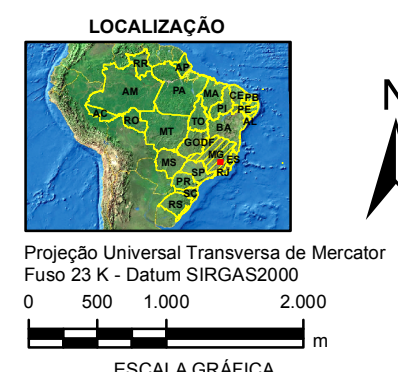
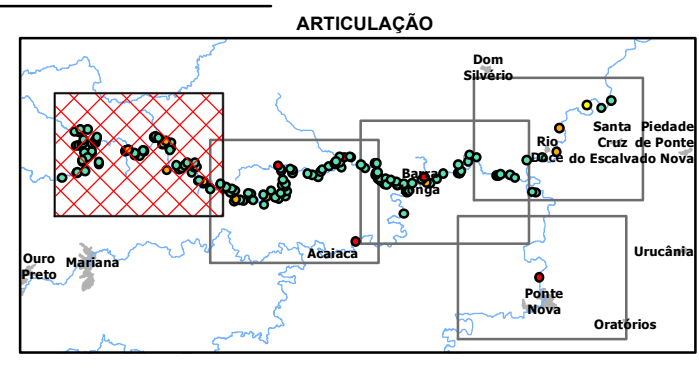
A **Tabela 2** apresenta informações mais detalhadas com relação à localização dos pontos, frequência e parâmetros a serem medidos. Quando da localização exata dos pontos em campo, alguns critérios foram levados em consideração, a saber:

- Permitir um acesso seguro em todo o intervalo de vazões do curso d’água;
- Estar localizado em um trecho onde a seção do curso d’água apresenta-se na forma de um canal único bem definido, com profundidade razoavelmente uniforme e com linhas de fluxo paralelas ao longo da largura do canal;
- Conter margens estáveis, sem erosão e, preferencialmente, com controles naturais (afloramento rochoso) para medidas adequadas de vazão;
- Não conter vegetação que possa interferir na vazão;
- Sem efeito de remanso.



LEGENDA

- Ponto PMQQVAI
- Ponto PMQQVAI e Tipo 1
- Ponto Tipo 1
- Ponto Tipo 2
- Pontos Operação Augias
- UHE em operação
- Barragem de Santarem
- Via rodoviária
- Drenagem
- Lagos, lagoas
- Áreas prioritárias
- Mancha urbana



PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

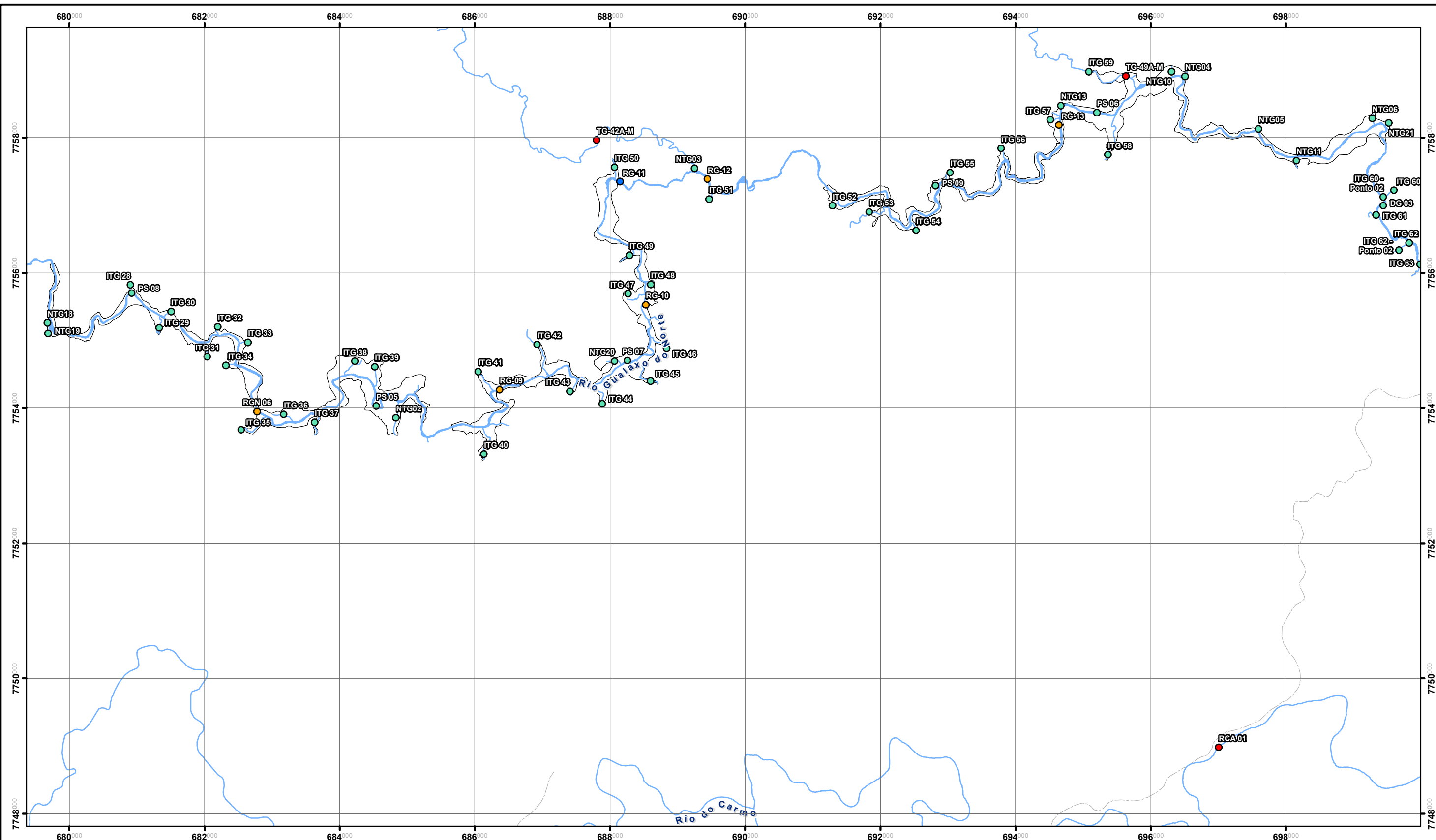
TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282 ESCALA: 1:55.000

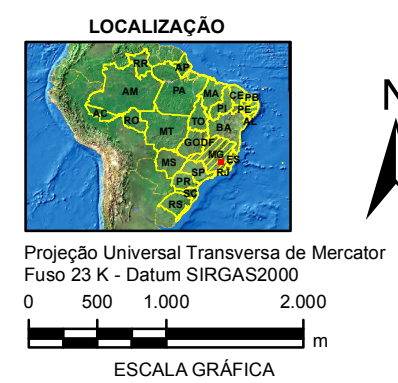
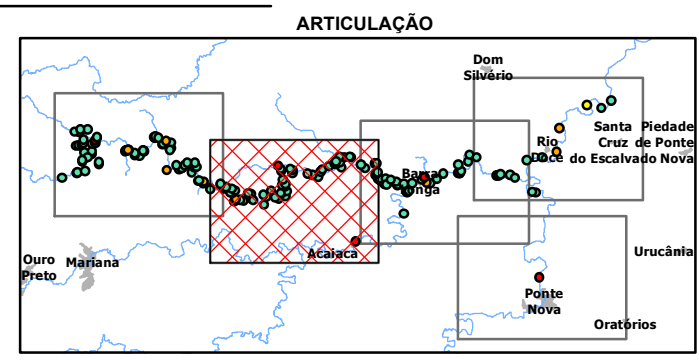
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 1 de 5

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\AnexoD_PMQQS\plano_interv_qual_agua_rev2_A3.mxd



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

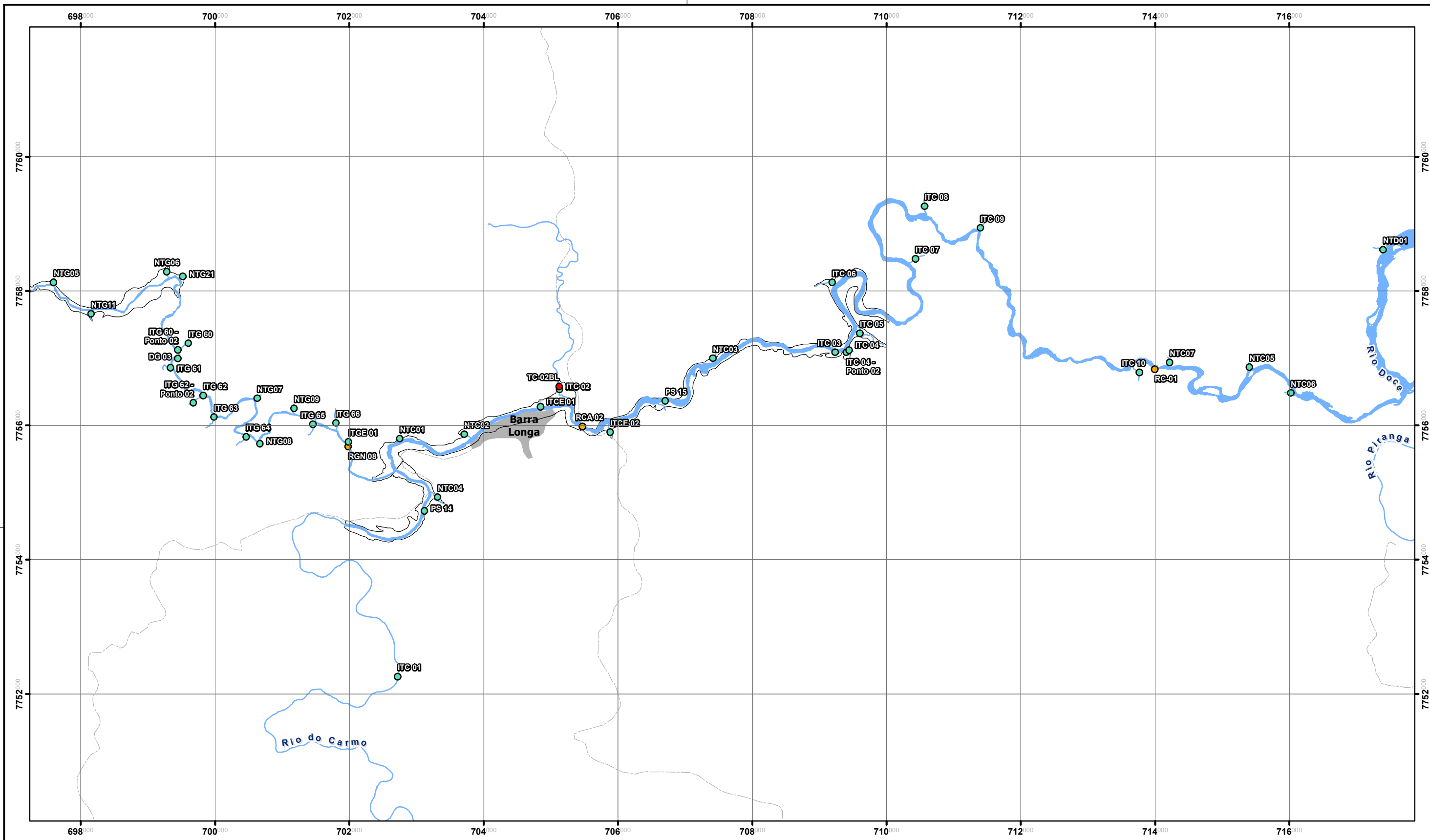
TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

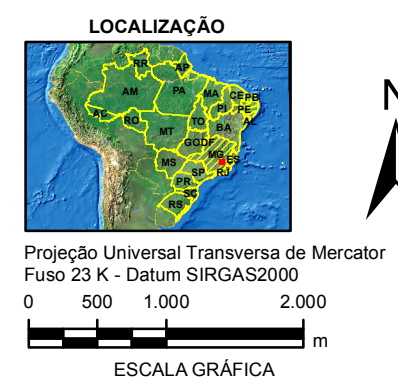
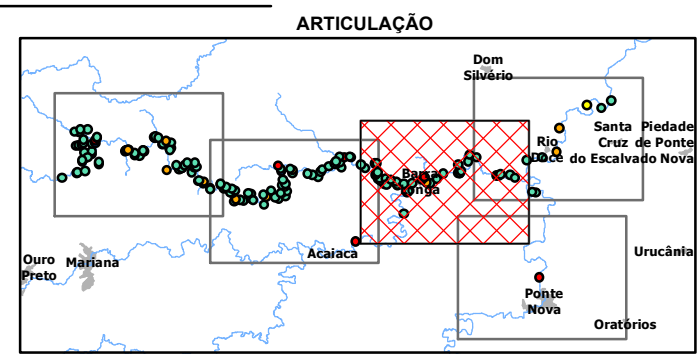
Golder Associates

Figura 2 de 5

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\AnexoD_PMQQS\plano_interv_qual_rev2_A3.mxd



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



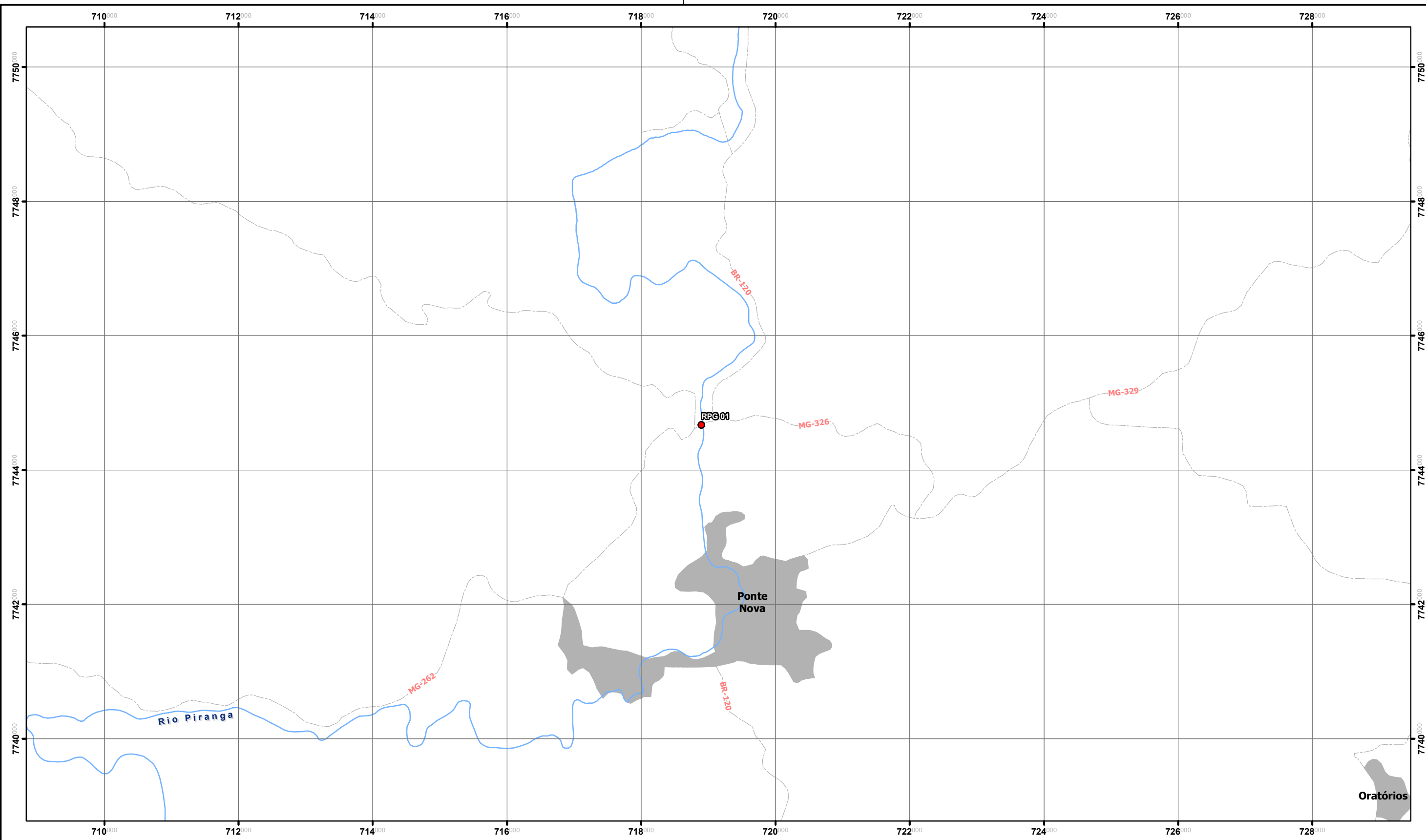
PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

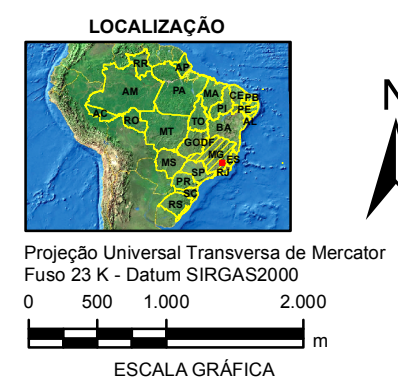
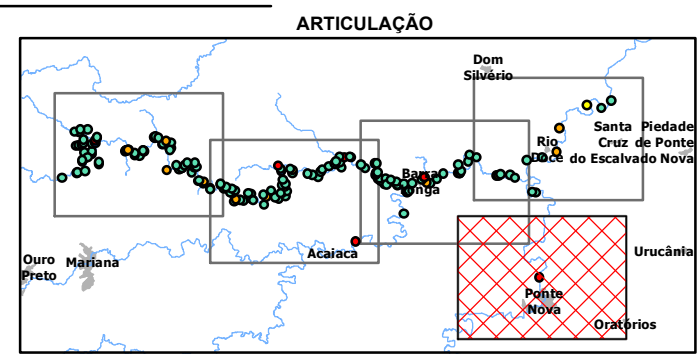
Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 3 de 5

Document Path: S:\Sig\2015\2_Meio_Ambiente\159_515_2282\2_Desenvolvimento\3_Projetos\meio_fisico\monitoramento_agua\AnexoD_PMQQS\plano_interv_agua_rev_A3.mxd



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - Drenagem
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



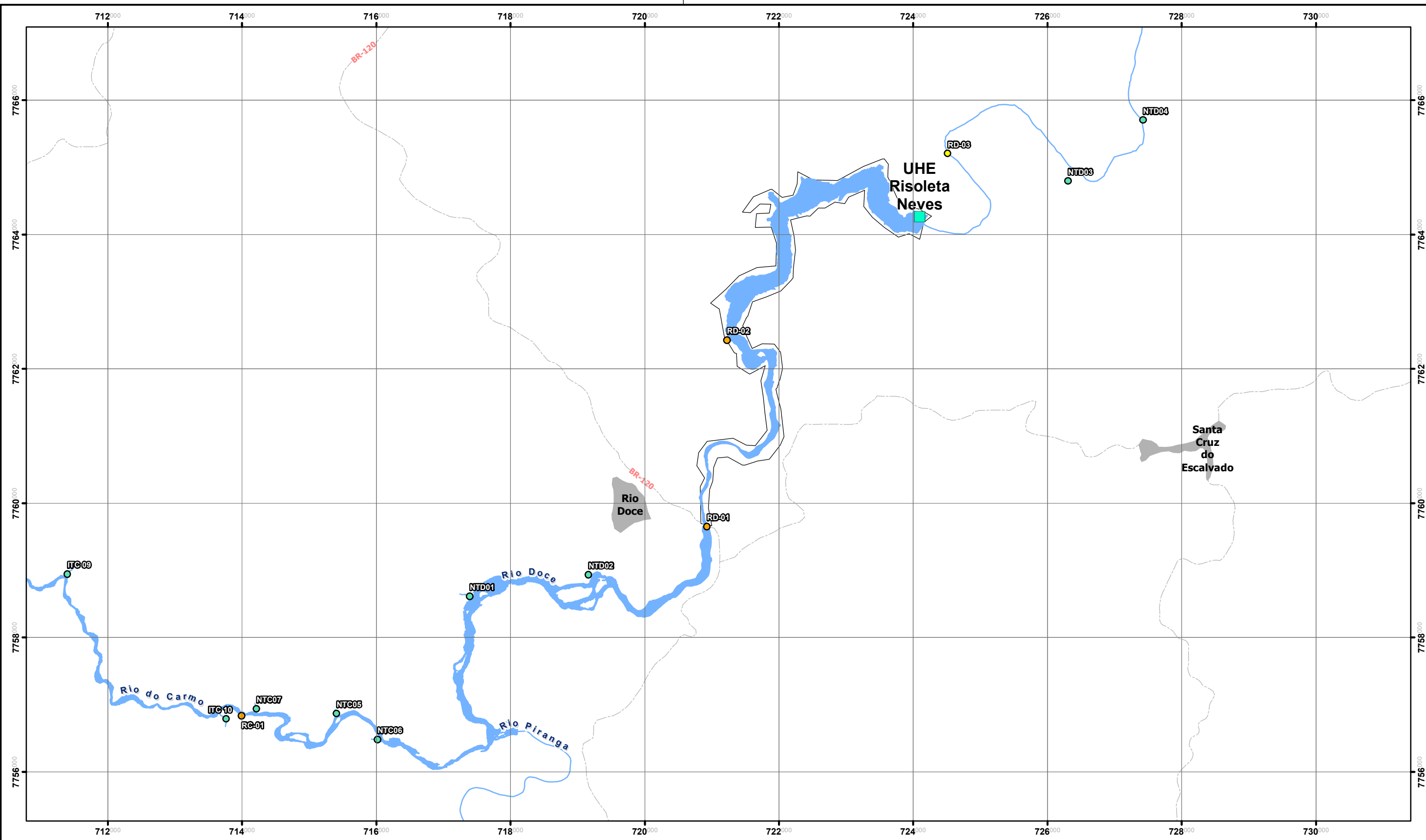
PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

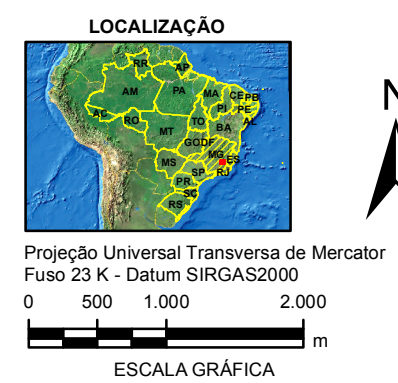
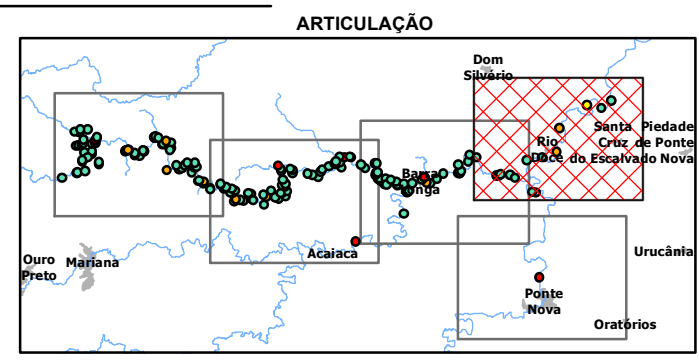
Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Golder Associates

Figura 4 de 5



- LEGENDA**
- Ponto PMQQVAI
 - Ponto PMQQVAI e Tipo 1
 - Ponto Tipo 1
 - Ponto Tipo 2
 - Pontos Operação Augias
 - UHE em operação
 - Via rodoviária
 - ~ Drenagem
 - Lagos, lagoas
 - Áreas prioritárias
 - Mancha urbana



PROJETO:
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

TÍTULO:
LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO DO PLANO DE MONITORAMENTO PARA ACOMPANHAMENTO DAS INTERVENÇÕES

Nº PROJETO: 159-515-2282		ESCALA: 1:55.000
GIS	FPS	abr/2017
REV	HD	03

Figura 5 de 5



Tabela 2: Pontos de amostragem definidos para o Programa de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções.

Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Tributário	ITS 01	Primeiro tributário após a barragem de Santarém	-20,2328	-43,4341	663574,77	7761983,54	Ponto Operação Águas
	ITS 02	Córrego do Fraga, a montante do reservatório do Dique S3	-20,2298	-43,4282	664194,36	7762309,78	Ponto Operação Águas
	ITS 03	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2413	-43,4239	664631,52	7761032,52	Ponto Operação Águas
	ITS 04	Afluente do córrego Santarém	-20,2334	-43,4294	664065,2	7761912,47	Ponto Operação Águas
	ITS 05	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2451	-43,4241	664606,62	7760612,08	Ponto Operação Águas
	ITS 06	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2468	-43,4263	664374,99	7760426,08	Ponto Operação Águas
	ITS 07	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2477	-43,4282	664175,55	7760328,34	Ponto Operação Águas
	ITS 08	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2473	-43,4302	663967,03	7760374,61	Ponto Operação Águas
	ITS 09	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	-20,2478	-43,4326	663715,77	7760321,63	Ponto Operação Águas
	ITS 10	No córrego Ouro Fino, tributário do rio Gualaxo do Norte	-20,2301	-43,4199	665061,25	7762268,32	Ponto Operação Águas
Córrego Santarém	CS-01	A montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte. Objetivo de monitorar a carga de sedimento natural proveniente da bacia do Córrego Santarém.	-20,2414	-43,4109	665986	7761012	Ponto Tipo 1
Rio Gualaxo do Norte	ITS 18	No rio Gualaxo do Norte em área de preservação permanente não afetada	-20,2828	-43,4485	662018,35	7756462,98	Ponto Operação Águas
	ITS 17 ⁽³⁾		-20,2764	-43,4311	663842,45	7757154,27	Ponto Operação Águas
	RGN 01 ⁽³⁾	A montante da Área Prioritária 3. Coincidente com ponto RGN01 (antigo MG 01) do PMQQS.	-20,2765	-43,4317	663779,25	7757143,14	Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	ITS 16	Em tributário do rio Gualaxo do Norte em área com deposição de rejeitos. Ponto ITS 15 no tributário TG01A. (**)	-20,2745	-43,4226	664732,3	7757356,14	Ponto Operação Águas
	ITS 15		-20,2643	-43,4252	664471,47	7758487,82	Ponto Operação Águas
	NTG16	No tributário TG01B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2632	-43,4253	664462,19	7758609,69	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 03	No rio Gualaxo do Norte trecho conhecido como "área intermediária" dentro de área em área prioritária para recuperação (**)	-20,2616	-43,423	664705,39	7758785,33	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG01	No tributário TG01 da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2602	-43,4193	665092,12	7758935,80	Ponto Operação Águas
	ITS 14	Corresponde à área totalmente reconformada no TG02, com açude a montante	-20,2549	-43,4232	664690,31	7759526,37	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	ITS 13	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de rejeitos próximo a ponte destruída em Camargos e Bento Rodrigues (**)	-20,257	-43,4158	665461,13	7759286,53	Ponto Operação Águas
Tributário	PS 04 ⁽⁴⁾	Localizado aproximadamente 400 m a jusante do ponto ITS 19	-20,2568	-43,4157	665468,02	7759307,27	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-01	Dentro da área 3 e a jusante da foz do TG02 e montante da foz do TG03.	-20,2567	-43,4146	665584	7759314	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITS 12	No tributário TG03 na confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2533	-43,4143	665621,76	7759694,6	Ponto Operação Águas
	TES 03	No tributário TG04 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2667	-43,4063	666443,21	7758203,24	Ponto Operação Águas
	ITS 19		-20,2649	-43,4065	666424,24	7758402,7	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-02	Imediatamente a jusante da foz do TG05 e a montante da confluência com o córrego Santarém.	-20,2449	-43,4108	665995	7760619	Ponto Tipo 2
Tributário	ITS 11	No tributário TG05	-20,2458	-43,4142	665640,16	7760524,71	Ponto Operação Águas
	TES 02	No tributário TG06, antigo sistema de captação de água da Samarco	-20,2383	-43,4088	666212,29	7761349,52	Ponto Operação Águas
	ITS 20		-20,2385	-43,4085	666243,42	7761327,08	Ponto Operação Águas
	ITG 07	Corresponde ao córrego Capitão, tributário TG11 do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2532	-43,3764	669581,21	7759667,27	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
	TG-11M	Dentro da Área 13 e no tributário TG11, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2522	-43,3757	669660	7759782	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	GES 04	No rio Gualaxo do Norte, recebendo a contribuição do córrego Capitão	-20,2521	-43,3749	669739,11	7759787,5	Ponto Operação Águas
	RG-03	Entre a Área 3 e 13. Próximo à foz do TG09 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 3 e Ponto Montante Trecho 13).	-20,2514	-43,3738	669851	7759860	Ponto PMQQVAI
	PS 13	Planície de inundação na margem direita e de talude marginal na margem esquerda	-20,2515	-43,3726	669980,05	7759851,56	Ponto Operação Águas
	ITG 08	Calha do rio Gualaxo do Norte em área de planície de inundação	-20,2547	-43,3657	670697,39	7759490,22	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 09	No córrego Olaria, ou TG12A, confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2574	-43,3654	670725,78	7759191,03	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	DG 01	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 01	-20,2582	-43,3606	671226,34	7759097,51	Ponto Operação Águas
	RG-04	Próximo à foz do TG13, a jusante da Área 13 e a montante da Área 11.	-20,2526	-43,3551	671811	7759708	Ponto Tipo 2
Tributário	ITG 11	No TG13, primeiro tributário a jusante da PCH Bicas	-20,2517	-43,3558	671734,93	7759812,07	Ponto Operação Águas
	TG-13M	Dentro da Área 13 e no tributário TG13, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2518	-43,3558	671736	7759797	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	ITG 12	Drenagem encaixada localizada à jusante da PCH Bicas	-20,2525	-43,3544	671880,31	7759722,06	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 14	No tributário TG14A a montante do rio Gualaxo do Norte	-20,2375	-43,344	672983,42	7761371,69	Ponto Operação Águas
	TG-14M	Dentro da Área 11 e no tributário TG14, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2385	-43,3429	673100	7761261	Ponto PMQQVAI
	ITG 13	No tributário TG14 a montante do rio Gualaxo do Norte	-20,237	-43,3424	673151,14	7761425,37	Ponto Operação Águas
	NTG14	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,238	-43,3385	673557,5081	7761310,588	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-05	Dentro da Área 11 e a montante da foz do tributário TG15.	-20,2413	-43,3302	674423	7760938	Ponto PMQQVAI
	DG 02	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 02	-20,2453	-43,3336	674058,24	7760501,8	Ponto Operação Águas
	ITG 16	No rio Gualaxo do Norte a montante da foz do tributário TG15	-20,2454	-43,3342	673998,53	7760486,9	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 17	A montante das obras realizadas no tributário TG16	-20,2436	-43,325	674961,73	7760676,46	Ponto Operação Águas
	ITG 18	Tributário TG17 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2487	-43,3248	674976,91	7760111,68	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 11	Após a foz do TG16 no rio Gualaxo do Norte	-20,2488	-43,3261	674841,02	7760105,31	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG15	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2512	-43,3253	674921,87	7759835,46	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-06	A montante da Área 10, jusante da Área 11 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 11 e Ponto Montante Trecho 10).	-20,2733	-43,3289	674524	7757396	Ponto PMQQVAI
Tributário	PS 10 ⁽⁵⁾	Sem descrição (**)	-20,2672	-43,3182	675645,62	7758056,75	Ponto Operação Águas
	ITG 19	No tributário TG17A (**)	-20,2725	-43,315	675973,92	7757466,63	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	GES 05	Localizado nas margens do Rio Gualaxo do Norte	-20,2712	-43,3124	676246,98	7757607,77	Ponto Operação Águas
	ITGE 19	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG17A (**)	-20,2711	-43,3121	676278,43	7757618,52	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 20	Tributário não mapeado afluente ao rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG17B (**)	-20,2672	-43,3085	676658,91	7758046,41	Ponto Operação Águas
	ITG 21	Tributário TG17B do rio Gualaxo do Norte na região da ponte do Gama	-20,2644	-43,3059	676933,68	7758353,59	Ponto Operação Águas
	ITG 22	No tributário TG18 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2649	-43,2967	677894,19	7758288,37	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-07	Dentro da Área 10 e imediatamente a jusante da foz do TG18.	-20,2703	-43,2975	677804	7757694	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 23	Tributário TG19 da margem esquerda do rio Gualaxo nas proximidades da ponte do Gama	-20,2696	-43,2955	678014,18	7757766,78	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
	ITG 24	No tributário TG20 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2747	-43,3002	677517,41	7757207,26	Ponto Operação Águas
	TG-22M	No tributário TG21 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	-20,2842	-43,2927	678295	7756153	Ponto PMQQVAI
	NTG17 ⁽⁶⁾		-20,2839	-43,2925	678311,21	7756180,52	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-08	Próximo à foz do tributário TG22. A montante da Área 8.	-20,2848	-43,2863	678963	7756076	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 27	No tributário TG22 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2865	-43,2873	678851,38	7755887,08	Ponto Operação Águas
	NTG18	No tributário TG21A da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2921	-43,2793	679680,52	7755258,46	Ponto Operação Águas
	NTG19	No tributário TG21B da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2935	-43,2792	679689,35	7755103,37	Ponto Operação Águas
	ITG 28	No tributário TG23 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2869	-43,2676	680908,59	7755821,34	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 08	No rio Gualaxo do Norte próximo à foz do TG23 (**)	-20,288	-43,2674	680928,21	7755699,35	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 29	No tributário TG24 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2926	-43,2635	681330,21	7755185,84	Ponto Operação Águas
	ITG 30	No tributário TG24A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2904	-43,2618	681510,33	7755427,52	Ponto Operação Águas
	ITG 31	No tributário TG25 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2964	-43,2566	682046,46	7754757,58	Ponto Operação Águas
	ITG 32	No tributário TG26 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2924	-43,2552	682197,36	7755198,85	Ponto Operação Águas
	ITG 33	No tributário TG27 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2944	-43,2509	682644,14	7754972,69	Ponto Operação Águas
	ITG 34	No tributário TG28 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2975	-43,254	682316,73	7754632,94	Ponto Operação Águas
	ITG 35	No tributário TG29 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3061	-43,2517	682546,86	7753678,35	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 06	Trecho mais a montante da Área 5 e a jusante da Área 8. A montante da foz do TG29. Coincidente com o ponto RGN 06 (antigo MG 02) do PMQQS.	-20,3037	-43,2495	682779,51	7753947,13	Ponto PMQQVAI
	ITG 36	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	-20,304	-43,2457	683175,97	7753904,17	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 37	No tributário TG30 da margem direita do Gualaxo do Norte	-20,305	-43,2413	683634,33	7753788,58	Ponto Operação Águas
	ITG 38	No tributário TG30A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2968	-43,2357	684228,89	7754690,11	Ponto Operação Águas
	ITG 39	No tributário TG30B da margem esquerda do Gualaxo do Norte	-20,2975	-43,2329	684520,51	7754609,49	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 05	No rio Gualaxo do Norte em área prioritária para recuperação	-20,3027	-43,2326	684546,68	7754029,06	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG02	No tributário TG31 da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3043	-43,2298	684836,22	7753853,23	Ponto Operação Águas
	ITG 40	No tributário TG32	-20,309	-43,2173	686136,11	7753318,87	Ponto Operação Águas
	ITG 41	No tributário TG33 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,298	-43,2182	686055,26	7754537,64	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-09	Trecho mais a montante da Área 7 e imediatamente a jusante da foz do TG33. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 5 e Ponto Montante Trecho 7).	-20,3004	-43,2151	686372	7754269	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 42	No tributário TG34 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2943	-43,2099	686926,6	7754937,87	Ponto Operação Águas
	ITG 43	No tributário TG35 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3005	-43,2052	687410,05	7754246,17	Ponto Operação Águas
	ITG 44	No tributário TG36 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,3021	-43,2006	687888,57	7754063,81	Ponto Operação Águas
	NTG20	No tributário TG37 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2964	-43,1989	688073,00	7754692,90	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 07	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG37 (**)	-20,2963	-43,1971	688261,13	7754701,91	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 45	No tributário TG38 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,299	-43,1938	688602,54	7754399,24	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio Gualaxo do Norte	ITG 46	No tributário TG39 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2946	-43,1916	688837,65	7754883,83	Ponto Operação Águas
	RG-10	Na Área 7, a jusante da foz do TG39 e montante da foz do tributário TG40.	-20,2888	-43,1946	688533	7755526	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 47	No tributário TG40 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2874	-43,1971	688271,89	7755687,19	Ponto Operação Águas
	ITG 48	No tributário TG40A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2861	-43,1939	688607,71	7755827,46	Ponto Operação Águas
	ITG 49	No tributário TG41 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2822	-43,197	688288,61	7756262,75	Ponto Operação Águas
	TG-42A-M	No tributário TG42A a montante do rio Gualaxo do Norte, fora da Área 7. Sua bacia superior é, em sua maior parte, área de floresta, enquanto a bacia inferior consiste principalmente de campos.	-20,2669	-43,2018	687804	7757967	Ponto Tipo 1
	ITG 50	No tributário TG42 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2705	-43,1992	688072,92	7757560,51	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-11	Trecho mais a jusante da Área 7. Situado a montante da foz do TG42A e logo a imediatamente a jusante do TG42.	-20,2724	-43,1984	688150	7757349	Ponto Tipo 2
Tributário	NTG03	No tributário TG42A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2705	-43,1879	689253,38	7757547,61	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-12	Entre a Área 7 e 9. Próximo à foz do TG43. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 7 e Ponto Montante Trecho 9).	-20,2719	-43,1861	689443	7757386	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 51	No tributário TG43 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2746	-43,1858	689467,77	7757091,31	Ponto Operação Águas
	ITG 52	Corresponde a uma estrutura de drenagem superficial (**)	-20,2753	-43,1683	691295,02	7756993,65	Ponto Operação Águas
	ITG 53	No tributário TG44 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2761	-43,1631	691837,24	7756899,06	Ponto Operação Águas
	ITG 54	No tributário TG45 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2785	-43,1564	692534,18	7756625,57	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 09	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	-20,2725	-43,1538	692815,34	7757291,18	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 55	No tributário TG46 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2707	-43,1517	693034,8	7757483,6	Ponto Operação Águas
	ITG 56	No tributário TG47 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2674	-43,1445	693791,07	7757840,51	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG-13	Trecho mais a montante da Área 6. A montante da foz do TG47A e TG47B.	-20,2642	-43,1364	694643	7758186	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 57	Área afetada localizada nas imediações de Gesteira, no tributário TG47A	-20,2635	-43,1376	694516,77	7758264,17	Ponto Operação Águas
	NTG13	Tributário não identificado	-20,2616	-43,1361	694675,85	7758472,75	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 06	No rio Gualaxo do Norte, nas imediações de Gesteira	-20,2625	-43,131	695204,35	7758371,89	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 58	No tributário TG48 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2681	-43,1294	695367,68	7757745,24	Ponto Operação Águas
	ITG 59	No tributário TG49 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,257	-43,1322	695089,05	7758977,41	Ponto Operação Águas
	TG-49A-M	No tributário TG49, a montante da confluência com o TG49A e o rio Gualaxo do Norte. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	-20,2575	-43,127	695634	7758912	Ponto Tipo 1
	NTG10	No tributário TG49C da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2569	-43,1205	696311,55	7758974,64	Ponto Operação Águas
	NTG04	No tributário TG49B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2575	-43,1186	696509,31	7758905,95	Ponto Operação Águas
	NTG05	No tributário TG49D da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2644	-43,1081	697597,58	7758129,55	Ponto Operação Águas
	NTG11	No tributário TG49E da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2686	-43,1027	698156,40	7757658,10	Ponto Operação Águas
	NTG06	No tributário TG49F da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2628	-43,092	699281,65	7758287,36	Ponto Operação Águas
	NTG21	No tributário TG49G da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2634	-43,0897	699521,17	7758218,16	Ponto Operação Águas
	ITG 60	No tributário TG50 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2724	-43,0888	699603,68	7757220,68	Ponto Operação Águas
	ITG 60 - Ponto 02		-20,2733	-43,0903	699445,83	7757122,85	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio Gualaxo do Norte	DG 03	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 03	-20,2745	-43,0903	699444,43	7756992,76	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 61	No tributário TG51 afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2757	-43,0913	699338,29	7756858,35	Ponto Operação Águas
	ITG 62	Tributário TG52 localizado na margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2794	-43,0866	699824,54	7756443,04	Ponto Operação Águas
	ITG 62 - Ponto 02		-20,2804	-43,088	699677,01	7756334,02	Ponto Operação Águas
	ITG 63	No tributário TG53 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	-20,2823	-43,085	699987,96	7756120,05	Ponto Operação Águas
	NTG07	No tributário TG53A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2797	-43,0789	700628,53	7756400,50	Ponto Operação Águas
	ITG 64	No tributário TG54 afluente do Gualaxo do Norte	-20,2849	-43,0804	700465,14	7755826,62	Ponto Operação Águas
	NTG08	No tributário TG54A da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2858	-43,0784	700672,91	7755724,55	Ponto Operação Águas
	NTG09	No tributário TG54B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	-20,281	-43,0736	701180,51	7756250,13	Ponto Operação Águas
	ITG 65	No tributário TG55 afluente do Gualaxo do Norte	-20,2831	-43,0709	701459,85	7756014,34	Ponto Operação Águas
	ITG 66	No tributário TG56 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	-20,2829	-43,0676	701804,83	7756032,46	Ponto Operação Águas
	ITGE 01	No tributário TG56B afluente do rio Gualaxo do Norte	-20,2854	-43,0658	701989,62	7755753,48	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 08	A montante da confluência com o rio do Carmo e à montante das Áreas 14 e 15. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 6 e Ponto Montante Trecho 15).	-20,2861	-43,0658	701984,6	7755681,56	Ponto PMQQVAI
Rio do Carmo	RCA 01	A montante da Área 14. Ponto também utilizado para monitorar a carga de sedimento natural afluente da bacia do rio do Carmo.	-20,3471	-43,1127	697008,13	7748979,39	Ponto Tipo 1
	ITC 01	No rio do Carmo a montante da área impactada	-20,3169	-43,0584	702721,62	7752256,97	Ponto Operação Águas
	PS 14	Na calha do rio do Carmo, à montante de sua confluência com o rio Gualaxo do Norte	-20,2946	-43,0549	703119,42	7754723,73	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC04	No tributário TC01A afluente do rio do Carmo, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	-20,2927	-43,053	703317,20	7754929,57	Ponto Operação Águas
	NTC01	No tributário TC01B afluente do rio do Carmo	-20,2849	-43,0585	702752,84	7755799,89	Ponto Operação Águas
	NTC02	No tributário TC01C afluente do rio do Carmo	-20,2842	-43,0493	703714,81	7755866,06	Ponto Operação Águas
	ITCE 01	No tributário TC01, a jusante do ponto PS 14 no rio do Carmo (**)	-20,2804	-43,0385	704848	7756273,42	Ponto Operação Águas
	TC-02BL	Trecho próximo à região de jusante da cidade de Barra Longa, dentro da Área 15. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	-20,2776	-43,0359	705127	7756577	Ponto Tipo 1
	ITC 02	No tributário TC02	-20,278	-43,0358	705133,21	7756535,78	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	RCA 02	Dentro da Área 15 e a jusante da cidade de Barra Longa.	-20,283	-43,0325	705472,67	7755982,85	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITCE 02	Tributário TC03 do Rio do Carmo que fica muito próximo da área urbana do município de Barra Longa	-20,2837	-43,0285	705888,3	7755895,63	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	PS 15	Área prioritária pela Samarco localizada nas proximidades de Barra Longa	-20,2794	-43,0207	706708,82	7756361,96	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC03	Tributário TC03C da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2736	-43,014	707416,47	7756995,70	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	ITC 03	Eixo preferencial de escoamento da água devido à uma ravina	-20,2726	-42,9966	709235,62	7757084,48	Ponto Operação Águas
Tributário	ITC 04	Tributário da margem direita do rio do Carmo	-20,2723	-42,9946	709444,96	7757115,16	Ponto Operação Águas
	ITC 04 - Ponto 02		-20,2726	-42,995	709402,77	7757082,45	Ponto Operação Águas
	ITC 05	Tributário TC05 da margem direita do rio do Carmo	-20,27	-42,9931	709604,77	7757367,9	Ponto Operação Águas
	ITC 06	No tributário TC06 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2632	-42,9971	709195,99	7758125,83	Ponto Operação Águas



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Curso d'água	Código	Descrição do Ponto de Amostragem ⁽¹⁾	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM ⁽²⁾		Tipo de Ponto
			Latitude	Longitude	Leste	Norte	
Rio do Carmo	ITC 07	Em tributário a jusante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2599	-42,9853	710433,3	7758476,22	Ponto Operação Águas
	ITC 08	No tributário TC07 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2528	-42,9841	710568,25	7759260,77	Ponto Operação Águas
	ITC 09	No tributário TC08 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2556	-42,9761	711400,36	7758940,56	Ponto Operação Águas
	ITC 10	Tributário TC08A da margem direita do rio do Carmo (**)	-20,2748	-42,9532	713766,77	7756785,35	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	RC-01	A jusante da foz do TC08A e a montante da foz do TC09. Ponto a montante da confluência com o rio Piranga.	-20,2743	-42,951	713996	7756833	Ponto PMQQVAI
Tributário	NTC07	No tributário TC09 da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2734	-42,9489	714217,93	7756934,78	Ponto Operação Águas
	NTC05	No tributário TC09A da margem esquerda do rio do Carmo (**)	-20,2739	-42,9375	715408,25	7756864,60	Ponto Operação Águas
	NTC06	No tributário TC10 da margem direita do rio do Carmo (**)	-20,2773	-42,9316	716019,94	7756480,46	Ponto Operação Águas
Rio Piranga	RPG 01	A jusante da cidade de Ponte Nova e a montante da confluência com o rio Doce, antes da entrada para o reservatório da barragem de Candonga.	-20,3836	-42,9026	718899,86	7744668,22	Ponto Tipo 1
	ITC 11	No rio Piranga a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	-20,2922	-42,9121	718036,32	7754805,11	Ponto Operação Águas
	ITC 12		-20,2929	-42,9083	718432,3	7754722,59	Ponto Operação Águas
Tributário	NTD01	No tributário TD01 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga (**)	-20,2579	-42,9187	717394,69	7758611,49	Ponto Operação Águas
	NTD02	No tributário TD02 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga (**)	-20,2548	-42,9018	719164,87	7758932,41	Ponto Operação Águas
Rio Doce	RD-01	Próximo à cidade de Rio Doce.	-20,2481	-42,885	720931	7759650	Ponto PMQQVAI
	RD-02	A jusante da cidade de Rio Doce, no início do reservatório da barragem de Candonga.	-20,223	-42,8825	721226	7762428	Ponto PMQQVAI
	RD-03	A jusante do maciço da barragem de Candonga.	-20,1975	-42,8514	724516	7765204	Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	NTD03	No tributário TD03 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga (**)	-20,201	-42,8342	726306,37	7764798,30	Ponto Operação Águas
	NTD04	No tributário TD04 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga (**)	-20,1927	-42,8236	727426,44	7765702,80	Ponto Operação Águas

Notas:

(1) As descrições dos pontos de amostragem foram retiradas, em sua maioria, dos relatórios da Operação Águas, com exceção daqueles com (**);

(2) O datum é SIRGAS2000 e o fuso 23k;

(3) Os pontos RGN 01 e ITS 17 estão a cerca de 65 metros de distância um do outro. Como são pontos diferentes, os mesmos foram mantidos na tabela;

(4) O ponto PS 04 encontra-se no tributário TG04. A coordenada indicada refere-se à ponte removida sobre o rio Gualaxo do Norte, local situado cerca de 1.100 metros de distância do ponto PS 04;

(5) As coordenadas desse ponto (PS 10) devem ser verificadas.

(6) O ponto NTG17 está situado no tributário TG21, assim como o ponto TG-22M. Será avaliada a necessidade do ponto NTG17, tendo em vista que o monitoramento no ponto TG-22M já engloba os parâmetros e frequência a serem monitorados no ponto NTG17.



4.2.1 Justificativa para Pontos PMQQVAI

Os Pontos PMQQVAI foram adicionados ao programa de qualidade de água e sedimento porque foram definidos como requisitos mínimos pela CIF. Tais pontos estão especificados na Deliberação CIF nº 17 e consistem em 22 pontos de amostragem localizados a montante, em trecho intermediário e a jusante de áreas prioritárias para intervenção. Dentre esses 22 pontos, ressalta-se que cinco pares de pontos são redundantes, ou seja, possuem a mesma localização, já que representam tanto a parte a montante de uma área quanto a jusante de outra. Os pares de pontos redundantes são:

- Ponto Jusante Área 3 e Ponto Montante Área 13 (RG-03);
- Ponto Jusante Área 11 e Ponto Montante Área 10 (RG-06);
- Ponto Jusante Área 5 e Ponto Montante Área 7 (RG-09);
- Ponto Jusante Área 7 e Ponto Montante Área 9 (RG-12);
- Ponto Jusante Área 6 e Ponto Montante Área 15 (RGN 08).

Além disso, alguns pontos propostos para o PMQQVAI também têm suas localizações coincidentes com pontos do PMQQS. Dessa forma, adotou-se o código do ponto definido dentro do PMQQS. Os pontos coincidentes são:

- Ponto Montante Área 3 e RGN 01;
- Ponto Intermediário Área 5 e RGN 06;
- Ponto Jusante Área 6, Ponto Montante Área 15 e RGN 08;
- Ponto Intermediário Área 15 e RCA 02.

4.2.2 Justificativa para Pontos Tipo 1

Um rio está naturalmente sendo erodido, transportando e depositando sedimentos ao longo do seu curso. Esses processos fluviais naturais são função da disponibilidade de sedimento, limitações no transporte e no regime de vazões do rio. O SST transportado pelo rio dentro das áreas prioritárias de estudo é composto tanto por sedimento que tem sua origem em áreas não afetadas e sedimento disponibilizado dentro da área afetada.

O regime do transporte de sedimento dentro da área afetada foi alterado após o rompimento da barragem de Fundão, devido à erosão localizada em pontos ao longo das margens dos rios e à deposição de rejeitos na planície de inundação, os quais estão expostos à erosão fluvial (através de processos naturais dos rios) e à erosão pluvial. Para melhor descrever o (novo) regime de transporte de sedimentos dentro das áreas afetadas após o evento e monitorar a sua evolução ao longo dos próximos anos, é essencial ter o entendimento do regime natural de sedimentos nas bacias de contribuição fora da área afetada.

O conhecimento do regime de transporte de sedimentos nas bacias localizadas a montante da área afetada e nas bacias dos tributários (não afetados) pode permitir a estimativa de contribuição de sedimento local para o regime de sedimento dos rios nas áreas afetadas. A comparação entre o regime de transporte de sedimentos em rios fora da área afetada, que representam condições de referência, com o regime de sedimentos para seções de cursos d'água dentro das áreas afetadas pode mostrar como os processos fluviais naturais foram afetadas na região de estudo, e ainda como os rios estão se ajustando e respondendo às novas condições. Adiante, essa comparação irá permitir a descrição e quantificação adequada do novo regime de transporte de sedimentos, bem como o seu monitoramento ao longo da sua evolução.

O conhecimento do novo regime de transporte de sedimentos nas áreas afetadas irá fornecer dados e dar suporte técnico ao componente de controle de erosão do programa de monitoramento e também às medidas de proteção já realizadas.



A localização das estações Tipo 1 para monitoramento do SST nas bacias de contribuição fora da área afetada são apresentadas na **Tabela 2**. Os pontos listados a seguir estão localizados em trechos de rios a montante de áreas afetadas e tem como finalidade monitorar a carga de sedimento afluente às áreas afetadas, com exceção do ponto RD-03 que está localizado em área afetada (ponto a jusante da barragem de Candonga).

- RGN 01 (rio Gualaxo do Norte);
- RCA 01 (rio do Carmo);
- RPG 01 (rio Piranga);
- RD-03 (rio Doce).

Para uma análise completa do regime de transporte de sedimentos (i.e., transporte de carga de SST), informações adicionais a respeito das bacias de tributários locais que desaguam no rio Gualaxo do Norte (no trecho afetado) são necessárias. Essa informação irá descrever e quantificar como o regime de transporte de sedimentos nos tributários locais contribuem ou influenciam no regime de transporte ao longo da área afetada no rio Gualaxo do Norte. O monitoramento de SST é proposto nas três maiores bacias de contribuição de tributários, as quais estão listadas adiante:

- CS-01 (córrego Santarém);
- TG-42A-M (tributário TG42A);
- TG-49A-M (tributário TG49);
- TC-02BL (tributário TC02).

4.2.3 Justificativa para Pontos Tipo 2

Os Pontos Tipo 2 foram definidos de forma a melhor representar as variações espaciais quando complementados aos Pontos PMQQVAI. Mais especificamente, seguem as justificativas para adição de cada um desses pontos:

- RG-02 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado imediatamente a montante da confluência com o córrego Santarém. Entende-se que esse ponto pode fornecer informações a respeito da região impactada localizada no rio Gualaxo do Norte antes da influência do córrego Santarém;
- RG-04 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado em trecho a jusante da Área 13 e montante da Área 11. Nesse trecho, os pontos determinados pelo CIF estão localizados em tributários (i.e., TG-03 no TG11, TG-04 no TG13 e TG-05 no TG14) e, portanto, será incluído um ponto de amostragem que possa ser interpretado como uma condição após as intervenções da Área 13 e anterior à Área 11;
- RG-11 (rio Gualaxo do Norte): ponto de amostragem localizado em trecho a jusante da Área 7, a montante da confluência com o TG42A, no qual é proposto o monitoramento de área não afetada. Assim, esse ponto pode representar a condição anterior à influência desse tributário.

4.2.4 Justificativa para Pontos Operação Águas

Os pontos Operação Águas foram adicionados ao programa de qualidade de água e sedimento porque foram solicitados na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA. Posteriormente, foram adicionados mais 31 pontos de amostragem por solicitação da CT-FLOR, totalizando 145 pontos de amostragem.

As coordenadas de 114 pontos foram definidas com base nos pontos acessíveis das fases Hélios e Argos da Operação Águas a partir de visitas técnicas realizadas por grupos de trabalho do IBAMA, enquanto as coordenadas dos outros 31 pontos de amostragem foram fornecidas pela própria CT-FLOR. Antes do início do monitoramento, tais pontos serão validados e ajustes nos locais de amostragem poderão ser realizados.



4.3 Frequência de Amostragem

4.3.1 Pontos PMQQVAI e Tipo 2

Para os pontos de amostragem situados em rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce), as amostras de água e sedimento serão coletadas a cada duas semanas (i.e., quinzenalmente) durante a execução das obras de intervenção e mensalmente após a construção estiver finalizada, de acordo com o estipulado na Deliberação CIF nº 17.

Para os pontos de amostragem posicionados em tributários, as amostras serão coletadas a cada duas semanas (i.e., quinzenalmente) durante a construção e após o término das obras, com amostragem semanal de turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT).

Três meses após a finalização das obras e monitoramento da qualidade da água e sedimento, os resultados serão avaliados e a frequência amostral será revisada com base na variabilidade dos dados coletados até aquele momento. Essa avaliação dos dados também poderá resultar no interrompimento do monitoramento da intervenção.

4.3.2 Pontos Tipo 1

Para os pontos de amostragem Tipo 1 o monitoramento consiste na medição de nível de água, de descarga líquida (vazão) e SST. A frequência de monitoramento é estabelecida a seguir:

- Nível de água será medido utilizando equipamento automático com leitura a cada 15 ou 30 minutos;
- Descarga líquida será medida manualmente de 12 a 15 vezes ao ano. Tais medições serão realizadas em situações de alto e baixo nível d'água. Para tanto, 9 medidas serão programadas para ocorrerem durante o período chuvoso e durante eventos de precipitação, sendo as demais medições a serem realizadas no período seco quando as vazões dos cursos d'água são reduzidas;
- SST será analisado simultaneamente com as medições de descarga líquida.

4.3.3 Pontos Operação Águas

Para os pontos de amostragem da Operação Águas, o monitoramento de sólidos totais, sólidos totais em suspensão (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e turbidez deve ser realizado semanalmente.

4.4 Parâmetros a Serem Monitorados

Nas seções a seguir são apresentados os parâmetros de qualidade a serem medidos em campo e avaliados em laboratório para amostras de água. Além dos parâmetros de qualidade propostos pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade de Água, foi mantida a avaliação de metais nas amostras de água, nas formas totais e dissolvidas, já que, como as análises de metais são feitas por varreduras de amplo espectro, o esforço adicional para determinar vários metais é relativamente pequeno.

A seção 4.4.1 apresenta os parâmetros químicos, físico-químicos e bacteriológicos a serem avaliados nas amostras de água e sedimento. Já as seções 4.4.3, 4.4.4 e 4.4.5 apresentam os parâmetros biológicos, a saber: macroinvertebrados bentônicos, fitoplâncton, zooplâncton, respectivamente.

Os parâmetros e a frequência do plano de amostragem são apresentados de maneira resumida **Tabela 3**.



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Tabela 3: Parâmetros e frequência de amostragem para qualidade de água e sedimento.

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Status das obras	Frequência de amostragem / medição
Pontos PMQVAI e Tipo 2 em Rios Principais				
RGN 06, RG-09, RG-10, RGN 08, RCA 02, RG-08, RC-01, RGN 01, RG-11, RG-12, RG-06, RG-07, RG-13, RG-01, RD-01, RG-04, RG-03, RG-02, RG-05, RD-02 e RD-03	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos	Em andamento	Quinzenal
			Concluídas	Mensal
	Sedimento	Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Em andamento	Quinzenal
			Concluídas	Mensal
Pontos PMQVAI e Tipo 2 em Tributários				
TG-22M, TG-11M, TG-13M e TG-14M	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos	N/A	Quinzenal
		Parâmetros: turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais		Semanal
	Sedimento	Parâmetros físico-químicos	N/A	Quinzenal
		Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos		
Pontos Tipo 1				
RGN 01, RD-03, CS-01, TG-42A-M, TG-49A-M, RCA 01, TC-02BL e RPG 01	Água superficial	Nível de água	N/A	A cada 15 ou 30 minutos
		Descarga líquida		12 a 15 vezes ao ano
		SST		



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros ⁽¹⁾	Status das obras	Frequência de amostragem / medição
Pontos Operação Águas				
ITS 01, ITS 02, ITS 03, ITS 04, ITS 05, ITS 06, ITS 07, ITS 08, ITS 09, ITS 10, ITS 18, ITS 17, ITS 16, ITS 15, NTG16, PS 03, NTG01, ITS 14, ITS 13, PS 04, ITS 12, TES 03, ITS 19, ITS 11, TES 02, ITS 20, ITG 07, GES 04, PS 13, ITG 08, ITG 09, DG 01, ITG 11, ITG 12, ITG 14, ITG 13, NTG14, DG 02, ITG 16, ITG 17, ITG 18, PS 11, NTG15, PS 10, ITG 19, GES 05, ITGE 19, ITG 20, ITG 21, ITG 22, ITG 23, ITG 24, NTG17, ITG 27, NTG18, NTG19, ITG 28, PS 08, ITG 29, ITG 30, ITG 31, ITG 32, ITG 33, ITG 34, ITG 35, ITG 36, ITG 37, ITG 38, ITG 39, PS 05, NTG02, ITG 40, ITG 41, ITG 42, ITG 43, ITG 44, NTG20, PS 07, ITG 45, ITG 46, ITG 47, ITG 48, ITG 49, ITG 50, NTG03, ITG 51, ITG 52, ITG 53, ITG 54, PS 09, ITG 55, ITG 56, ITG 57, NTG13, PS 06, ITG 58, ITG 59, NTG10, NTG04, NTG05, NTG11, NTG06, NTG21, ITG 60, ITG 60 - Ponto 02, DG 03, ITG 61, ITG 62, ITG 62 - Ponto 02, ITG 63, NTG07, ITG 64, NTG08, NTG09, ITG 65, ITG 66, ITGE 01, ITC 01, PS 14, NTC04, NTC01, NTC02, ITCE 01, ITC 02, ITCE 02, PS 15, NTC03, ITC 03, ITC 04, ITC 04 - Ponto 02, ITC 05, ITC 06, ITC 07, ITC 08, ITC 09, ITC 10, NTC07, NTC05, NTC06, ITC 11, ITC 12, NTD01, NTD02, NTD03 e NTD04	Água superficial	Parâmetros: turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais	N/A	Semanal



Nota:

(1) Listas completas dos parâmetros são apresentadas nas Tabelas 4 a 6.

4.4.1 Parâmetros, Químicos, Físico-Químicos e Bacteriológicos

Nesta seção são apresentados os parâmetros a serem mensurados em campo e em laboratório para os Pontos PMQQVAI, Tipo 2 e Operação Águas (Seção 4.4.1.1) e Tipo 1 (Seção 4.4.1.2), conforme especificado no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17. Os procedimentos de amostragem de água e sedimentos e análise dos parâmetros são apresentados no **Anexo C**. Neste anexo também são apresentados os limites de quantificação a serem atendidos pelos laboratórios.

4.4.1.1 Pontos PMQQVAI e Tipo 2

Parâmetros de Campo

A **Tabela 4** apresenta a lista de parâmetros que serão avaliados em campo nos pontos PMQQVAI, Tipo 2 e pontos Operação Águas.

Tabela 4: Medições de campo para monitoramento da qualidade da água.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	Unid. pH	Parâmetro básico necessário para avaliação conjunta da toxicidade de outros elementos na água.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Temperatura do ar	°C	Parâmetros básicos necessários para determinação de diversos outros parâmetros.
Temperatura da água	°C	
Oxigênio dissolvido	mg/L	Parâmetros básicos necessários para avaliar indiretamente a contaminação por substâncias biologicamente oxidáveis na água
Oxigênio dissolvido (saturação)	%	
Turbidez	UNT	Permite avaliar indiretamente a concentração de sedimento em suspensão na água

Nota: LQ = limite de quantificação; µS/cm = *microSiemens* por centímetro; mg/L = miligramas por litro; UNT = Unidades Nefelométricas de Turbidez.

(a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.

Análise Laboratorial

A análise das amostras será realizada por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e seguirá as instruções descritas no **Anexo C**.

Ressalta-se que os limites de quantificação em cada ensaio acreditado pelo INMETRO serão inferiores aos padrões de qualidade definidos para águas enquadradas como classe 2 segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008. Além disso, os limites de quantificação para as análises de metais em sedimentos serão também inferiores aos níveis de classificação estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454/2012.

Para a realização das análises laboratoriais, o laboratório terá pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, para a realização de todas análises químicas, físico-químicas e bacteriológicas para as duas matrizes em questão (água e sedimento). O laboratório responsável pelas análises emitirá laudos individualizados para cada ponto de monitoramento, podendo os laudos agrupar todos os parâmetros daquele ponto específico. Todos os laudos de análises laboratoriais serão atestados por profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Química (CRQ) ou ao Conselho Regional de Biologia (CRBio). Os laudos



originais de resultado de análises, bem como as memórias dos cálculos analíticos, serão arquivados pelo laboratório durante 05 (cinco) anos, de maneira acessível para posteriores avaliações técnicas da ANA.

Os parâmetros de qualidade da água a serem analisados incluem parâmetros convencionais, principais íons, nutrientes, metais totais e dissolvidos (**Tabela 5**). Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais e metais totais (**Tabela 6**).

Tabela 5: Parâmetros para monitoramento da qualidade de água.

Parâmetro	Unid.	Justificativa ^(a)
pH	-	Parâmetro básico necessário para determinação de diversos outros parâmetros.
Condutividade elétrica	µS/cm	Permite avaliar indiretamente alterações na composição iônica da água.
Sólidos totais	mg/L	Fornecer uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	
Sólidos suspensos totais	mg/L	
Sólidos sedimentáveis	mL/L	Identificado como um parâmetro de interesse associado ao rompimento da barragem de Fundão ^(b)
Cor verdadeira	mg Pt/L	Fornecer uma descrição geral da qualidade da água e é um parâmetro associado à presença de partículas na água
DBO, 5 dias, 20°C	mg/L de O ₂	Identificado como um parâmetro de interesse associado ao rompimento da barragem de Fundão ^(b)
Carbono orgânico total	mg/L	Parâmetro que avalia a presença de compostos oxidáveis biodegradáveis.
Clorofila-a	µg/L	Parâmetro complementar à DBO, avalia a presença de compostos orgânicos oxidáveis não biodegradáveis.
Nitrato	mg/L	Parâmetro utilizado para avaliar a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Nitrito	mg/L	
Nitrogênio orgânico	mg/L	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	
Fósforo total	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e decorrente da decomposição de substâncias nitrogenadas utilizadas no processo de tratamento de mineração. É um dos parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton.
Fósforo dissolvido	mg/L	Parâmetros associados ao lançamento de esgotos sanitários e um dos parâmetros determinantes para a ocorrência de florações de fitoplâncton Possibilitam o monitoramento dos efeitos potenciais relativos ao replantio ^(b) O Fósforo total foi identificado como parâmetro de interesse e os polifosfatos fornecem uma estimativa melhor das formas biodisponíveis ^(b)
Alumínio dissolvido e total	mg/L	Inclui parâmetros associados a atividades de mineração que foram detectados em níveis elevados após a ruptura da barragem ^(a)
Arsênio total	mg/L	
Ferro dissolvido e total	mg/L	
Manganês dissolvido e total	mg/L	Os resultados para metais dissolvidos fornecem estimativas melhores das formas biodisponíveis de cada metal ^(b)
Mercúrio total	mg/L	

Nota:

LQ = limite de quantificação; mg/L = miligramas por litro; µS/cm = microSiemens por centímetro; Pt = unidade de cor verdadeira; mg-N/L = miligramas de nitrogênio por litro; mg-P/L = miligramas de fósforo por litro; - = não aplicável.



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES



- (a) Justificativas conforme constam no documento anexo à Deliberação da CIF nº 17.
- (b) Justificativa elaborada pela Golder.



Tabela 6: Parâmetros para monitoramento da qualidade de sedimento.

Parâmetro	Unid.	Justificativa
Distribuição granulométrica	%	Fornecem uma descrição geral da qualidade do sedimento
Carbono orgânico total	%	As concentrações de metais também tendem a ter uma correlação com o teor de carbono orgânico e tamanhos de partícula mais finos
Fósforo Total	mg/kg	Nutrientes associados a processos de floração de fitoplâncton
Nitrogênio (Kjeldahl) Total	mg/kg	
Alumínio	mg/kg	Inclui parâmetros de interesse (por exemplo, ferro e manganês)
Arsênio	mg/kg	
Ferro	mg/kg	
Manganês	mg/kg	
Mercúrio	mg/kg	
Biodisponibilidade de metais	-	

Nota:

mg/kg = miligramas por quilograma; µg/kg = miligramas por quilograma; - = não aplicável;

4.4.1.2 Pontos Tipo 1

A análise de SST será realizada conforme especificado na Seção 4.4.1.1.

4.4.1.3 Pontos Operação Águas

A análise de SST, SDT, sólidos totais e turbidez será realizada conforme especificado na Seção 4.4.1.1.

4.4.2 Medição de Descarga Líquida

A medição de descarga líquida será realizada somente nos Pontos Tipo 1.

Os procedimentos de amostragem a serem empregados para a medição de descarga líquida são descritos no **Anexo C**.

4.4.3 Avaliação de Macroinvertebrados Bentônicos

O biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.

Os procedimentos de amostragem e análise de macroinvertebrados bentônicos são apresentados no **Anexo C**.

4.4.4 Avaliação do Fitoplâncton

O biomonitoramento de comunidades fitoplanctônicas será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.



Os procedimentos de amostragem e análise do fitoplâncton são apresentados no **Anexo C**.

4.4.5 Avaliação do Zooplâncton

O biomonitoramento de comunidades zooplancônicas será realizado nos Pontos PMQQVAI com frequência definida na **Tabela 3**.

Os procedimentos de amostragem e análise do zooplâncton são apresentados no **Anexo C**.

5.0 COMUNICAÇÃO E GESTÃO DE INFORMAÇÕES

5.1 Documentação de Campo

Os formulários de cadeia de custódia serão utilizados para relatar as condições de campo identificadas no momento da coleta, registro dos resultados das análises de campo além de rastrear o transporte das amostras até o laboratório.

As amostras serão entregues ao laboratório respeitando as devidas condições de preservação da amostra recomendadas para cada parâmetro (vide **Anexo C**), devidamente identificadas e acompanhadas das cadeias de custódias devidamente preenchidas conforme apresentado no **Anexo A**.

5.2 Gestão de Informações no Laboratório

A partir do recebimento das amostras no laboratório, estas amostras serão submetidas às respectivas análises conforme descritas no Anexo C.

Todos os resultados das análises de campo e de laboratório serão transcritos para uma planilha Excel para posterior carregamento no banco de dados Monitor Pro 5 (MP5).

5.3 Comunicação dos Dados

Os dados brutos de todas as amostragens manuais serão enviados aos órgãos ambientais participantes da CT-SHQA e ao CIF 10 dias após a emissão dos laudos pelo laboratório. Os resultados obtidos a partir do monitoramento dos pontos Operação Águas serão enviados também à CT-FLOR. Todos os dados serão disponibilizados via Sistema MP5 (Sistema atualmente utilizado pela Fundação Renova como banco de dados ambientais). Os dados serão continuamente alimentados no MP5, portanto, será enviado uma listagem quinzenalmente informando quais laudos de quais campanhas de amostragem foram carregados aos e-mails cadastrados a serem indicados posteriormente pela CT-SHQA.

6.0 RELATÓRIOS

Dado o início do monitoramento de qualidade de água e sedimento, relatórios trimestrais serão produzidos. Tais relatórios identificarão onde as amostragens ocorreram e onde as obras foram realizadas nesse período de três meses. Os dados disponíveis serão apresentados em formato tabular e alterações na qualidade da água ou sedimento será identificado.

Um relatório anual será elaborado contendo um resumo da amostragem realizada e uma atualização dos *status* das obras nas áreas prioritárias assim que as atividades de intervenção. Os padrões temporais e espaciais na qualidade da água e do sedimento também serão identificados e os resultados do monitoramento biológico serão discutidos.



7.0 EQUIPE TÉCNICA

Equipe técnica envolvida na elaboração do presente documento.

Nome	Formação
Helvécio Duarte	Engenheiro Ambiental
Augusto Oliveira	Analista Ambiental
Gabriela Mello	Engenheira Sanitarista, M.Sc.
Maurea Flynn (Consultora)	Especialista em Comunidades Biológicas, Ph.D.
J.P. Bechtold (Revisor)	Principal, Especialista de Qualidade de Água Sênior, M.Sc.
Antônio Freitas (Revisor)	Associate, Engenheiro Químico Sênior, Ph.D.

Equipe técnica da Fundação Renova responsável pela coordenação do PMQQS.

Nome	Instituição	Função
Thiago Marchezi Doelinger	Fundação Renova	Gerente Executivo de Programas Socioambiental
Yone Melo de F. Fonseca	Fundação Renova	Líder Programa de Programa Socioambiental
Allan Suhett Reis	Fundação Renova	Analista de Programa Socioambiental
Brígida Gusso Maioli	Fundação Renova	Especialista de Programa Socioambiental
Luciano França Rocha	Fundação Renova	Engenheiro de Automação
Mariana Barcelos C. Werneck	Fundação Renova	Analista de Meio Ambiente



8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, H.E.; Fu, G.; Boothman, W.; DiToro, D.M.; Mahony, J.D. 1991. Determination of acid volatile sulfide and selected simultaneously extractable metals in sediment. EPA. 1991.
- American Public Health Association (APHA). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.
- Angrisano, E. B. & Korob, P. G. Trichoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán, 2001.
- APHA. Standard methods for the examination of water and waste water, 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- AQEM - The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates. Manual for the application of the AQEM System, v. 1, 202p., 2002.
- AQEM consortium. 2002. Manual for application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002.
- Archangelsky, M. 2001. Coleoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán.
- Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT). 1987. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J.; Snyder, B. D. & Stribling, J.B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition. EPA, Washington, 1999.
- Bispo, P. C. e Crisci-Bispo, V. L. Ephemeroptera. In: Costa, C., IDE, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 55-60, 2006.
- Bottrell, HH.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurasawa, H.; Larsson, P.; Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norwegian Journal of Zoology, v.24: 419-56.
- Brinkhurst, R. O. & M. R. Marchese. Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp, 1989.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 2003. Invertebrates. 2. ed. Sinauer, Sunderland: 936pp, 2003.
- Callisto, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnologica Brasiliensis, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- Calor, A.R. Checklist dos Trichoptera (Insecta) do Estado de São Paulo. Biota Neotropica, v. 11 n.1, 2011.
- Calor, A.R. Trichoptera. In Guia on-line: identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. (C.G. Froehlich, org.),17p., 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.
- Coffiman, W. P. and Ferrington Jr., L. C. 1996. Chironomidae. Cap. 26. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.



Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no. 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo "Minas Gerais", 20/05/2008.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Resolução. 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

Costa, C. & IDE, S. Odonata. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 61-66, 2006.

Costa, J. M.; Souza, L. O. I. & Oldrini, B. B. 2004. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). Publicações Avulsas do Museu Nacional – n. 99 – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.

Courtney, G. W., Teskey, H. J., Merritt, R. W. and Foote, B. A. Part One; Larvae of Aquatic Diptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

Cranston, P. S., Oliver, D. R. & Sæther, O. A. 1983. The larvae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 2005.

Cummins, K. W.; Merritt R. W.; Andrade, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in south Brasil. Studies on neotropical fauna and environment, v. 40, n.1, 2005.

Daly, H. V. General Classification and Key to the Orders of Aquatic Insects and Semiaquatic Insects. Cap. 9. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

Da-Silva, E.R., Salles, F.F. & Baptista, M.S. As brânquias do gênero Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. Biota Neotropica, 2: 1-4, 2002.

Dias, L. G., Molineri, C. & Ferreira, P.S.C. Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia 47(19): 213-244, 2007.

Dias, L. G.; Salles, F. F.; Francischetti, C. N. & Ferreira, P. S. F. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. Biota Neotropica, v.6 n.1, p.1-6, 2006.

Domínguez, E.; C. Molineri; M. Pescador; M. Hubbard & C. Nieto. Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America. Volume 2, Moscow, Pensoft, 646 p., 2006.

Domínguez, E.; Hubbard, M. D., Pescador, M. L., Ringuet, R. A. Los Ephemeroptera en Argentina. IN: Fauna Dulce de República Argentina. La Plata: 142 pp, 1994.

Edmunds Jr., G. F. and Waltz R. D. Ephemeroptera. Cap. 11. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 126-163, 1996.

Elmoor-Loureiro, LM. 1997. Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Editora Universa. 156 p.

Fernández, H.R. & Domingues E. Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos Sudamericanos, Tucumán: Editorial, Universidad de Tucumán, 282p., 2001.

Ferreira, V.; Graça, M. A. S.; Feio, M. J. & Mieiro, C. Water quality in Mondego river basin: pollution and habitat heterogeneity. Limnetica. 23(3-4): 295-306, 2012.



- Ferreira, W.R. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009..
- Fittkau, E. J. & Roback, S. S. 1983. The larvae of Tanyptodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.
- Flint Junior, O.S., Holzenthal, R.W. & Harris, S.C. Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera). Ohio Biological Survey, Columbus, 239p.,1999.
- Gomes e Souza, MB. 2008. Guia das tecamebas: Bacia do Rio Peruaçu. Subsídio para a conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. belo Horizonte. Editora UFMG. 159 p.
- Grosso, M. L. 2001. Diptera: generalidades. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de tucumán, 2001.
- Guimarães, J. H. e Amorin, D. S. 2006. Diptera. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C.E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- Ide, S. e Costa C. Chave de Identificação para as Principais Ordens. Cap. 5. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (Eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 51-54., 2006.
- Junqueira, V. M. & Campos, S.C.M. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). Acta Limnol. Bras 10(2): 125-135. 1998.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. In Süßwasserflora von Mitteleuropa (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol.19/1. 548 p. 1998.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In Süßwasserflora von Mitteleuropa (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. vol. 19/2. 759 p. 2005.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. Algological Studies 56:247-345. 1989.
- Koste, W. & Robertson, BA. 1983. Taxonomics studies of the Rotifera (Phylum Aschelminthes) from a Central Amazonian varzea lake, Lago Camaleão (Ilha de Marchantaria, Rio Solimões, Amazonas, Brazil). Amazoniana, v.8, n.2: 225-254.
- Koste, W. & Shiel, RJ. 1986. Rotifera from Australian Inland waters I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta). Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v.37: 765-792.
- Koste, W. 1978. Rotatoria die radertiere mitteleuropas, Übeiorndung Monogononta. Berlim: Gebriieder Berträger, 1010 p.
- Lecci, L.S. & Froehlich, C.G., 2011. Taxonomic revision of Gripopteryx (Pictet, 1841) (Plecoptera: Gripopterygidae). Zootaxa, 2792: 1–21., 2011.
- Lloyd, M. & Ghelardi, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. Journal An. Ecology 33:217-225. 1964.
- Lobo, E. & Leighton, G. Estruturas comunitárias de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de La zona centras de Chile. Ver.Biol. Mar. Valparaiso, v. 22, n.1, p. 1-29. 1986.
- Lopretto, E. C & G. Tell. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata, 1995.
- Mariano, R. 2007. Trichoptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/



- Merritt, R. W. and Cummins, K. W. 1996. Introduction. Cap. 1. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722 p., 1984.
- Morse, J. C. and Holzenthal, R. W. 1996. Trichoptera Genera. Cap. 18. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Mugnai, R., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p., 2010.
- Nieser, N. & Melo, A.L. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais, Guia introdutório com chave de identificação para as espécies de Gerromorpha e Nepomorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte, 180 p., 1997.
- Nogrady, T. & Segers, H. 2002. Rotifera 6. The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. In.: Dumont, HJ. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 18. (Eds) Backhuys Publishers BV, Dordrecht, The Netherlands. 264 p.
- Nogrady, T.; Wallace, RL.; Snell, TW. 1993. Rotifera: biology, ecology and systematic. In: DUMONT, HJF. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic Publishing, v.1: 1- 142.
- Odum, E.G. 1983. Ecologia. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p.
- Olifiers, M.H., Dorvillé, L.F.M.; Nessimian, J.L. & Hamada, N. A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. Zootaxa, 652, p. 1-15, 2004.
- Oliveira, A. T. R. A. DE. Comunidade fitoplanctônica no monitoramento de rios do estado de São Paulo. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, 2012.
- Oliveira, L. G. Trichoptera. In: Costa, C., Ide, S. e Simonka, C. E. (eds.) Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.
- Paggi, C. Diptera: Chironomidae. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001
- Paprocki, H; Holzenthal, R.W. e Blahnik. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil. Biota Neotropica, v.4 n.1, 22p., 2004.
- Pérez, G.R. Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217p., 1996.
- Pes, A.M.O., Hamada, N. & Nessimian, J.L. Chave de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. Rev. Bras. Entomol. 49, p. 181-204, 2005.
- Pinder, L. C. V. & Reiss, F. 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. In: Wiederholm, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. Entomologica scandinavica supplement. Sandby, 1983.
- Pinho, L.C. Diptera. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 20p., 2008. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/.
- Reid, JW. 1985. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, v.9: 17- 143.
- Romero, F. Plecoptera. In: Fernández, H. R. & Dominguez, E. (eds). Guia para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.



- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.
- Round, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London. 1965.
- Round, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal 6(2):235-264. 1971.
- Salles, F. F.; DA- Silva, E, Serrão, J. E. & Francischetti C. N. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. Neotropica entomology. 33(5): 725-735, 2004 (a).
- Salles, F. F.; Da- Silva, E.; Hubbard, M. D. & Serrão, J. E.. 2004 (B). As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. Biota neotropica. 4 (2), 2004 (b).
- Salles, F.F. 2009. Lista das espécies de Ephemeroptera registradas para o Brasil. Disponível em: <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home>.
- Santos-Silva, EN. 2008. Calanoid Copepods of the Families Diaptomidae, Pseudodiaptomidae, and Centropagidae from Brazil. Biologia Geral e Experimental, v.8: p. 3-67.
- Schaden, R. 1985. Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas, 10: Rotifera. Sociedade Brasileira de Zoologia, São Paulo, 17p.
- Segers, H. & Shiel, R.J. 2003. Microfaunal diversity in a biodiversity hotspot: new rotifers from Southwestern Australia. Zoological Studies, v.42, n.4: 516-521.
- Segers, H. 1995. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta) In: Dumont, H.J.F. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Netherlands: SPB Academic, v.2. 226 p.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 1963.
- Shiel, R.J. & Koste, W. 1992. Rotifera from Australian inland waters VIII. Trichercidae (Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.116, n.1: 1- 27.
- Shiel, R.J. & Koste, W. 1993. Rotifera from Australian waters. IX. Gastropodidae, Synchaetidae, Asplanchnidae (Rotifera: Monogononta). Transact. Royal Society of South Australia, v.117: 111-139.
- Silva, WM. & Matsumura-Tundisi, T. 2005. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus Thermocyclops Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo state, Brazil, with description of a new species. Brazilian Journal of Biology, v.65, n.3: 521-531.
- Silva, WM. 2003. Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Tese de Doutorado. 154 f.
- Simpson, E.H. Measurement of diversity. Nature 163:688. 1949.
- Sinev, AY. 2001. Redescription of Alona glabra Sars, 1901, a South American species of the pulchella-group (Branchiopoda: Anomopoda: Chydoridae). Arthropoda Selecta, v.10, n.4: 273-280.
- Smirnov, N.N. 1974. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Chydoridae, v. 1, n. 2. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.
- Souza, L. O. I.; Costa, J. M. & Oldrini, B. B. Odonata. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.), 23p. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- Stewart K. W. and Harper, P. P. Plecoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- Trivinho-Strixino, S. & Strixino, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros. PPG- ERN/ UFSCAR, São Carlos.1995.



Tucci, A. Sucessão da comunidade fitoplânctonica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

Utermöhl, H. Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.

Van Damme, K.; Kotov, AA.; Dumont, HJ. 2005. Redescription of *Leydigia parva* Daday, 1905 and assignment to *Parvalona* gen. nov. (Cladocera: Anomopoda: Chydoridae). *Journal of Natural History*, v.39, n.23: 2125-2136.

Van Damme, K.; Kotov, AA.; Dumont, HJ. 2010. A checklist of names in *Alona* Baird 1843 (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) and their current status: an analysis of the taxonomy of a lump genus. *Zootaxa*, v.2330: 1–63.

Westfall Jr., M. J. and Tennesen K. J. 1996. Odonata. In: Merritt, R. W. & Cummins K. W. (eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 164-211.

White, D. S. and Brigham, W. U. 1996. Aquatic Coleoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 399-473.

Wiggins, G. B. 1996. Trichoptera Families. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3 .ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 309-349,1996.



Página de Assinaturas

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

Antônio Freitas
Engº. Químico Sênior

AF/JP/acs

Golder, Golder Associates e os símbolos GA e globo são marcas registradas da Golder Associates Corporation.

Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.130-151
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800

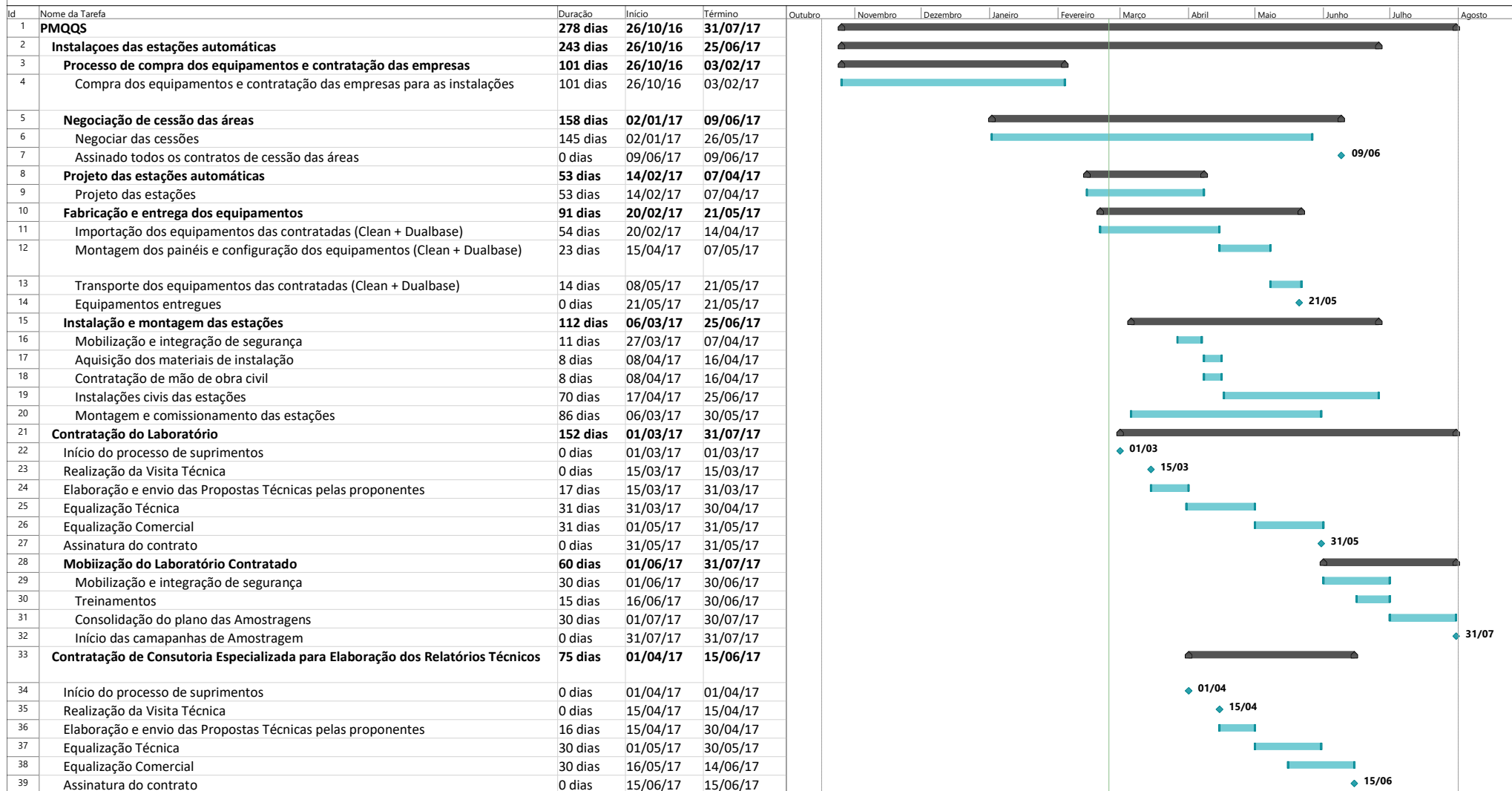




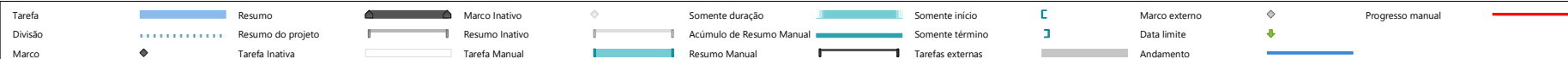
ANEXO E

Cronograma de Implantação do PMQQS (Elaborado pela Fundação Renova)

Implantação do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos- PMQQS



Implantação PMQQS



Como uma organização global de propriedade de seus colaboradores e mais de 50 anos de experiência, a Golder Associates é conduzida pelo nosso propósito de apoiar o desenvolvimento e preservar a integridade da Terra. Fornecemos soluções que ajudam nossos clientes a alcançarem seus objetivos de desenvolvimento sustentável, oferecendo-lhes uma ampla gama de serviços independentes de consultoria, projeto e gestão da construção em nossas áreas de especialização da engenharia da terra, do meio ambiente e da energia.

Para maiores informações, visite golder.com

África	+ 27 11 254 4800
Ásia	+ 86 21 6258 5522
Oceania	+ 61 3 8862 3500
Europa	+ 44 1628 851851
América do Norte	+ 1 800 275 3281
América do Sul	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Pernambuco, 1000 - 10º andar
Bairro Funcionários
Belo Horizonte - MG
CEP: 30.130-151
Brasil
T: +55 (31) 2121 9800





INFORMATIVO
RIO DOCE

EDIÇÃO
02

PERÍODO DE OBSERVAÇÃO: MAIO de 2017

O Boletim Informativo Rio Doce tem como objetivo disponibilizar informações atualizadas dos rios afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão de forma a atualizar a sociedade sobre a condição destes rios ao longo do monitoramento para recuperação da bacia.

Para acompanhamento das ações de recuperação da bacia do rio Doce, a Agência Nacional de Águas (ANA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) disponibilizam este Boletim Informativo mensal, com imagens e informações atualizadas em pontos de monitoramento nos rios do Carmo, Gualaxo do Norte e Doce, com objetivo de atualizar os interessados sobre a condição destes rios no período determinado.

Pontos de monitoramento conjunto (Colaboração: Fundação Renova, IEMA) em destaque nos meses de maio de 2017:



Rio Gualaxo do Norte
Fonte: Fundação Renova



Rio do Carmo em Barra Longa
Fonte: Fundação Renova



UHE Risoleta Neves / Candonga
Fonte: Fundação Renova



Rio Doce em Governador Valadares
Fonte: Fundação Renova



Rio Doce em Colatina (ES)
Fonte: IEMA



Rio Doce em Regência (ES)
Fonte: IEMA



Baixo Guandu (ES) - *Fonte: IEMA*



Lagoa Monsaras (ES) - Fonte: IEMA



Areal (ES) - Fonte: IEMA

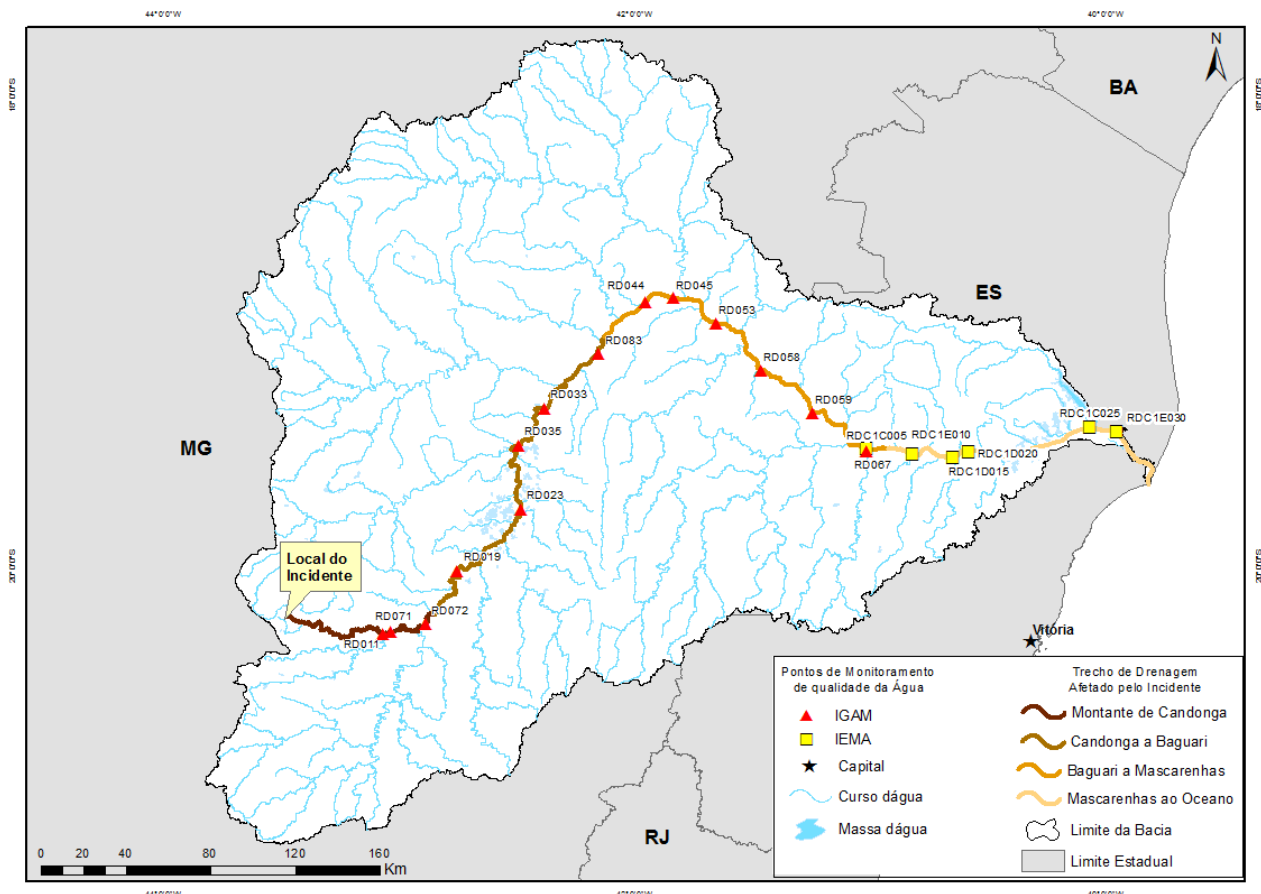


Lagoa Nova (ES) - Fonte: IEMA
Canal de ligação com rio Doce



Lagoa Pandolfi (ES) - Fonte: IEMA

No mapa abaixo são apresentadas as localizações das estações de monitoramento do **IGAM** e do **IEMA** ao longo do rio Doce.



Mapa: Localização das estações de monitoramento ao longo do rio Do

De acordo com os dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM para o monitoramento das águas do rio Doce nas últimas campanhas de março de 2017, a extrapolação aos limites de classe 2 de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº1/2008 foram:

- ❖ **Turbidez:** pelo menos em uma das três campanhas em março/2017 houve violação do limite legal nas estações de monitoramento, com exceção dos municípios de Rio Doce, Periquito, Gov. Valadares, Tumiritinga, Resplendor e Aimorés que ficaram abaixo do limite de classe 2 em todas as 3 campanhas.
- ❖ **Sólidos em suspensão totais:** em pelo menos uma das três campanhas de março/2017 houve violação do limite de classe 2 (100 mg/L) no rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e no rio Doce em Rio Casca e Conselheiro Pena.
- ❖ **Ferro dissolvido:** pelo menos em uma das três campanhas em março/2017 houve violação do limite de classe 2 nas estações de monitoramento, com

exceção do rio Gualaxo do Norte e no rio Doce nos municípios de Rio Casca, Ipatinga e Belo Oriente, que ficaram abaixo do limite de classe 2 em todas as 3 campanhas.

- ❖ **Manganês total:** nas últimas campanhas de março de 2017, houve violação do limite de classe 2 nas estações de monitoramento do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e no rio Doce nos municípios de Rio Doce, Rio Casca, Ipatinga e Belo Oriente.

Os metais ferro e manganês no rio Doce já apresentam resultados abaixo do máximo histórico do monitoramento do IGAM. Sendo que o maior registro de ferro ocorreu em Aimorés em 24/01/2005 (2,02 mg/L Fe) e de manganês no rio do Carmo (RD071) em 17/01/2012 (1,65 mg/L Mn).

- ❖ **Alumínio dissolvido:** nas três últimas campanhas de março de 2017 foram registradas violações no trecho entre Ipatinga e Aimorés, sendo estes valores próximos do limite de classe 2. Os valores mais elevados ocorreram nas estações RD045 (Jusante Gov. Valadares) – 0,159 mg/L Al, RD059 (Resplendor) – 0,149 mg/L Al e RD058 (C. Pena) – 0,137 mg/L Al. Observando que o limite de classe 2 para o parâmetro alumínio dissolvido é 0,1 mg/L Al.
- ❖ **Arsênio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel e mercúrio** estiveram em conformidade com o limite de classe 2 e dentro do esperado para a série histórica do IGAM desde janeiro de 2017.

Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC)

O TTAC, em suas cláusulas 177 e 178, estabelece que a Fundação Renova deverá desenvolver e implantar um programa de monitoramento quali-quantitativo de água e sedimentos para ser utilizado como referência no acompanhamento da recuperação do rio Doce. Tal programa será desenvolvido por meio da avaliação sistemática da qualidade e quantidade das águas e dos sedimentos por meio de uma rede de estações, considerando as intervenções implementadas em trechos da bacia do rio Doce.

A implantação dos **Programas de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas e dos Sedimentos no Rio Doce e zona costeira (PMQQS)** têm como objetivos:

- Determinar de forma sistemática, de parâmetros de qualidade das águas dos rios Doce, do Carmo e Gualaxo do Norte, de forma a permitir a identificação de anomalias, variações e tendências desses parâmetros;
- Acompanhar alterações abruptas de curto prazo na qualidade das águas, associadas a intervenções que venham a ser empreendidas na calha do rio Doce e seus tributários;

- Informar aos usuários sobre o estado das águas dos rios supracitados.

Para alcance dos objetivos propostos, serão monitoradas 56 estações ao longo do rio Doce e zona costeira com avaliação de 42 parâmetros físico-químicos. Haverá estações com biomonitoramento, ensaios ecotoxicológicos e medição de vazão e descarga líquida e sólida.

Além do rio Doce e lagoas marginais, também serão monitorados no PMQQS pontos localizados nos estuários capixabas e a zona costeira, estendendo esta do Sul do Espírito Santo até o Sul da Bahia.

Em março de 2017 já começaram os serviços de instalação, calibração, configuração dos instrumentos, comissionamento e start-up e acompanhamento de desempenho do sistema das estações automáticas estabelecidas para o PMQQS.

O acompanhamento de todas as ações acordadas é realizado pelos órgãos ambientais estaduais e federais signatários do TTAC, a saber: União, Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), representados pelo Advogado-Geral da União; estado de Minas Gerais e suas instituições (Instituto Estadual de Florestas – IEF, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM e a Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM); e estado do Espírito Santo e suas instituições (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo – IDAF e a Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH).

Descrição de cada estação e parâmetros avaliados:

ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS TIPO I PARÂMETROS:

- Temperatura do ar
- Nível d'água
- Turbidez em 5 pontos

ESTAÇÕES TIPO II - PARÂMETROS	FAIXA
Clorofila a	0 até 400 µg/L
Cianobactérias	0 até 100 µg/L (Ficocianina)
Condutividade	0 até 200 mS/cm
Temperatura	-5 até 50° C
Turbidez	0 até 4000 NTU
Oxigênio Dissolvido	0 até 50 mg/L
Oxigênio Dissolvido Saturado	0 até 100%
pH	0 a 14

RDO-01 – Primeira estação depois do encontro do rio Piranga e Carmo. A montante do lago da UHE de Candonga

Data de mobilização e início das atividades: 06/03/17



Poste e painel de monitoramento

RDO-02 – Estação a jusante do barramento da UHE de Candonga

Data de mobilização e início das atividades: 10/03/17



Poste e painel de monitoramento

RDO-03 - São Domingos do Prata, dentro do areal após a ponte da BR-262

Data de mobilização e início das atividades: 12/03/17



Catamaran



Poste e painel de monitoramento

 Captura de tela

Estação UMR-01

Data de mobilização e início das atividades: 10/03/17

Atividades Realizadas

- Realizado a entrega da UMR Flutuante e equipamentos na Fazenda;
- Aguardando data para instalação do equipamento;



Armazenamento da bóia e equipamentos na Fazenda

Estação UMR-02 - CANDONGA



ESTAÇÃO RDO-07 – Baguari – MG



Detalhe interno do painel



Visão geral da estação

ESTAÇÃO RSG-01 – Estação do rio Suaçuí Grande

Estação equipada com sensor de nível pressão absoluta, capacitivo e cerâmico. Também dotada de pluviômetro e sensor de temperatura.



Visão geral da estação

ESTAÇÃO RDO-09 – Tumiritinga – MG

Estação equipada com sensor de nível pressão absoluta, capacitivo e cerâmico. Também dotada de pluviômetro e sensor de temperatura.

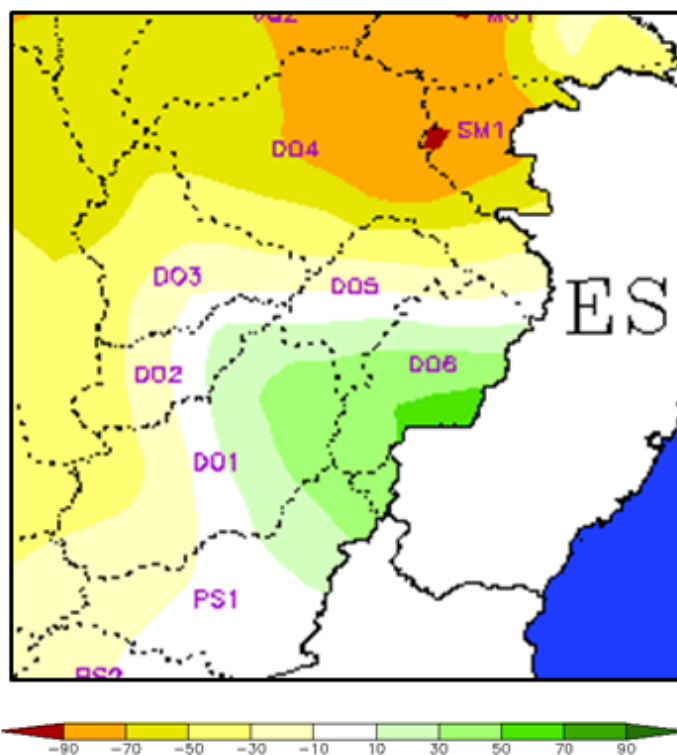
Informativo de Alertas disponíveis:

SIMGE - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais para a bacia do Rio Doce:

Na meteorologia, anomalia de precipitação é variação da chuva observada (para mais ou para menos) tendo como referência a média climatológica. A cor branca nas figuras indica as áreas em que a chuva ficou em torno da média. Já as cores em tons verdes representam as áreas em que a chuva ficou acima da média, conforme escala (em porcentagem). As áreas preenchidas em cores quentes são as chuvas abaixo da normal climatológica.

Conforme escala da Figura abaixo, em abril grande parte da bacia do Doce recebeu precipitações abaixo da normal climatológica, exceto em algumas áreas das UPGRHs DO1; DO5 e em toda DO6. A UPGRH DO4 apresentou as piores anomalias, cerca de 70% abaixo da climatologia.

No período de 01 a 12 de maio de 2017, a estação meteorológica de Governador Valadares, da rede do INMET, registrou 7 mm de chuva.



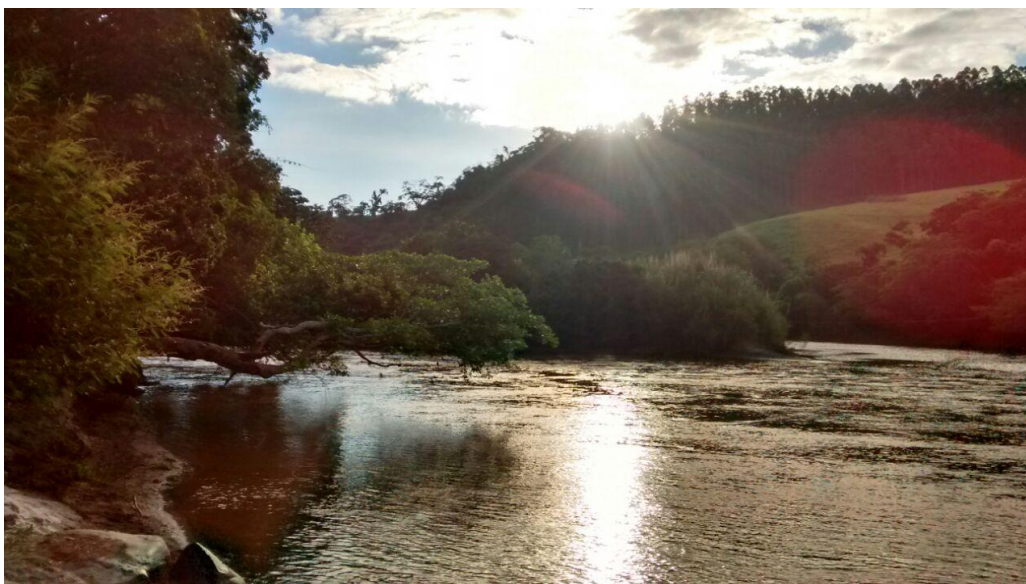
Anomalia de precipitação de Abril de 2017

Sistema Hidrológico de Alerta da Bacia do Rio Doce – CPRM

Previsões dos níveis dos rios monitorados pelo Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Doce nas estações pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional.

É só entrar no site e clicar em BACIA DO RIO DOCE – BOLETINS. Site:
www.cprm.gov.br/sace/doce

NOTÍCIAS



Rio Doce em Santa Cruz do Escalvado – Fonte: Fundação Renova

Em Fevereiro de 2017 ocorreu o **Workshop Manejo de Rejeitos** para a construção do Plano de Manejo de Rejeitos, em Belo Horizonte (MG), cujo objetivo foi debater soluções e contribuições para a elaboração do Plano de Ação.

Objetivo: Debater soluções e contribuições para a elaboração do Plano de Ação.

O Programa do Manejo de Rejeitos já esta sendo avaliado pelos órgãos ambientais para implantação imediata.

Nos dias 10 e 11 de Abril de 2017, aconteceu o Workshop **Intercâmaras sobre Água Tratada** com as Câmaras Técnicas de Segurança Hídrica e Qualidade das Águas, Saúde, Educação, Cultura, Lazer e Informação e a CT de Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social.

A proposta é de monitoramento e comunicação relacionada à qualidade da água para consumo humano nos municípios cujos sistemas de abastecimento foram afetados pelo rompimento da barragem de Fundão, tendo como público-alvo representantes da CT-Segurança Hídrica e Qualidade da Água; da CT-Saúde, Educação, Cultura, Lazer e Informação; da CT de Comunicação, participação, diálogo e controle social; gestores das Secretarias Estaduais de Saúde (ES e MG); gestores dos municípios cujos sistemas de abastecimento foram afetados pelo rompimento da barragem de Fundão (prefeitos, secretários municipais de saúde e responsáveis pelo abastecimento de água); representantes da Fundação Renova; e do CBH-Doce.

Objetivo: Apresentar e discutir proposta de monitoramento da qualidade da água tratada para avaliar sua potabilidade, bem como Plano de Comunicação relacionado à água para consumo distribuída para a população afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Aconteceu nos dias 3 e 4 de maio de 2017 em Belo Horizonte, o **Workshop: Reposição Florestal** ao longo do rio Doce, com o objetivo de apresentar e discutir proposta de reposição florestal na área afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Objetivo: Apresentar e discutir proposta de reposição florestal na área afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão.

No Programa de Reposição Florestal foram definidas metas:

- Restauração de 2000 hectares de APP (Áreas de Preservação Permanente) nas margens do rio Gualaxo do Norte, do município de Mariana até a UHE Risoleta Neves – Candonga;
- Recuperação de 40.000 hectares de APPs – 4000 hectares por ano durante 10 anos – 30.000 por regeneração natural e 10.000 por reflorestamento;
- Regeneração de 5.000 nascentes, 500 nascentes por ano durante 10 anos (em toda a bacia do rio Doce).

Em breve divulgaremos os resultados destes Workshops de construção dos Programas de Revitalização do Rio Doce.

