

# **ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO DOCE APÓS ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO, MARIANA – MINAS GERAIS**

**Ana Carolina Silva Borges<sup>1</sup>**  
**Margarete Aparecida Pereira<sup>2</sup>**

## **RESUMO**

Após o rompimento da barragem do Fundão, na cidade de Mariana - Minas Gerais, verificou-se a necessidade de se examinar a qualidade da água maior número de vezes, visto que surgiram várias hipóteses de contaminação por metais pesados advindos dos rejeitos da referida barragem. A grande preocupação se deve ao fato que os rios atingidos pertencem a Bacia do Rio Doce, que banha parte de Minas Gerais e Espírito Santo até desaguar no mar. O presente trabalho compara os resultados das análises dos parâmetros de Al, Fe, Pb e Mn na água em três pontos de monitoramento localizados na calha do Rio Doce disponibilizados pelo IGAM. Foi verificado um aumento destes parâmetros imediatamente após o rompimento e posterior diminuição dos mesmos.

Palavras chaves - Rio Doce. Acidente ambiental. Barragem. Análise da Água.

---

Artigo apresentado para conclusão do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário UNA Belo Horizonte, MG.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária. UNABH, 2016, MG. E-mail: [carolinaborgesmk@yahoo.com.br](mailto:carolinaborgesmk@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Mestre em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto. Professora de hidrologia e gestão de recursos hídricos - Curso de Engenharia Ambiental - Centro Universitário Una. Email: [margarete.pereira@prof.una.br](mailto:margarete.pereira@prof.una.br)

## **1. INTRODUÇÃO**

A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber as condições e características de um recurso hídrico antes de utilizá-lo para determinados fins. Pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e pode ser modificada devido a interferências antrópicas e condições naturais (SPERLING,1998).

O Brasil é bastante privilegiado quando o assunto é disponibilidade hídrica, possui cerca de 12% do montante total da água potável mundial. Na região sudeste do Brasil encontra-se somente 6% da concentração dos recursos hídricos de todo país (PENA,s.d.) Circunscrito na região sudeste do Brasil mais precisamente nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, se encontra uma das mais importantes bacias Hidrográficas da região, a Bacia Hidrográfica do Rio Doce (SOUZA et al., 2010).

No dia 05 de novembro de 2015, aconteceu o rompimento da barragem de rejeitos do Fundão e o galgamento da barragem de rejeitos de Santarém em Mariana – Minas Gerais, na cabeceira da bacia hidrográfica do Rio Doce. O volume estimado de rejeito despejado na Bacia do Rio Doce foi de 34 milhões de m<sup>3</sup>, 68% do total armazenado (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016). Mediante a isto e da gravidade dos impactos gerados, tanto no curso d'água quanto na comunidade em geral, verificou-se a necessidade de estudar os efeitos do acidente sobre a qualidade da água na referida bacia.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de comparar os resultados das análises da qualidade da água na Bacia do Rio Doce nos trechos atingidos pela lama de rejeitos, a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), antes e depois do acidente Ambiental.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA**

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD) possui área de drenagem de 86.715 Km<sup>2</sup>, dos quais 86% localizam-se no leste mineiro e o restante no nordeste do Espírito Santo.

Em Minas Gerais a bacia é dividida em seis Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos – UPGRHs: Rio Piranga (DO1), Rio Piracicaba (DO2), Rio Santo Antônio (DO3), Rio Suaçuí (DO4), Rio Caratinga (DO5), Rio Manhuaçu (DO6), como mostrado na Figura 1. No Espírito Santo, não há subdivisões administrativas. Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) dos Rios Santa Maria do Doce, Guandu e São José assumem as funções das unidades existentes em MG (SOUZA et al., 2010).

O Rio Doce tem extensão de 879 Km e seus principais tributários estão localizados em Minas Gerais, com nascentes localizadas nas Serras da Mantiqueira e do Espinhaço. O relevo da bacia é ondulado, montanhoso e acidentado. A Bacia do Rio Doce possui rica biodiversidade, sendo que 98% de sua área está inserida no bioma de Mata Atlântica, um dos mais importantes e ameaçados do mundo. Os 2% restantes são de Cerrado (SOUZA et al., 2010).

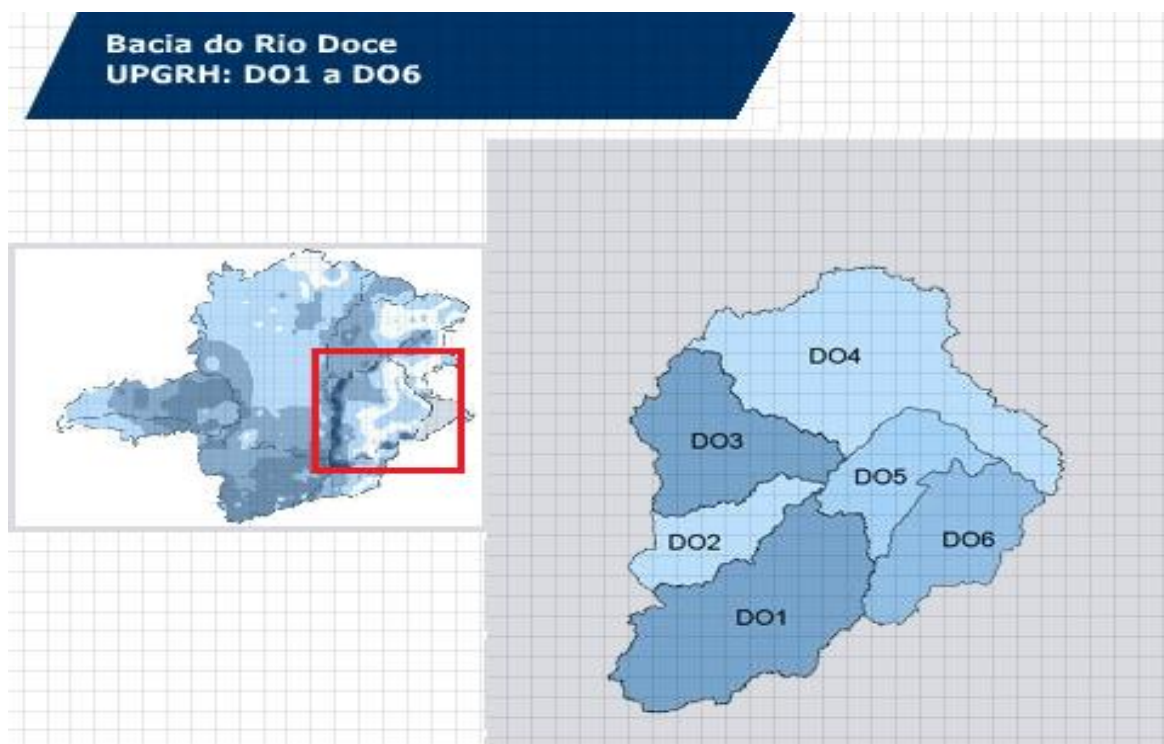


Figura 1- UPGRHs da Bacia do Rio Doce em Minas Gerais. Fonte: Elaborado pela autora do artigo

A população da Bacia do Rio Doce, estimada em torno de 3,5 milhões de habitantes, está distribuída em 228 municípios, sendo 202 mineiros e 26 capixabas. Mais de 85% desses municípios têm até 20 mil habitantes e cerca de 73% da população total da bacia concentra-se na área urbana, segundo dados de 2007. Nos municípios com até 10 mil habitantes, 47,75% da população vive na área rural (SOUZA et al., 2010).

O sistema de drenagem é importante em sua economia, fornecendo água para uso doméstico, agropecuário, industrial e geração de energia elétrica. Os rios da região funcionam, ainda, como canais receptores e transportadores de rejeitos e efluentes (SOUZA et al., 2010).

A atividade econômica na área é diversificada. Na agropecuária, lavouras tradicionais, cultura de café, cana de açúcar, criação de gado de corte e leiteiro, suinocultura, dentre outras. Na agroindústria, produção de açúcar e álcool. Destacam-se, ainda, indústrias de celulose e laticínios, comércio e serviços voltados aos complexos industriais, bem como geração de energia elétrica, com grande potencial de exploração e a mineração, de ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas entre outros (SOUZA et al., 2010).

No passado, uma das principais atividades econômicas foi a extração de ouro, que determinou sua ocupação. Na atualidade a região possui o maior complexo siderúrgico da América Latina, inseridos neste complexo encontra-se empreendimentos de grande porte como a Belgo Mineira, a ACESITA e a USIMINAS, associadas às empresas de mineração como a Vale do Rio Doce e a Samarco, além de reflorestadoras que cultivam o Eucalipto para as indústrias de celulose (SOUZA et al., 2010).

## 2.2. ENQUADRAMENTO DA BACIA

As águas doces do território nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em 5 classes de qualidade, conforme Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. A maior parte dos cursos d'água pertencentes à bacia do Rio Doce se enquadram nas Classes 1 e 2, como mostrado na Figura 2, de acordo com a proposição de enquadramento do Plano

Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia Do Rio Doce – PIRH Doce (SOUZA et al.,vol3, 2010).

De acordo com o artigo 4º da referida resolução os cursos d'água classificados como classe 1 podem ser destinados para os seguintes usos:

- “a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;*
- b) à proteção das comunidades aquáticas;*
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;*
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e*
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. “*

Os cursos d'água classificados como classe 2 podem ser destinados para os seguintes usos:

- “a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;*
- b) à proteção das comunidades aquáticas;*
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;*
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e*
- e) à aquicultura e à atividade de pesca” (BRASIL,2005).*

### 2.3. MINÉRIO DE FERRO

No Brasil, as maiores empresas produtoras de Minério de ferro são a Vale com 84,52%, CSN com 5,45% e a Samarco com 6,29%, sendo que o estado que mais produz é Minas Gerais com 67%, aproximadamente 263 milhões de toneladas e em sua grande maioria produzidos no Quadrilátero, seguido pelo Pará com cerca de 29,3% (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO,2012).

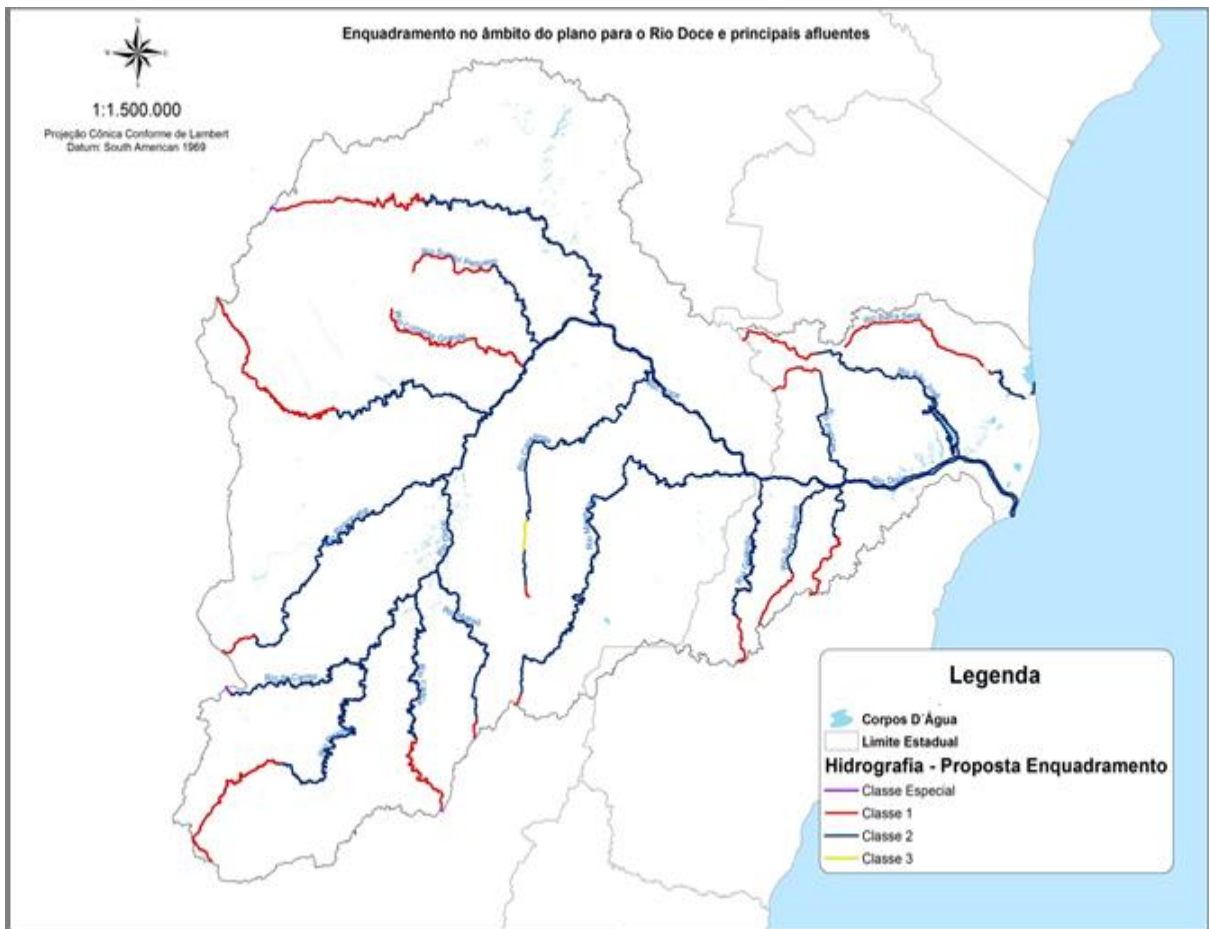


Figura 2 - Proposta para enquadramento do Rio Doce e principais afluentes.  
 Fonte: Elaborado pela autora do artigo.

O Quadrilátero Ferrífero está localizado na porção centro sul de Minas Gerais, possui cerca de 7000 Km<sup>2</sup> de área, é conhecido internacionalmente por ter significativos recursos minerais, em especial ferro e ouro. Trata-se de uma área de grande importância econômica e histórica, pois possui grande relevância para o entendimento da história geológica do país e do desenvolvimento da sociedade mineira (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO,2012).

A cidade de Mariana mantém uma relação íntima com a exploração de recursos minerais, desde o século XVIII a mineração se faz presente, mas foi entre as décadas de 1960 a 2010 que a cidade viu sua economia emergir com a implantação das mineradoras S.A. Mineração Trindade (Samitri), posteriormente Samarco Mineração, e da Vale (FAGUNDES,2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2010, dos mais de 2,7 bilhões produzidos na cidade de Mariana 75% vêm da mineração (AZEVEDO et al, 2012). Segundo dados do Informe Mineral do Departamento

Nacional de Pesquisa Mineral de 2014, Mariana era o segundo município brasileiro em arrecadação da Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais (CFEM) (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL, 2014).

### **2.3.1 Rejeitos e disposição**

Para obtenção do concentrado de ferro, o minério bruto é submetido a etapas sucessivas de peneiramento, britagem, moagem, deslamagem e flotação, sendo que a maior parte desses processos envolve o uso da água. Por isso geralmente os rejeitos de minério de ferro apresentam-se na forma de polpas, constituídas por uma fração líquida e uma sólida (SANTOS; CURI; SILVA, 2010).

A forma mais comum de disposição deste rejeito é em superfície, onde o material é acomodado em barragens ou diques; em pilhas de rejeito se o material estiver na forma sólida; ou na própria mina, em áreas já lavradas ou minas abandonadas (SANTOS; CURI; SILVA, 2010).

### **2.3.2 Barragem do Fundão - Mariana /MG**

A Barragem do Fundão era utilizada para deposição de rejeitos da mineração de ferro e situa-se no vale do córrego de Fundão, situado em vale adjacente ao reservatório do Germano, conforme Figura 3.

A barragem foi projetada com método construtivo para alteamentos a montante. Sendo que sua construção é feita com um dique inicial e diques de alteamento no talude de montante com material de empréstimo como estéreis de lavra ou grossos da ciclonagem. Cabe destacar que este tipo de alteamento não é recomendado para grandes volumes de água e possui baixa segurança porque não é possível a implantação de drenagem interna o que pode causar instabilidade e *piping* da estrutura (SANTOS; CURI; SILVA, 2010).

A referida barragem era composta pelos Diques 1 e 2 e foi projetada de modo que o reservatório do primeiro fosse preenchido seguindo uma taxa de elevação superior ao segundo. Anteriormente ao rompimento de Fundão, o Dique 2 encontrava-se submerso pelos rejeitos dispostos no reservatório do Dique 1 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL, 2016).



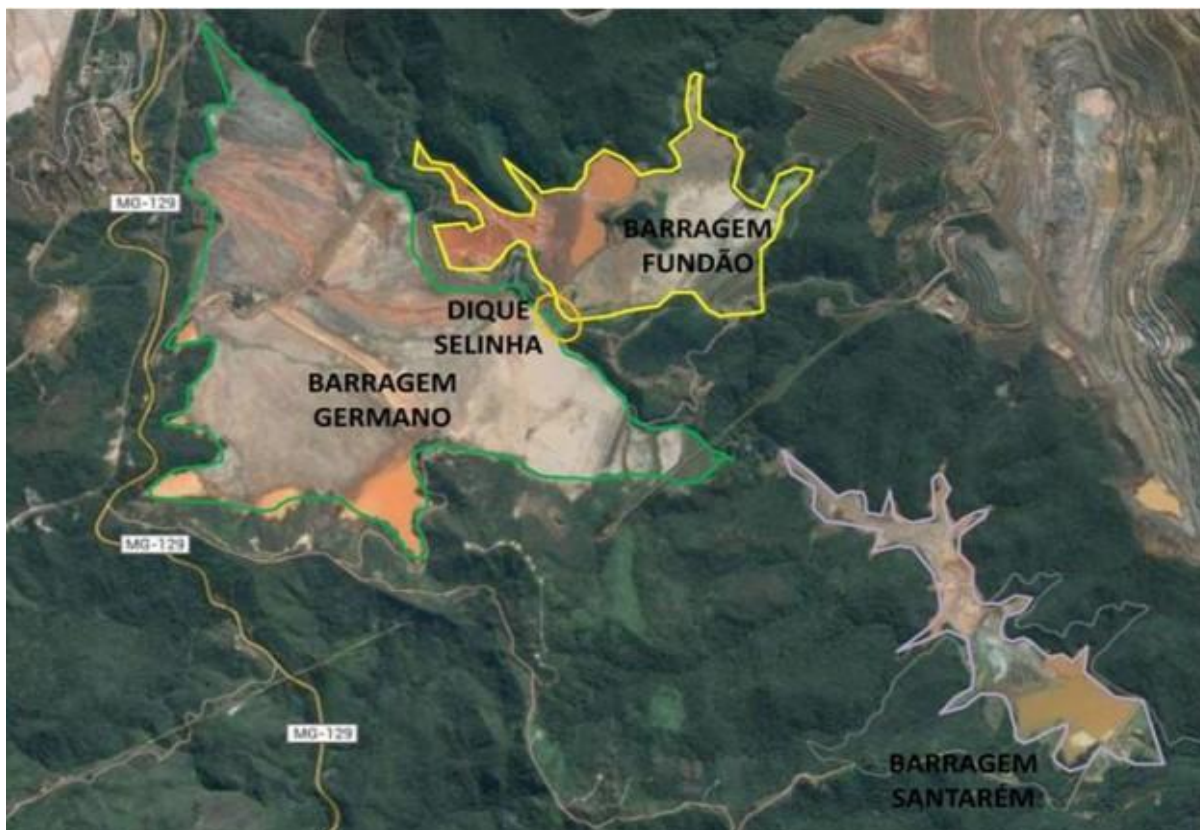


Figura 3 - Localização da Barragem do Fundão. Fonte: Fundação Estadual Do Meio Ambiente (2016).

O rompimento da Barragem do Fundão causou efeito em cadeia, provocando o galgamento da Barragem Santarém, que acumulava água. O material da barragem rompida chegou a barragem de Santarém e a água ali contida diluiu o rejeito. Tal fato provocou aumento da velocidade da lama, causando vários danos ambientais e sociais por toda a bacia do Rio Doce (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2016).

#### 2.4. MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Tecnologia em Meio Ambiente tem contrato firmado com o IGAM para o monitoramento da qualidade das águas do estado de Minas Gerais para o Projeto Águas de Minas. Este programa é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais desde 1997. Os dados gerados são indispensáveis ao gerenciamento dos recursos hídricos e disponibiliza série histórica da qualidade das águas no estado . O monitoramento da Bacia do Rio doce contempla 64 estações de amostragem de água, sendo que 12 estações de monitoramento são localizadas na calha do Rio Doce, suas coletas e análises são



realizadas mensalmente. Nas outras 52 estações são realizadas coletas e análises laboratoriais com periodicidade trimestral com avaliação de aproximadamente 50 parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2015).

Em decorrência do rompimento da barragem o IGAM intensificou o monitoramento já executado na bacia por meio a elaboração de um plano de monitoramento emergencial da qualidade das águas dos principais corpos d'água afetados pelo desastre. Este plano contemplou:

- a. A seleção dos pontos, incluindo as 12 estações da calha do Rio Doce, afim de facilitar a comparação com os dados históricos já realizados pelo IGAM ao longo dos últimos anos.
- b. Parâmetros e frequência das coletas das amostras, com o objetivo de avaliar o grau de interferência dos recursos hídricos afetados.
- c. Desta forma, foi possível a avaliação dos níveis de poluição e degradação ambiental por comparação da série histórica.”

Os parâmetros foram selecionados para avaliação das possíveis alterações dos corpos de água em função das características do rejeito e da capacidade de arraste e revolvimento de material de fundo com o deslocamento da pluma. Foi definida frequência diária para as amostragens das águas superficiais. Após as coletas, foram avaliados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, turbidez e arsênio total, bem como os metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, cobre dissolvido, cromo total, cádmio total, chumbo total manganês total, mercúrio total e níquel total (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2015)

Cabe ressaltar que o art. 7º da Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece os padrões de qualidade das águas e os limites individuais para cada substância em cada classe, sendo que eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não na Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos (BRASIL,2005).

Salienta-se que caso os parâmetros analisados estejam acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005, causarão danos para o meio ambiente e ainda para toda a comunidade que é dependente deste recurso. Os valores máximos permitidos para cada parâmetro serão discriminados nas análises dos resultados.

### **3. MÉTODOLOGIA / COLETA DE DADOS**

A revisão bibliográfica se mostra de grande importância para a elaboração deste trabalho, pois, trata-se de um apanhado geral sobre os principais artigos já realizados, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema (MATTAR, 1996).

A revisão bibliográfica teve como base consultas em revistas, sites, pareceres técnicos, artigos técnicos científicos, Resolução CONAMA 357/2005 e relatórios disponibilizados pelo IGAM e Agencia Nacional de Águas – ANA.

Para a avaliação do impacto do rompimento da Barragem de Fundão foram utilizados dados e informações, gentilmente fornecidos pelo IGAM. Para a descrição da situação da qualidade do Rio Doce foi utilizada pesquisa qualitativa comparando os dados históricos a partir de 2010, com os resultados após o acidente pois este fato definiu o campo e a dimensão em que o trabalho se desenvolveu. Em certa medida, os métodos qualitativos se assemelham a procedimentos de interpretação de dados que se utiliza no dia-a-dia, trata-se de dados simbólicos que revelam parte da realidade. Os métodos qualitativos trazem como contribuição ao trabalho de pesquisa uma mistura de procedimentos de cunho racional e intuitivo capazes de contribuir para melhor compreensão dos fenômenos (NEVES,1996).

Os dados denominados pela metodologia de pesquisa como dados secundários são disponibilizados pelo IGAM no Portal InfoHidro que é parte do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos – InfoHidro. No referido sistema se encontram informações sobre cobrança, cadastro de usuários de recursos hídricos, enquadramento de corpos d'água, planos diretores e plano estadual, bases cartográficas e outras informações técnicas referente a recursos hídricos no Estado e seu principal objetivo é coletar, tratar, armazenar, recuperar, disponibilizar e divulgar as informações que subsidiam a gestão das águas. Ainda foi

utilizado o Sistema de Cálculo de Qualidade de Água – SCQA, uma ferramenta do sistema InfoHidro que possui um banco de dados, onde estão inseridos os resultados das análises de coletas de águas superficiais e relatórios sobre a qualidade dos cursos d'água de Minas Gerais, para obtenção dos dados (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUA, s.d.).

Nesse sentido, cabe destacar que serão analisados os resultados do monitoramento emergencial nas estações RD074 – Rio Doce, que se encontra na cabeceira do Rio Doce; RD045 – Governador Valadares, situada mais ao centro da bacia; e RD067 – Aimorés, localizado no ponto mais a jusante da Bacia do Rio Doce próximo da divisa de Minas Gerais com o Espírito Santo, conforme Figura 4. E para comparação utilizou-se os resultados de dados históricos do monitoramento regular a partir do ano de 2010 para as mesmas estações.

#### Estações de Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Doce

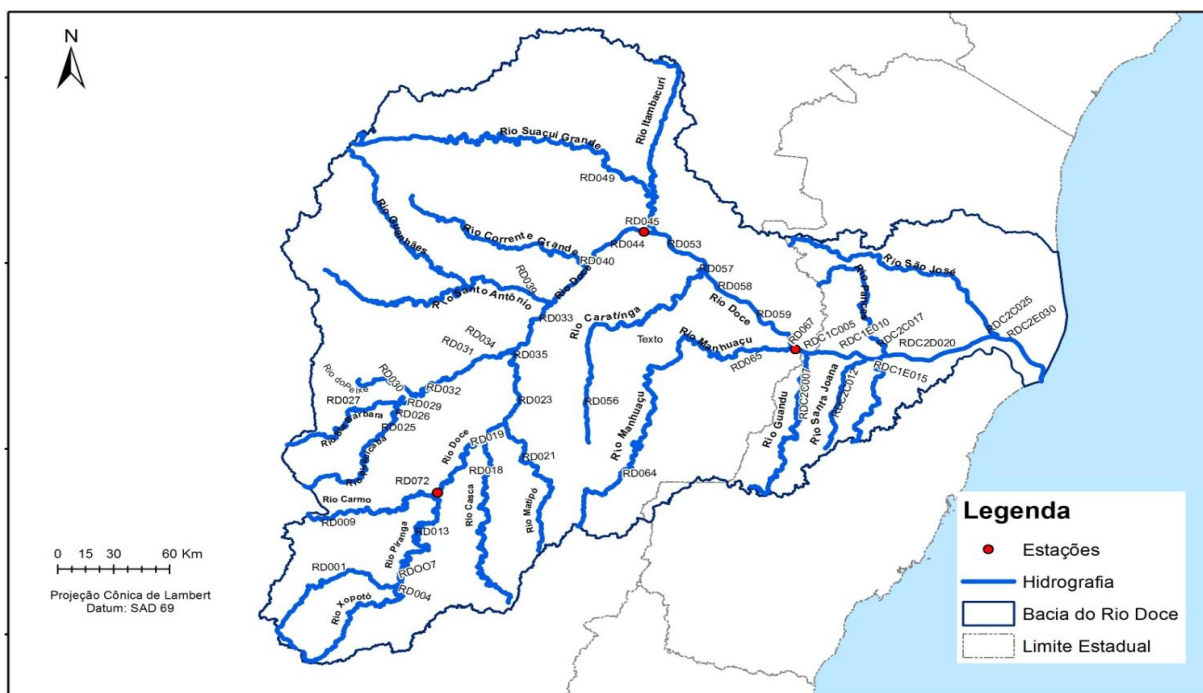


Figura 4 - Estações de Monitoramento da Qualidade da Água na Calha do Rio Doce. Fonte: Elaborado pela autora do artigo.

Os mapas hidrológicos foram confeccionados em *software ArcGis 10*, disponibilizado pelo laboratório do Centro Universitário Una. Foram utilizados *shapefiles* disponibilizados pelo IGAM, com objetivo de mostrar a localização dos pontos de monitoramento (Figura 4) e Bacia Hidrográfica (Figura 2). Considerando

que os metais em geral apresentam grande risco para a comunidade abastecida pelos cursos d'água, serão comparados os resultados das análises dos parâmetros: Alumínio Dissolvido, Chumbo Total, Manganês Total e Ferro Dissolvido.

Para organização dos resultados utilizou-se a estatística descritiva por meio de tabulação parcialmente manual e eletrônica, aonde os dados coletados foram organizados manualmente e calculados eletronicamente por fórmulas. Os dados obtidos foram analisados e organizados em tabela conforme Apêndice A, para elaboração de gráficos que facilitarão a leitura, comparação e análise dos resultados e para isto foi utilizado o Excel® (GUIMARÃES,2008).

#### **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O monitoramento diário na calha do Rio Doce foi iniciado no dia 07 de novembro e a partir de 3 dezembro as coletas passaram a ser semanais. As amostras são retiradas pelo laboratório responsável no dia seguinte após realizadas as coletas. O tempo de realização da análise de cada parâmetro pode variar de poucos minutos até 36 horas, como é o caso das análises dos metais (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUA, 2016).

Metais pesados são conhecidos por apresentar efeitos nocivos à saúde e podem ser definidos por sua singular propriedade de serem precipitados por sulfetos. Cursos d'água que recebem cargas de efluente contendo metais pesados apresentam elevadas concentrações destes no sedimento de fundo. Desta forma, podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros (PIVELLI, 2000).

##### **4.1. ALUMÍNIO DISSOLVIDO**

A figura 5 mostra os valores de alumínio dissolvido obtidos no período de 7 de novembro a 13 de Janeiro de 2016 para a estação de monitoramento (RD072) e no período de 7 de novembro a 20 de janeiro de 2016 nas estações de amostragem (RD045 E RD067) localizadas no Rio Doce.

A maioria dos resultados, nestes pontos de monitoramento, apresentaram valores acima do limite estabelecido para a classe de enquadramento, acima do máximo histórico do monitoramento e acima da média do monitoramento histórico, com exceção do ponto (RD072) que em 13 de janeiro apresentou valores inferiores ao valor máximo, média do monitoramento e limite estabelecido para classe na Resolução CONAMA 357, indicando possível tendência à normalidade.

A maior preocupação relacionada a este elemento se deve ao fato do mesmo estar associado ao mal de Alzheimer (PIVELLI, 2000).

#### 4.2. FERRO DISSOLVIDO

Na Figura 6 estão apresentados os valores Ferro Dissolvido obtidos no período de 7 de novembro a 13 de janeiro de 2016 para a estação de monitoramento (RD072) e no período de 7 de novembro a 20 de janeiro de 2016 nas estações de amostragem (RD045 E RD067) todas localizadas no Rio Doce.

Nas estações de amostragem, mesmo após a passagem da lama, os valores foram inferiores a 7 mg/L (RD072). Contudo, os resultados de ferro obtidos até o momento demonstraram que em cada ponto de monitoramento ocorreram oscilações dos valores ao longo dos dias a partir da data do pico do rejeito, sendo que, os valores ainda permanecem acima do limite de classe 2, do valor máximo e da média do monitoramento nas estações (RD045 e RD067). Já na estação RD072 em 13 de Janeiro de 2016 o resultado da análise se encontrou abaixo dos três limites.

O ferro confere sabor e cor à água, pode provocar manchas em roupas e utensílios sanitários e ainda problemas de desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição e também problemas no tratamento de água (PIVELLI, 2000).



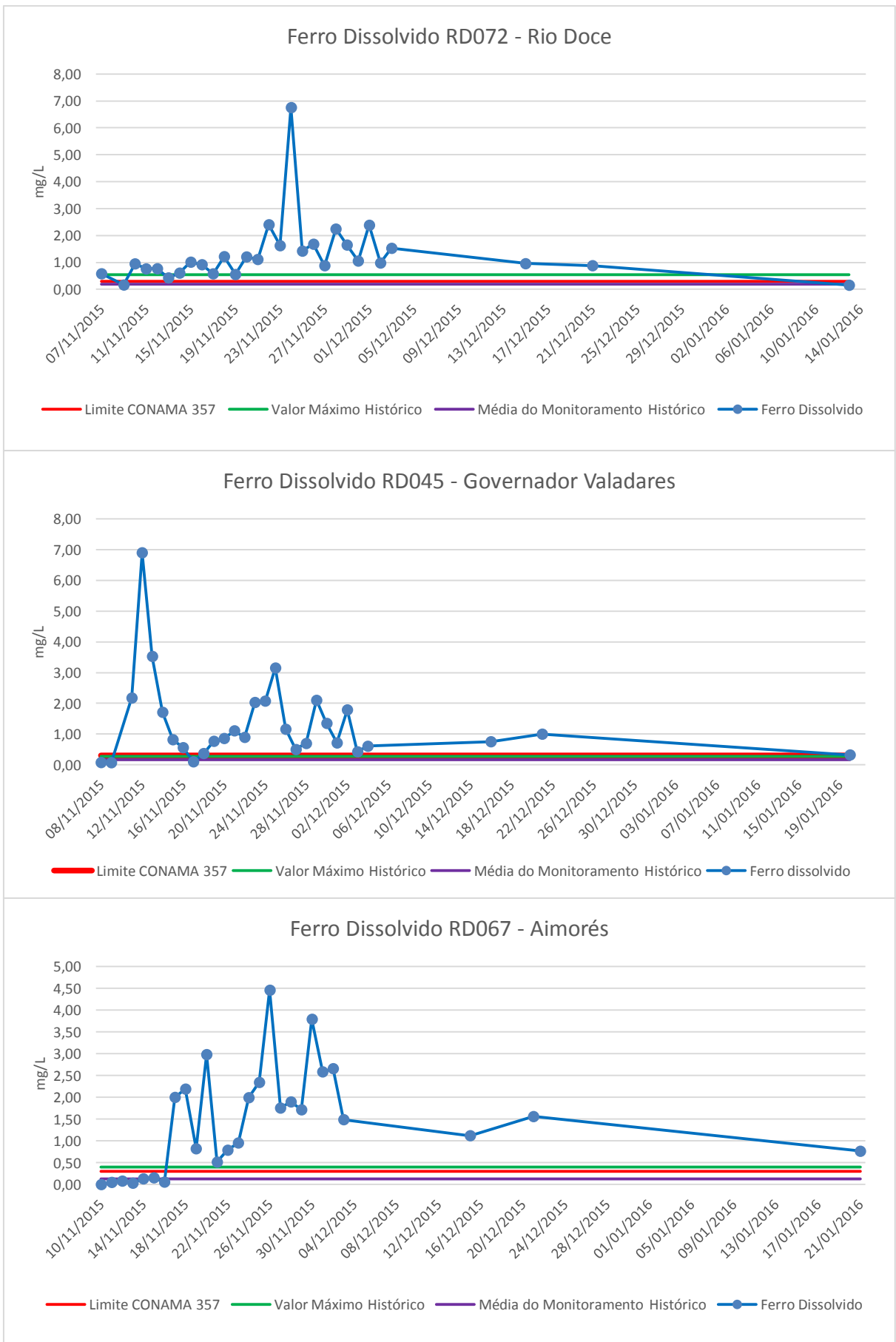


Figura 6 - Resultado das Análises de Ferro Dissolvido. Fonte: Elaborado pela autora do artigo.



### 4.3. MANGANÊS DISSOLVIDO

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara, a concentração de manganês menor que 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar nos estados de oxidação  $Mn^{+2}$  (forma mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (forma menos solúvel) (PIVELLI, 2000).

Na Figura 7 são apresentados os valores de manganês total obtidos no monitoramento emergencial, entre os períodos de 7 de novembro a 13 de janeiro de 2016 para a estação de monitoramento (RD072) e no período de 7 de novembro a 20 de janeiro de 2016 de dezembro nas estações de amostragem (RD045 E RD067).

Em todas as três estações os valores de Manganês estão em desconformidade com o limite legal para classe na Resolução CONAMA 357, valor máximo e média do monitoramento histórico, apresentando em alguns pontos isolados ficar abaixo dos limites. Na estação RD072 o valor máximo foi de 15,01 mg/L cerca de 15.000 vezes maior que o máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357, os resultados das análises apresentaram muita variação, só esteve abaixo do valor máximo histórico em 21 de dezembro de 2015, mas mesmo nessa condição continuou acima dos limites da Resolução e média do monitoramento. Somente em 14 de janeiro de 2016 esteve abaixo do limite da média do monitoramento e máximo histórico.

Na estação RD045 obteve-se o maior valor de Manganês dissolvido no dia 11 de novembro de 2015, 40,8 mg/l cerca de 40.800 vezes maior que o permitido pela Resolução, porém este valor logo apresentou queda e após 3 dias já apresentou resultado de 0,74 mg/L, tendo uma diminuição de 98,19%, mesmo assim ficando acima de todos os limites em todas coletas. Na estação RD067 os valores das análises não foram tão discrepantes, mas esteve acima dos limites nas maiorias dos dias coletados, com exceção do dia 21 de dezembro que apresentou valor abaixo da Resolução CONAMA 357 e do valor máximo do monitoramento histórico, porém em 20 de janeiro de 2016 apresentou grande elevação no resultado da análise.

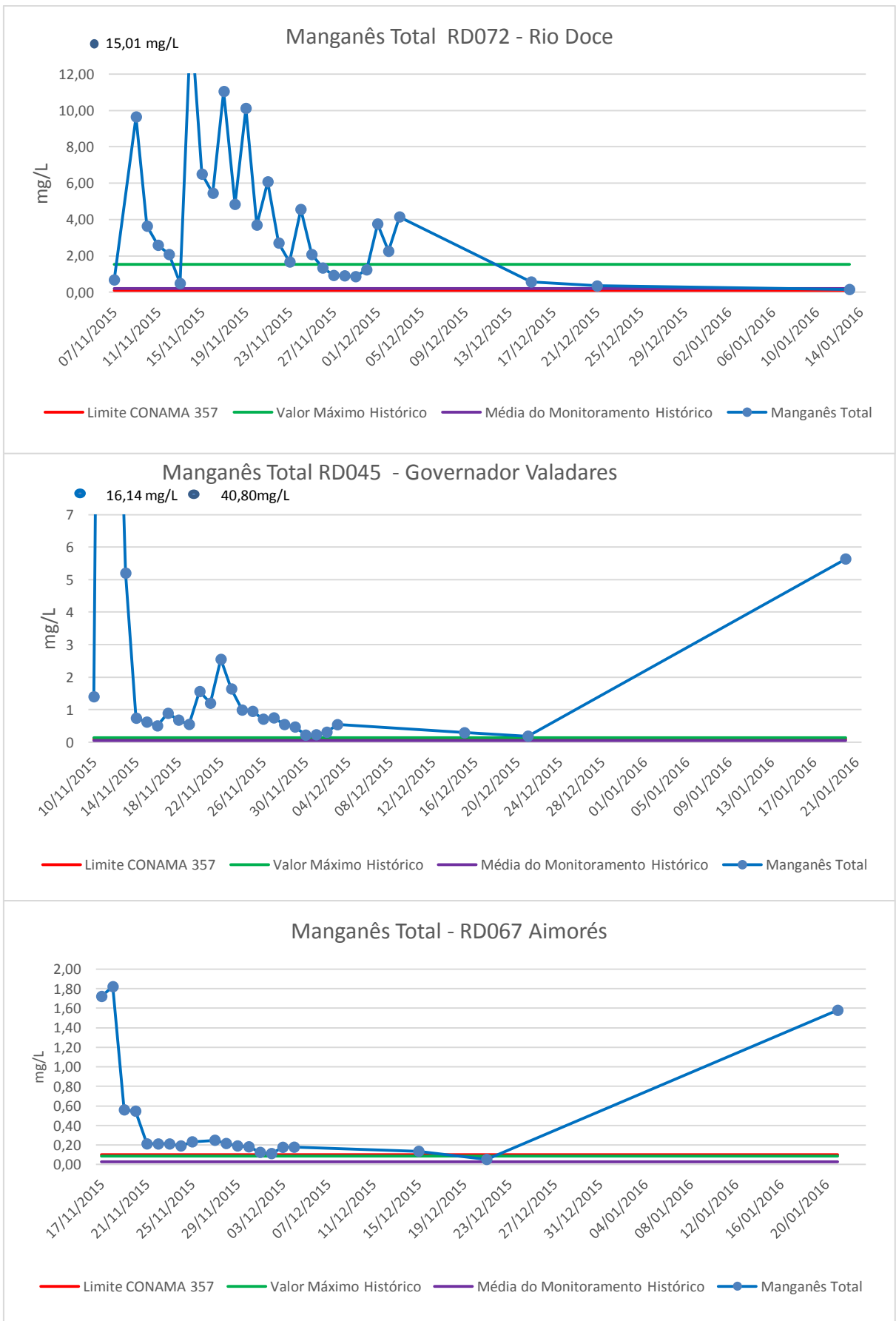


Figura 7 - Resultado das Análises de Manganês Total. Fonte: Elaborado pela autora do artigo.

#### 4.4. Chumbo Total

A Figura 8 apresenta os valores de Chumbo total obtidos no monitoramento emergencial, entre os períodos de 7 de novembro a 13 de janeiro de 2016 para a estação de monitoramento (RD072) e no período de 7 de novembro a 20 de janeiro de 2016 de dezembro nas estações de amostragem (RD045 E RD067).

Na estação RD072, os resultados de chumbo apresentaram oscilações e esteve acima do limite da classe, média e máximo do monitoramento na maior parte do tempo, sendo que em 14 de janeiro ainda apresentou resultado acima dos limites, não demonstrando melhora significativa. Já nas estações RD045 e RD063, os resultados de chumbo apresentaram-se abaixo do limite de classe, média e máximo do monitoramento, na medida em que o pico da pluma de rejeito alcançava os municípios, os resultados se elevaram e aos poucos apresentaram diminuição. Pode-se observar também nestes pontos que no mês de janeiro houve novamente elevação dos resultados.

O chumbo está associado a efeitos sobre o sistema nervoso central como o saturnismo. O valor máximo permissível é de 0,05 mg/L pela Portaria 36 do Ministério da Saúde, mas pela Resolução Conama 357 o valor máximo permitido para chumbo é 0,01 mg/L (PIVELLI, 2000).

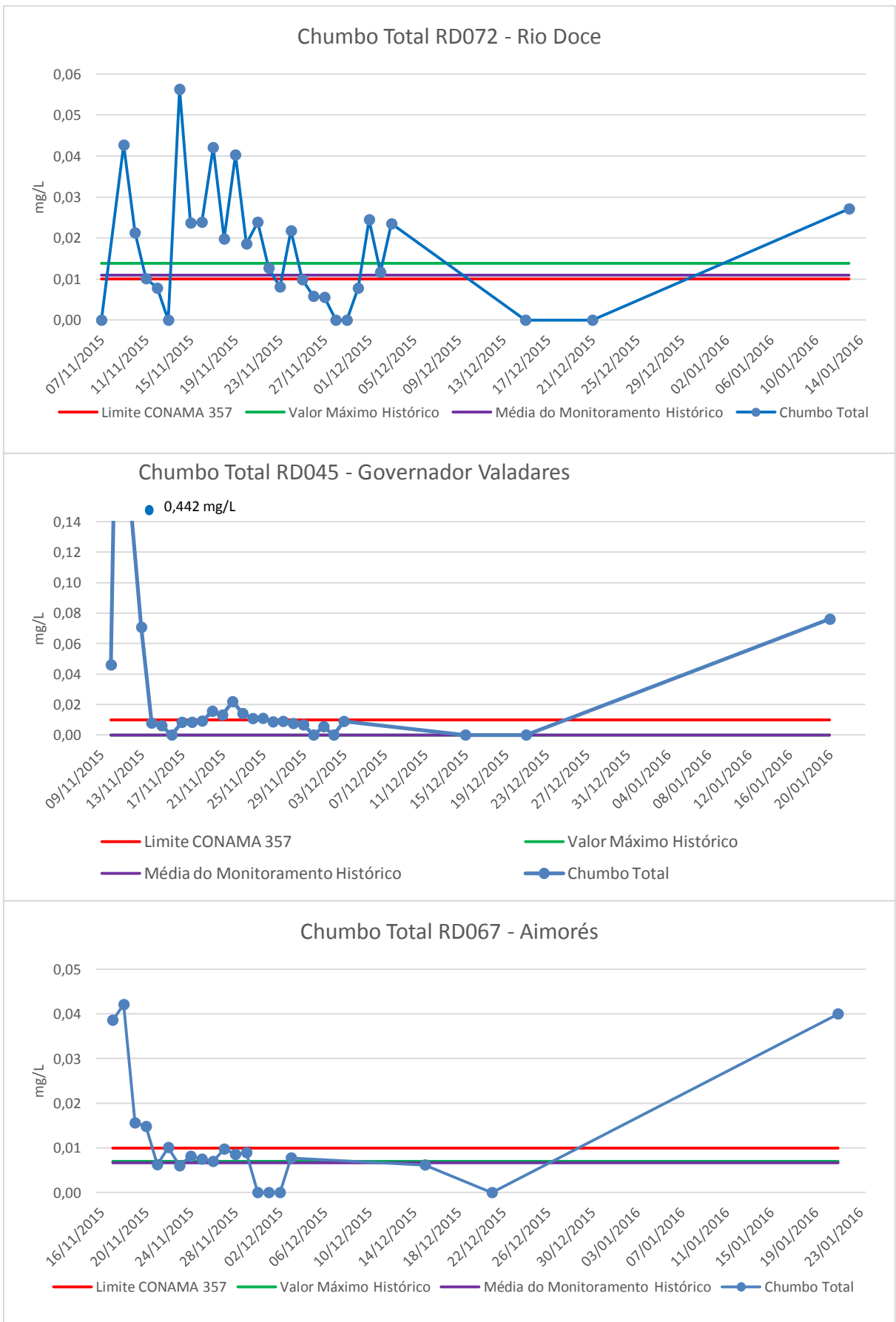


Figura 8 - Resultado das Análises de Chumbo Total. Fonte: Elaborado pela autora do artigo

## **5. CONCLUSÃO**

Após análise dos resultados pode-se concluir que alguns parâmetros já haviam sido identificados acima do limite da Classe 2 de acordo com a Resolução Conama 357/2005, conforme demonstrado nos valores de máximo histórico, sendo que alguns pontos apresentaram também estar acima do limite estabelecido pela classe na média dos resultados antes do acidente. Demonstrando que mesmo, antes do acidente o Rio Doce já apresentava sinais de degradação ambiental e que necessitava de cuidados especiais, pois se trata de um curso d'água muito importante para a região.

Deve-se levar em consideração as condições em que as análises foram feitas e que pode-se haver falhas nas medições, porém salienta-se que este incidente é considerado de grande porte e por isso apresentou valores tão elevados dos parâmetros: Manganês, Alumínio, Chumbo e Ferro que foram os metais estudados neste trabalho.

Cabe ressaltar que a Barragem do Fundão recebia rejeitos de mineração de ferro, e que geralmente estes são considerados inertes. Portanto, deve-se fazer um estudo aprofundado para identificar o real motivo dos resultados das análises apresentarem valores tão elevados.

O IGAM levantou a hipótese de que os altos índices de metais identificados nas análises podem ter como causa o revolvimento de material depositado no fundo do curso d'água ao longo dos anos, mas é importante lembrar que não se deve descartar outras hipóteses, como lançamento inadequado de efluentes ao longo do rio, ou que o rejeito teria altas concentrações destes materiais uma vez que a região onde está situada a barragem é rica em Ouro, Ferro e Manganês.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – Encarte Especial da Bacia do Rio Doce. Brasília,DF 2016.

AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de, et al – Geoparque Quadrilátero Ferrífero(MG),Geoparques do Brasil – Propostas, Brasil. CPRM 2012,volume 1, pp 183-220.Disponível em :

[http://www.cprm.gov.br/publique/media/GeoparquesDoBrasil\\_livro\\_integra.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/GeoparquesDoBrasil_livro_integra.pdf) .  
Acesso em: 18 de Abr de 2016

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de Março de 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 de Abr de 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL – Atuação do DNPM no Acidente da Barragem do Fundão – Mineradora Samarco em Mariana – MG. Brasília, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL – Informe Mineral 2º/2014 Brasília, 2014. Disponível em: [http://www.dnpm.gov.br/dnpm/informes/informe\\_mineral\\_2014-02.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/informes/informe_mineral_2014-02.pdf) . Acesso em: 22 de Abr de 2016.

FAGUNDES, Mateus – Uma Cidade Feita de Minério. **Revista dois pontos** Brasil, 24 de Jan de 2013. Disponível em: <http://revistadoisPontos.com/trilha-dominerio/uma-cidade-feita-de-minerio/> Acesso em: 20 de Mai de 2016

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte, 2016.

GUIMARÃES, Paulo Ricardo Bittencourt – Métodos Quantitativos Estatísticos. Curitiba, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – Informações e análises da economia mineral brasileira, 2012. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/> Acesso em 15/04/2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG, Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1632-monitoramento-da-qualidade-das-aguas-superficiais-do-rio-doce-no-estado-de-minas-gerais>. Acesso em: 15/04/2016

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG, Belo Horizonte, 01 de Fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1632-monitoramento-da-qualidade-das-aguas-superficiais-do-rio-doce-no-estado-de-minas-gerais> Acesso em: 22/05/2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/sistema-de-informacoes-infohidro>  
Acesso em: 13/05/2016

MATTAR, Fauze N – Pesquisa de marketing: edição compacta. São Paulo: 1996.

NEVES, José Luiz – Pesquisa qualitativa características usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, vol. 1. São Paulo, 1996.

PENA, Rodolfo F. Alves – Distribuição da água no Brasil. **Mundo Educação** Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 05 de Mar 2016.

PIVELLI, Roque Passos – Ferro, Manganês e Metais Pesados. **Curso: Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico - Químicos**. Brasil, 2000. Disponível em: <http://docplayer.com.br/1012349-Curso-qualidade-das-aguas-e-poluicao-aspectos-fisico-quimicos-aula-8.html> Acesso em: 22/05/2016

SANTOS, Djanira Alexandra Monteiro dos.; CURI, Adilson.; SILVA, José Margarida da – Técnicas para a disposição de rejeitos de minério de ferro. Ouro Preto 2010.

SOUZA, Percival Ignácio de, et al. – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, vol.1. Consorcio Ecoplan – LUME, 2010.

SOUZA, Percival Ignácio de, et al. – Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, vol.3. Consorcio Ecoplan – LUME, 2010.

SPERLING, Marcos Von – Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Maio/1996.



## APÊNDICE A - Resultado das Análises dos Monitoramentos Histórico e Emergencial

Dados do Monitoramento Histórico para Alumínio Dissolvido					
Limite CONAMA 357 - 0,10 mg/L					
RD072- Rio Doce		RD045 - Governador Valadares		RD067 - Aimorés	
Data	Al	Data	Al	Data	Al
20/01/2010	<0,1	28/01/2010	<0,1	02/02/2010	0,146
14/04/2010	<0,1	15/07/2010	<0,1	18/07/2010	<0,1
07/07/2010	<0,1	27/01/2011	0,132	30/01/2011	0,1104
06/10/2010	<0,1	14/07/2011	<0,1	17/07/2011	<0,1
19/01/2011	<0,1	26/01/2012	<0,1	29/01/2012	<0,1
06/04/2011	<0,1	12/07/2012	<0,1	15/07/2012	<0,1
06/07/2011	<0,1	23/01/2013	0,219	27/01/2013	0,271
05/10/2011	<0,1	18/07/2013	<0,1	21/07/2013	<0,1
18/01/2012	<0,1	23/01/2014	<0,1	26/01/2014	<0,1
04/04/2012	<0,1	18/07/2014	<0,1	18/07/2014	<0,1
04/07/2012	<0,1	23/01/2015	<0,1	23/01/2015	<0,1
03/10/2012	<0,1	17/07/2015	<0,1	17/07/2015	<0,1
16/01/2013	0,147				
10/04/2013	0,147				
10/07/2013	<0,1				
02/10/2013	0,101				
15/01/2014	<0,1				
02/04/2014	<0,1				
09/07/2014	<0,1				
01/10/2014	<0,1				
14/01/2015	0,171				
08/04/2015	<0,1				
08/07/2015	<0,1				
07/10/2015	<0,1				
Média	0,1415	Média	0,176	Média	0,1758
Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD072 - Rio Doce					
Data	Al	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico	
07/11/2015	0,216	0,10	0,171	0,1415	
09/11/2015	<0,10	0,10	0,171	0,1415	
10/11/2015	0,278	0,10	0,171	0,1415	
11/11/2015	0,352	0,10	0,171	0,1415	
12/11/2015	0,179	0,10	0,171	0,1415	
13/11/2015	0,124	0,10	0,171	0,1415	
14/11/2015	0,272	0,10	0,171	0,1415	
15/11/2015	0,461	0,10	0,171	0,1415	
16/11/2015	0,297	0,10	0,171	0,1415	
17/11/2015	0,236	0,10	0,171	0,1415	
18/11/2015	0,364	0,10	0,171	0,1415	
19/11/2015	0,298	0,10	0,171	0,1415	
20/11/2015	0,32	0,10	0,171	0,1415	
21/11/2015	0,319	0,10	0,171	0,1415	
22/11/2015	0,75	0,10	0,171	0,1415	
23/11/2015	0,504	0,10	0,171	0,1415	
24/11/2015	2,39	0,10	0,171	0,1415	
25/11/2015	0,651	0,10	0,171	0,1415	
26/11/2015	0,703	0,10	0,171	0,1415	
27/11/2015	0,26	0,10	0,171	0,1415	
28/11/2015	0,658	0,10	0,171	0,1415	
29/11/2015	0,405	0,10	0,171	0,1415	
30/11/2015	0,258	0,10	0,171	0,1415	
01/12/2015	0,547	0,10	0,171	0,1415	
02/12/2015	0,235	0,10	0,171	0,1415	
03/12/2015	0,316	0,10	0,171	0,1415	
15/12/2015	0,399	0,10	0,171	0,1415	
21/12/2015	0,198	0,10	0,171	0,1415	
13/01/2016	<0,1	0,10	0,171	0,1415	

Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD045 - Gov. Valadares				
Data	Al	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
10/11/2015	2,79	0,10	0,219	0,176
11/11/2015	8,09	0,10	0,219	0,176
12/11/2015	3,07	0,10	0,219	0,176
13/11/2015	1,59	0,10	0,219	0,176
14/11/2015	0,85	0,10	0,219	0,176
15/11/2015	0,50	0,10	0,219	0,176
16/11/2015	0,11	0,10	0,219	0,176
17/11/2015	0,24	0,10	0,219	0,176
18/11/2015	0,36	0,10	0,219	0,176
19/11/2015	0,55	0,10	0,219	0,176
20/11/2015	0,56	0,10	0,219	0,176
21/11/2015	0,37	0,10	0,219	0,176
22/11/2015	1,54	0,10	0,219	0,176
23/11/2015	1,38	0,10	0,219	0,176
24/11/2015	1,39	0,10	0,219	0,176
25/11/2015	0,51	0,10	0,219	0,176
26/11/2015	0,21	0,10	0,219	0,176
27/11/2015	0,26	0,10	0,219	0,176
28/11/2015	0,74	0,10	0,219	0,176
29/11/2015	0,54	0,10	0,219	0,176
30/11/2015	0,25	0,10	0,219	0,176
01/12/2015	0,57	0,10	0,219	0,176
02/12/2015	0,16	0,10	0,219	0,176
03/12/2015	0,20	0,10	0,219	0,176
15/12/2015	0,35	0,10	0,219	0,176
21/12/2015	0,42	0,10	0,219	0,176
20/01/2016	0,12	0,10	0,219	0,176
Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD067 - Aimorés				
Data	Al	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
10/11/2015	<0,10	0,10	0,271	0,1758
11/11/2015	<0,10	0,10	0,271	0,1758
12/11/2015	<0,10	0,10	0,271	0,1758
13/11/2015	<0,10	0,10	0,271	0,1758
14/11/2015	0,1630	0,10	0,271	0,1758
15/11/2015	0,1840	0,10	0,271	0,1758
16/11/2015	<0,10	0,10	0,271	0,1758
17/11/2015	1,6310	0,10	0,271	0,1758
18/11/2015	2,3000	0,10	0,271	0,1758
19/11/2015	0,8220	0,10	0,271	0,1758
20/11/2015	3,1370	0,10	0,271	0,1758
21/11/2015	0,5140	0,10	0,271	0,1758
22/11/2015	0,7610	0,10	0,271	0,1758
23/11/2015	0,8600	0,10	0,271	0,1758
24/11/2015	1,7980	0,10	0,271	0,1758
25/11/2015	1,7270	0,10	0,271	0,1758
26/11/2015	2,6740	0,10	0,271	0,1758
27/11/2015	1,4280	0,10	0,271	0,1758
28/11/2015	1,5640	0,10	0,271	0,1758
29/11/2015	1,2110	0,10	0,271	0,1758
30/11/2015	2,0090	0,10	0,271	0,1758
01/12/2015	1,0090	0,10	0,271	0,1758
02/12/2015	1,1710	0,10	0,271	0,1758
03/12/2015	0,6230	0,10	0,271	0,1758
15/12/2015	0,6300	0,10	0,271	0,1758
21/12/2015	0,7970	0,10	0,271	0,1758
21/01/2016	0,166	0,10	0,271	0,1758

Dados do Monitoramento Histórico para Ferro Dissolvido					
Limite CONAMA 357 - 0,30 mg/L					
RD072 - Rio Doce		RD045 - Gov. Valadares		RD067 - Aimorés	
Data	Fe	Data	Fe	Data	Fe
20/01/2010	0,1095	28/01/2010	0,256	02/02/2010	0,1035
14/04/2010	0,1462	22/04/2010	0,1892	27/04/2010	0,306
07/07/2010	0,1477	15/07/2010	0,0901	18/07/2010	0,0401
06/10/2010	0,335	14/10/2010	0,171	18/10/2010	0,0732
19/01/2011	0,1987	27/01/2011	0,449	30/01/2011	0,396
06/04/2011	0,1318	14/04/2011	0,25	17/04/2011	0,311
06/07/2011	0,298	14/07/2011	0,1465	17/07/2011	0,1065
05/10/2011	0,1084	13/10/2011	0,0703	16/10/2011	0,0351
18/01/2012	0,1621	26/01/2012	0,288	29/01/2012	0,225
04/04/2012	0,0693	12/04/2012	0,2246	15/04/2012	0,1786
04/07/2012	0,1616	12/07/2012	0,1061	15/07/2012	0,0978
03/10/2012	0,1373	10/10/2012	0,0873	14/10/2012	0,0529
16/01/2013	0,341	23/01/2013	0,257	27/01/2013	0,333
10/04/2013	0,205	18/04/2013	0,2001	21/04/2013	0,1454
10/07/2013	0,25	18/07/2013	0,091	21/07/2013	0,0803
02/10/2013	0,356	10/10/2013	0,1971	13/10/2013	0,1586
15/01/2014	0,1508	23/01/2014	0,1878	26/01/2014	0,0307
02/04/2014	0,122	09/04/2014	0,0439	11/04/2014	0,0903
09/07/2014	0,1315	18/07/2014	0,0995	18/07/2014	0,0814
01/10/2014	0,1013	10/10/2014	0,0616	10/10/2014	0,0557
14/01/2015	0,538	23/01/2015	0,231	23/01/2015	0,1727
08/04/2015	0,26	15/04/2015	0,26	17/04/2015	0,0401
08/07/2015	0,0912	17/07/2015	0,0756	17/07/2015	0,0309
07/10/2015	0,0875	14/10/2015	0,0739	16/10/2015	0,0356
<b>Média</b>	0,193	<b>Média</b>	0,171	<b>Média</b>	0,133
Dados do Monitoramento Emergencial para Ferro Dissolvido RD072 - Rio Doce					
Data	Fe	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico	
07/11/2015	0,583	0,30	0,538	0,193	
09/11/2015	0,1654	0,30	0,538	0,193	
10/11/2015	0,951	0,30	0,538	0,193	
11/11/2015	0,764	0,30	0,538	0,193	
12/11/2015	0,77	0,30	0,538	0,193	
13/11/2015	0,429	0,30	0,538	0,193	
14/11/2015	0,608	0,30	0,538	0,193	
15/11/2015	1,014	0,30	0,538	0,193	
16/11/2015	0,92	0,30	0,538	0,193	
17/11/2015	0,581	0,30	0,538	0,193	
18/11/2015	1,22	0,30	0,538	0,193	
19/11/2015	0,556	0,30	0,538	0,193	
20/11/2015	1,209	0,30	0,538	0,193	
21/11/2015	1,115	0,30	0,538	0,193	
22/11/2015	2,405	0,30	0,538	0,193	
23/11/2015	1,626	0,30	0,538	0,193	
24/11/2015	6,758	0,30	0,538	0,193	
25/11/2015	1,424	0,30	0,538	0,193	
26/11/2015	1,682	0,30	0,538	0,193	
27/11/2015	0,883	0,30	0,538	0,193	
28/11/2015	2,244	0,30	0,538	0,193	
29/11/2015	1,651	0,30	0,538	0,193	
30/11/2015	1,056	0,30	0,538	0,193	
01/12/2015	2,386	0,30	0,538	0,193	
02/12/2015	0,982	0,30	0,538	0,193	
03/12/2015	1,529	0,30	0,538	0,193	
15/12/2015	0,958	0,30	0,538	0,193	
21/12/2015	0,884	0,30	0,538	0,193	
13/01/2016	0,157	0,30	0,538	0,193	

Dados do Monitoramento Emergencial para Ferro Dissolvido RD045 - Gov. Valadares				
Data	Fe	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
08/11/2015	0,079	0,30	0,28	0,171
09/11/2015	0,0736	0,30	0,28	0,171
11/11/2015	2,177	0,30	0,28	0,171
12/11/2015	6,9	0,30	0,28	0,171
13/11/2015	3,529	0,30	0,28	0,171
14/11/2015	1,712	0,30	0,28	0,171
15/11/2015	0,821	0,30	0,28	0,171
16/11/2015	0,563	0,30	0,28	0,171
17/11/2015	0,1031	0,30	0,28	0,171
18/11/2015	0,372	0,30	0,28	0,171
19/11/2015	0,77	0,30	0,28	0,171
20/11/2015	0,861	0,30	0,28	0,171
21/11/2015	1,111	0,30	0,28	0,171
22/11/2015	0,898	0,30	0,28	0,171
23/11/2015	2,033	0,30	0,28	0,171
24/11/2015	2,077	0,30	0,28	0,171
25/11/2015	3,153	0,30	0,28	0,171
26/11/2015	1,161	0,30	0,28	0,171
27/11/2015	0,502	0,30	0,28	0,171
28/11/2015	0,699	0,30	0,28	0,171
29/11/2015	2,102	0,30	0,28	0,171
30/11/2015	1,352	0,30	0,28	0,171
01/12/2015	0,716	0,30	0,28	0,171
02/12/2015	1,791	0,30	0,28	0,171
03/12/2015	0,428	0,30	0,28	0,171
04/12/2015	0,608	0,30	0,28	0,171
16/12/2015	0,756	0,30	0,28	0,171
21/12/2015	1,002	0,30	0,28	0,171
20/01/2016	0,326	0,30	0,28	0,171
Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD067 - Aimore's				
Data	Fe	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
10/11/2015	<0,03	0,30	0,396	0,133
11/11/2015	0,0493	0,30	0,396	0,133
12/11/2015	0,0796	0,30	0,396	0,133
13/11/2015	0,0320	0,30	0,396	0,133
14/11/2015	0,1313	0,30	0,396	0,133
15/11/2015	0,1546	0,30	0,396	0,133
16/11/2015	0,0568	0,30	0,396	0,133
17/11/2015	1,9990	0,30	0,396	0,133
18/11/2015	2,1890	0,30	0,396	0,133
19/11/2015	0,8210	0,30	0,396	0,133
20/11/2015	2,9800	0,30	0,396	0,133
21/11/2015	0,5150	0,30	0,396	0,133
22/11/2015	0,7880	0,30	0,396	0,133
23/11/2015	0,9540	0,30	0,396	0,133
24/11/2015	1,9920	0,30	0,396	0,133
25/11/2015	2,3420	0,30	0,396	0,133
26/11/2015	4,4560	0,30	0,396	0,133
27/11/2015	1,7540	0,30	0,396	0,133
28/11/2015	1,8950	0,30	0,396	0,133
29/11/2015	1,7140	0,30	0,396	0,133
30/11/2015	3,7900	0,30	0,396	0,133
01/12/2015	2,5840	0,30	0,396	0,133
02/12/2015	2,6570	0,30	0,396	0,133
03/12/2015	1,4880	0,30	0,396	0,133
15/12/2015	1,1200	0,30	0,396	0,133
21/12/2015	1,5590	0,30	0,396	0,133
21/01/2016	0,764	0,30	0,396	0,133

Dados do Monitoramento Histórico para Manganês Total					
Limite CONAMA 357 - 0,10 mg/L					
RD072 - Rio Doce		RD045 - Gov. Valadares		RD067 - Aimorés	
Data	Mn	Data	Mn	Data	Mn
20/01/2010	0,121	28/01/2010	0,0436	02/02/2010	0,026
14/04/2010	0,1052	22/04/2010	0,0387	18/07/2010	0,0259
07/07/2010	0,0683	15/07/2010	0,0442	30/01/2011	0,0354
06/10/2010	0,0787	14/10/2010	0,0356	17/07/2011	0,0196
19/01/2011	0,483	27/01/2011	0,0683	29/01/2012	0,0845
06/04/2011	0,846	14/04/2011	0,0672	15/07/2012	0,0233
06/07/2011	0,036	14/07/2011	0,0324	27/01/2013	0,0529
05/10/2011	0,0381	13/10/2011	0,0264	21/07/2013	0,012
18/01/2012	0,478	26/01/2012	0,1099	26/01/2014	0,0349
04/04/2012	0,2351	12/04/2012	0,0846	18/07/2014	0,0132
04/07/2012	0,0515	12/07/2012	0,0363	23/01/2015	0,0211
03/10/2012	0,0343	10/10/2012	0,0161	17/07/2015	0,0098
16/01/2013	0,158	23/01/2013	0,144		
10/04/2013	1,52	18/04/2013	0,0668		
10/07/2013	0,0278	18/07/2013	0,0291		
02/10/2013	0,0898	10/10/2013	0,052		
15/01/2014	0,0752	23/01/2014	0,0548		
02/04/2014	0,0575	09/04/2014	0,0481		
09/07/2014	0,0384	18/07/2014	0,0181		
01/10/2014	0,0751	10/10/2014	0,0395		
14/01/2015	0,0391	23/01/2015	0,0213		
08/04/2015	0,0992	15/04/2015	0,0307		
08/07/2015	0,0263	17/07/2015	0,027		
07/10/2015	0,0656	14/10/2015	0,0335		
<b>Média</b>	0,202	<b>Média</b>	0,0487	<b>Média</b>	0,0298833
Dados do Monitoramento Emergencial para Manganês Total RD072 - Rio Doce					
Data	Mn	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico	
07/11/2015	0,683	0,10	1,52	0,202	
09/11/2015	9,65	0,10	1,52	0,202	
10/11/2015	3,64	0,10	1,52	0,202	
11/11/2015	2,59	0,10	1,52	0,202	
12/11/2015	2,08	0,10	1,52	0,202	
13/11/2015	0,49	0,10	1,52	0,202	
14/11/2015	15,01	0,10	1,52	0,202	
15/11/2015	6,5	0,10	1,52	0,202	
16/11/2015	5,45	0,10	1,52	0,202	
17/11/2015	11,05	0,10	1,52	0,202	
18/11/2015	4,84	0,10	1,52	0,202	
19/11/2015	10,12	0,10	1,52	0,202	
20/11/2015	3,7	0,10	1,52	0,202	
21/11/2015	6,08	0,10	1,52	0,202	
22/11/2015	2,71	0,10	1,52	0,202	
23/11/2015	1,67	0,10	1,52	0,202	
24/11/2015	4,56	0,10	1,52	0,202	
25/11/2015	2,08	0,10	1,52	0,202	
26/11/2015	1,34	0,10	1,52	0,202	
27/11/2015	0,93	0,10	1,52	0,202	
28/11/2015	0,91	0,10	1,52	0,202	
29/11/2015	0,864	0,10	1,52	0,202	
30/11/2015	1,238	0,10	1,52	0,202	
01/12/2015	3,76	0,10	1,52	0,202	
02/12/2015	2,26	0,10	1,52	0,202	
03/12/2015	4,148	0,10	1,52	0,202	
15/12/2015	0,571	0,10	1,52	0,202	
1/12/2015	0,348	0,10	1,52	0,202	
13/01/2016	0,157	0,10	1,52	0,202	

Dados do Monitoramento Emergencial para Manganês Total RD045 - Gov. Valadares				
Data	Mn	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
10/11/2015	1,4000	0,1	0,144	0,0487
11/11/2015	40,8000	0,1	0,144	0,0487
12/11/2015	16,1400	0,1	0,144	0,0487
13/11/2015	5,2000	0,1	0,144	0,0487
14/11/2015	0,7400	0,1	0,144	0,0487
15/11/2015	0,6200	0,1	0,144	0,0487
16/11/2015	0,5040	0,1	0,144	0,0487
17/11/2015	0,8900	0,1	0,144	0,0487
18/11/2015	0,6800	0,1	0,144	0,0487
19/11/2015	0,5490	0,1	0,144	0,0487
20/11/2015	1,5600	0,1	0,144	0,0487
21/11/2015	1,2000	0,1	0,144	0,0487
22/11/2015	2,5500	0,1	0,144	0,0487
23/11/2015	1,6400	0,1	0,144	0,0487
24/11/2015	0,9900	0,1	0,144	0,0487
25/11/2015	0,9500	0,1	0,144	0,0487
26/11/2015	0,7100	0,1	0,144	0,0487
27/11/2015	0,7500	0,1	0,144	0,0487
28/11/2015	0,5450	0,1	0,144	0,0487
29/11/2015	0,4690	0,1	0,144	0,0487
30/11/2015	0,2200	0,1	0,144	0,0487
01/12/2015	0,2310	0,1	0,144	0,0487
02/12/2015	0,3090	0,1	0,144	0,0487
03/12/2015	0,5410	0,1	0,144	0,0487
15/12/2015	0,2930	0,1	0,144	0,0487
21/12/2015	0,1880	0,1	0,144	0,0487
20/01/2016	5,637	0,1	0,144	0,0487
Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD067 - Aimorés				
Data	Mn	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
17/11/2015	1,7200	0,10	0,0845	0,0299
18/11/2015	1,8200	0,10	0,0845	0,0299
19/11/2015	0,5590	0,10	0,0845	0,0299
20/11/2015	0,5460	0,10	0,0845	0,0299
21/11/2015	0,2110	0,10	0,0845	0,0299
22/11/2015	0,2100	0,10	0,0845	0,0299
23/11/2015	0,2100	0,10	0,0845	0,0299
24/11/2015	0,1900	0,10	0,0845	0,0299
25/11/2015	0,2320	0,10	0,0845	0,0299
27/11/2015	0,2480	0,10	0,0845	0,0299
28/11/2015	0,2150	0,10	0,0845	0,0299
29/11/2015	0,1900	0,10	0,0845	0,0299
30/11/2015	0,1810	0,10	0,0845	0,0299
01/12/2015	0,1240	0,10	0,0845	0,0299
02/12/2015	0,1120	0,10	0,0845	0,0299
03/12/2015	0,1760	0,10	0,0845	0,0299
04/12/2015	0,1770	0,10	0,0845	0,0299
15/12/2015	0,1350	0,10	0,0845	0,0299
21/12/2015	0,0520	0,10	0,0845	0,0299
21/01/2016	1,578	0,10	0,0845	0,0299

Dados do Monitoramento Histórico para Chumbo Total					
Limite CONAMA 357 - 0,01 mg/L					
RD072 - Rio Doce		RD045 - Gov. Valadares		RD067 - Aimorés	
Data	Pb	Data	Pb	Data	Pb
20/01/2010	<0,005	28/01/2010	<0,005	02/02/2010	0,00699
14/04/2010	0,01	15/07/2010	<0,005	18/07/2010	<0,005
07/07/2010	<0,005	27/01/2011	<0,005	30/01/2011	<0,005
06/10/2010	<0,005	14/07/2011	<0,005	17/07/2011	<0,005
19/01/2011	<0,005	26/01/2012	<0,005	16/10/2011	<0,005
06/04/2011	0,01385	12/07/2012	<0,005	29/01/2012	0,00623
06/07/2011	<0,005	23/01/2013	<0,005	15/04/2012	<0,005
05/10/2011	<0,005	18/07/2013	<0,005	15/07/2012	<0,005
18/01/2012	0,00801	23/01/2014	<0,005	14/10/2012	<0,005
04/04/2012	<0,005	18/07/2014	<0,005	27/01/2013	<0,005
04/07/2012	<0,005	23/01/2015	<0,005	21/04/2013	<0,005
03/10/2012	<0,005	17/07/2015	<0,005	21/07/2013	<0,005
16/01/2013	<0,005			13/10/2013	<0,005
10/04/2013	0,0118			26/01/2014	<0,005
10/07/2013	<0,005			11/04/2014	<0,005
02/10/2013	<0,005			18/07/2014	<0,005
15/01/2014	<0,005			10/10/2014	<0,005
02/04/2014	<0,005			23/01/2015	<0,005
09/07/2014	<0,005			17/04/2015	<0,005
01/10/2014	<0,005			17/07/2015	<0,005
14/01/2015	<0,005			16/10/2015	<0,005
08/04/2015	<0,005				
08/07/2015	<0,005				
07/10/2015	<0,005				
<b>Média</b>	0,010915	<b>Média</b>	0	<b>Média</b>	0,00661
Dados do Monitoramento Emergencial para Chumbo Total RD072 - Rio Doce					
Data	Pb	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico	
07/11/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
09/11/2015	0,0427	0,01	0,01385	0,010915	
10/11/2015	0,0213	0,01	0,01385	0,010915	
11/11/2015	0,01012	0,01	0,01385	0,010915	
12/11/2015	0,00781	0,01	0,01385	0,010915	
13/11/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
14/11/2015	0,0563	0,01	0,01385	0,010915	
15/11/2015	0,0237	0,01	0,01385	0,010915	
16/11/2015	0,0239	0,01	0,01385	0,010915	
17/11/2015	0,0421	0,01	0,01385	0,010915	
18/11/2015	0,0198	0,01	0,01385	0,010915	
19/11/2015	0,0403	0,01	0,01385	0,010915	
20/11/2015	0,0186	0,01	0,01385	0,010915	
21/11/2015	0,0239	0,01	0,01385	0,010915	
22/11/2015	0,0127	0,01	0,01385	0,010915	
23/11/2015	0,0081	0,01	0,01385	0,010915	
24/11/2015	0,0218	0,01	0,01385	0,010915	
25/11/2015	0,00988	0,01	0,01385	0,010915	
26/11/2015	0,00582	0,01	0,01385	0,010915	
27/11/2015	0,00556	0,01	0,01385	0,010915	
28/11/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
29/11/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
30/11/2015	0,0078	0,01	0,01385	0,010915	
01/12/2015	0,0245	0,01	0,01385	0,010915	
02/12/2015	0,0117	0,01	0,01385	0,010915	
03/12/2015	0,0235	0,01	0,01385	0,010915	
15/12/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
21/12/2015	<0,005	0,01	0,01385	0,010915	
13/01/2016	0,02715	0,01	0,01385	0,010915	



Dados do Monitoramento Emergencial para Chumbo Total RD045 - Gov. Valadares				
Data	Pb	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
10/11/2015	0,046	0,01	<0,005	0,00
11/11/2015	0,442	0,01	<0,005	0,00
12/11/2015	0,146	0,01	<0,005	0,00
13/11/2015	0,0707	0,01	<0,005	0,00
14/11/2015	0,00784	0,01	<0,005	0,00
15/11/2015	0,00614	0,01	<0,005	0,00
16/11/2015	<0,005	0,01	<0,005	0,00
17/11/2015	0,00833	0,01	<0,005	0,00
18/11/2015	0,00836	0,01	<0,005	0,00
19/11/2015	0,00915	0,01	<0,005	0,00
20/11/2015	0,0156	0,01	<0,005	0,00
21/11/2015	0,0131	0,01	<0,005	0,00
22/11/2015	0,0219	0,01	<0,005	0,00
23/11/2015	0,0141	0,01	<0,005	0,00
24/11/2015	0,01082	0,01	<0,005	0,00
25/11/2015	0,01094	0,01	<0,005	0,00
26/11/2015	0,00863	0,01	<0,005	0,00
27/11/2015	0,00895	0,01	<0,005	0,00
28/11/2015	0,00757	0,01	<0,005	0,00
29/11/2015	0,00663	0,01	<0,005	0,00
30/11/2015	<0,005	0,01	<0,005	0,00
01/12/2015	0,00552	0,01	<0,005	0,00
02/12/2015	<0,005	0,01	<0,005	0,00
03/12/2015	0,00893	0,01	<0,005	0,00
15/12/2015	<0,005	0,01	<0,005	0,00
21/12/2015	<0,005	0,01	<0,005	0,00
20/01/2016	0,076	0,01	<0,005	0,00
Dados do Monitoramento Emergencial para Alumínio Dissolvido RD067 - Aimorés				
Data	Pb	Limite CONAMA 357	Valor Máximo Histórico	Média do Monitoramento Histórico
17/11/2015	0,03860	0,01	0,00699	0,00661
18/11/2015	0,04210	0,01	0,00699	0,00661
19/11/2015	0,01560	0,01	0,00699	0,00661
20/11/2015	0,01480	0,01	0,00699	0,00661
21/11/2015	0,00624	0,01	0,00699	0,00661
22/11/2015	0,01010	0,01	0,00699	0,00661
23/11/2015	0,00600	0,01	0,00699	0,00661
24/11/2015	0,00813	0,01	0,00699	0,00661
25/11/2015	0,00748	0,01	0,00699	0,00661
26/11/2015	0,00697	0,01	0,00699	0,00661
27/11/2015	0,00974	0,01	0,00699	0,00661
28/11/2015	0,00854	0,01	0,00699	0,00661
29/11/2015	0,00894	0,01	0,00699	0,00661
30/11/2015	<0,005	0,01	0,00699	0,00661
01/12/2015	<0,005	0,01	0,00699	0,00661
02/12/2015	<0,005	0,01	0,00699	0,00661
03/12/2015	0,00776	0,01	0,00699	0,00661
15/12/2015	0,00618	0,01	0,00699	0,00661
21/12/2015	<0,005	0,01	0,00699	0,00661
21/01/2016	0,04	0,01	0,00699	0,00661