

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ICB

ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

POLLYANA ROCHA FRANCO DUTRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS RELACIONADOS AO ROMPIMENTO DA BARRAGEM
DE FUNDÃO EM MARIANA/MG COM ÊNFASE EM RECURSOS HÍDRICOS**

**BELO HORIZONTE
2018**

POLLYANA ROCHA FRANCO DUTRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS RELACIONADOS AO
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO EM
MARIANA/MG COM ENFÂSE EM RECURSOS HÍDRICOS**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG como requisito para obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa

ATA APRESENTAÇÃO MONOGRAFIA

Agradecimentos

Agradeço aos meus amigos, principalmente a Jéssica Mendes, aos meus professores; ao meu noivo Daniel Almeida; a equipe da Vale S.A. e a minha família, em especial a minha mãe Waldneya Franco, ao meu pai Paulo Dutra, a minha vó Mirna Franco, por todo apoio concedido durante a minha especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Agradeço ao professor orientador Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa pela paciente e dedicada orientação.

Ao professor Dr. José Fernandes Bezerra Neto, componente da banca examinadora, pelas importantes observações apresentadas.

DUTRA, Pollyana Rocha Franco. **Análise dos impactos relacionados ao rompimento da barragem de fundão em mariana/mg com ênfase em recursos hídricos**. 2018. 49 PAGINAS. MONOGRAFIA (ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, BELO HORIZONTE, 2018.

RESUMO

A barragem de Fundão, pertencente ao conjunto de barragens da mineradora Samarco, com volume de rejeitos de aproximadamente 55 milhões de metros cúbicos se rompeu o dia 05 de novembro de 2015, ganhando repercussão nacional e internacional por sua gravidade e transtornos relacionados a impactos ambientais, sociais e econômicos à população que habitava o entorno da barragem bem como para o meio ambiente. O material percorreu o leito do Rio Doce, afetando significativamente 35 cidades de Minas Gerais e 3 cidades do Espírito Santo. A bacia do Rio Doce integra a região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Baseando-se nesse fato, propõe-se discutir no presente estudo, os diferentes impactos ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão, aliado a conhecimentos técnicos relacionados a Bacia do Rio Doce, bem como sua caracterização antes e após o acidente, questiona-se o potencial de danos e as consequências dos impactos ambientais com ênfase em recursos hídricos no cenário do evento, em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 01/2008 que dispõem de padrões de classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. De suma importância ressaltar que antes do acidente, as águas do Doce, já sofriam fortes e constantes degradação, com o despejo irregular de efluentes oriundos de atividades antrópicas (esgoto doméstico e industriais), além do mal-uso pelas comunidades vizinhas, com o despejo de resíduos sólidos. Dessa forma, além dos trabalhos desenvolvidos pelas empresas responsáveis legalmente pela estrutura que se rompeu, pelo estados e autoridades pertinentes, cabe trabalhar com a população a chamada educação ambiental.

Palavras-chave: Barragem Fundão. Recursos Hídricos. Análises de Impactos

DUTRA, Pollyana Rocha Franco. **Análise dos impactos relacionados ao rompimento da barragem de fundão em Mariana/MG com ênfase em recursos hídricos.** 2018. 49 PAGINAS. MONOGRAFIA (ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, BELO HORIZONTE, 2018.

ABSTRACT

The dam of Fundão, belonging to the set of dams of the mining company Samarco, with tailings volume of approximately 55 million cubic meters, broke on November 05, 2015, gaining national and international repercussion due to its severity and disorders related to environmental impacts, social and economic conditions to the population that inhabited the environment of the dam as well as to the environment. The material traveled through the Doce River bed, significantly affecting 35 cities of Minas Gerais and 3 cities of Espírito Santo. The Rio Doce basin is part of the Southeast Atlantic hydrographic region. Based on this fact, it is proposed to discuss in the present study the different impacts caused by the rupture of the Fundão dam, together with technical knowledge related to the Rio Doce Basin, as well as its characterization before and after the accident, damage potential and the consequences of environmental impacts with emphasis on water resources in the scenario of the event, in accordance with CONAMA Resolution No. 357/2005 and the COPAM / CERH-MG Joint Normative Resolution No. 01/2008 that bodies of water and environmental guidelines for its framing, as well as establishing the conditions and standards for effluent releases. It is important to emphasize that before the accident, the waters of the Doce, already suffered strong and constant degradation, with the irregular discharge of effluents originating from anthropic activities (domestic and industrial sewage), besides the misuse by neighboring communities, with the eviction of solid waste. Thus, in addition to the work carried out by the companies legally responsible for the structure that was broken, by the states and pertinent authorities, it is the job to work with the population called environmental education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da barragem de rejeitos	16
Figura 2 - Fluxograma sólidos	21
Figura 3 - Localização da bacia do Rio Doce	24
Figura 4 - Principais Distritos e Municípios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão	28
Figura 5 - Resultados turbidez 2012-2018	32
Figura 6 - Percentual de desvio turbidez 2012-2018.....	33
Figura 7 - Resultados ferro dissolvido 2012-2018.....	34
Figura 8 - Percentual de desvio ferro dissolvido 2012-2018	34
Figura 9 - Resultados manganês total 2012-2018.....	35
Figura 10 - Percentual de desvio manganês total 2012-2018	35
Figura 11 - Resultados sólidos dissolvidos 2012-2018	36
Figura 12 - Percentual de desvio sólidos dissolvidos 2012-2018.....	36
Figura 13 - Resultados escherichia coli 2012-2018.....	37
Figura 14 - Percentual de desvio escherichia coli 2012-2018	38
Figura 15 - Suspensões no abastecimento de água nos municípios dependentes do rio Doce.....	42

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Classes da Contaminação por Tóxicos e seus significados	19
Quadro 2 - Pontos de Monitoramento no Rio Doce.....	31
Quadro 3 - Contaminação por Tóxicos (CT) 2012-2018	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 O PROBLEMA.....	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1 DEFINIÇÃO MINERAÇÃO	15
4.2 DEFINIÇÃO BARRAGENS	15
4.3 SEGURANÇA DE BARRAGENS	16
4.4 IMPACTOS OCASIONADOS PELO ROMPIMENTO DE BARRAGENS.....	17
4.4.1 Impacto Ambiental.....	17
4.4.2 Impacto Social	18
4.5 CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS - CT	19
4.6 PARÂMETROS	20
4.6.1 Turbidez	20
4.6.2 Manganês.....	20
4.6.3 Ferro dissolvido	21
4.6.4 Sólidos dissolvidos	21
4.6.5 Escherichia coli	21
5 METODOLOGIA.....	23
5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO DOCE.....	23
5.2 BARRAGEM FUNDÃO.....	25
5.2.1 Caracterização	25
5.2.2 Rompimento	26

6 DESENVOLVIMENTO	30
6.1 QUALIDADE DA ÁGUA.....	30
6.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	41
6.3 OUTROS USOS DA ÁGUA.....	43
6.3.1 Geração de Energia Elétrica	43
6.3.2 Indústria.....	44
6.3.3 Pecuária, Agricultura e Pesca	44
6.4 PROPOSTAS DE AÇÕES DE RECUPERAÇÃO.....	45
8 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Considerando, sua cota final de projeto de 930 m e área total de 257,75 hectares, a barragem de Fundão, pertencente ao conjunto de barragens da mineradora Samarco, mantinha um volume de rejeitos de aproximadamente 55 milhões de metros cúbicos, sendo esta, a segunda maior barragem da Empresa, atrás, apenas, da barragem de Germano, utilizada também para a disposição de rejeitos. A barragem do Fundão estava situada no subdistrito de Bento Gonçalves, distrito de Mariana/MG, construída com a intenção de abrigar rejeitos provenientes do processo de extração de minério de ferro. Seu rompimento, ocorrido na tarde do dia 05 de novembro de 2015, promoveu um desastre ambiental sem precedentes na história do país. Um rastro de destruição, mortes e contaminação foram deixados pela correnteza de lama residual afetando as barragens de jusante e alcançando a bacia hidrográfica do Rio Doce, chegando ainda ao mar no estado do Espírito Santo.

No Brasil, país de grande relevância no cenário minerário, existem atualmente diversos tipos, dimensões e finalidades de barragens tais como de infraestrutura - para acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais - e barragens de contenção de rejeitos de mineração, sendo as estas as responsáveis por impactos ambientais de grande significância. O estado de Minas Gerais possui em sua história, uma série de ocorridos desta natureza. O rompimento da barragem de rejeitos da Mina de Fernandinho, em Itabirito, na região Central, em 1986, é o registro mais antigo desta categoria de acidentes. Ainda, em 2007, a cidade de Mirai, localizada na Zona da Mata, a estrutura da mineradora Rio Pomba Cataguases ao se romper, atingiu bairros de Mirai e da cidade vizinha de Muriaé, na mesma região, onde aproximadamente, 1.200 casas foram atingidas, deixando cerca de 4.000 moradores desalojados. Ressaltando a relevância de danos socioambientais oriundos do rompimento da barragem de Fundão, sendo este o maior e mais recente desastre ambiental, propomos nessa pesquisa explanar os diferentes impactos oriundos pelo seu rompimento, bem como sua caracterização, o real potencial de danos causados, as consequências dos impactos ambientais com ênfase em recursos hídricos no cenário do evento, antes e após o acidente, aliando por assim, os conhecimentos técnicos relacionados a Bacia do Rio Doce.

1.1 O PROBLEMA

Considerando o intuito de discutir os diferentes impactos ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão, aliado a conhecimentos técnicos relacionados a Bacia do Rio Doce, bem como sua caracterização antes e após o acidente, questiona-se o potencial de danos e as consequências dos impactos ambientais com ênfase em recursos hídricos no cenário do evento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Evidenciar os impactos ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão com ênfase nos Recursos Hídricos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os impactos sociais, ambientais e econômicos decorridos do rompimento da barragem de Fundão considerando;
- Identificar e discutir os impactos ambientais hídricos da bacia do Doce, considerando exclusivamente cursos de água doce, excluindo zona costeira e marítima;
- Caracterizar a qualidade da água, avaliando o comportamento da Bacia do Doce antes e após o acidente.

3 JUSTIFICATIVA

Considerando um dos maiores e mais conhecidos acidentes ambientais já vistos, o rompimento da barragem de Fundão, no dia 05 de novembro de 2015, ganhou repercussão nacional e internacional por sua gravidade e transtornos relacionados a impactos ambientais, sociais e econômicos à população que habitava o entorno da barragem bem como para o meio ambiente.

Cerca de 55 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro percorreu o leito do Rio Doce, afetando significativamente 35 cidades de Minas Gerais e 3 cidades do Espírito Santo.

Após a tragédia, o monitoramento físico-químicos e biológicos nos córregos impactados pelo rompimento da estrutura mostrou alterações relevantes à qualidade da água do Doce.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 01/2008 dispõem de padrões de classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. As concentrações destes parâmetros são comparadas com os limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos de água.

O não atendimento aos padrões de classificação dos corpos d'água pode desencadear sanções e penalidades ao empreendedor e causar consequências ainda maiores ao meio ambiente, uma vez que identificados os elevados níveis de substâncias tóxicas, ações devem ser tomadas para então minimizar os impactos causados.

O assunto deve ser levado com seriedade, devido ao histórico de situações de fatalidade que aconteceram no local em estudo, resultando em mortes e prejuízos à população, interrompendo o abastecimento de água, causando danos materiais e um imensurável impacto ao meio ambiente ao longo do Rio Doce. Ainda, o estudo deve ir além de uma questão de padrões de desempenho, devendo ser completo, regular, satisfatório e por fim, atender aos parâmetros pré-estabelecidos, colaborando sobretudo no estudo e monitoramento das águas do Doce, antes e pós-acidente.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 DEFINIÇÃO MINERAÇÃO

De acordo com a definição do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2015), mineração é a extração de minerais existentes nas rochas e ou no solo. Trata-se de uma atividade que representa um importante e indispensável segmento na economia mundial que pode ser referida, como indústria extrativa mineral ou indústria de produtos minerais, ou indústria de transformação mineral.

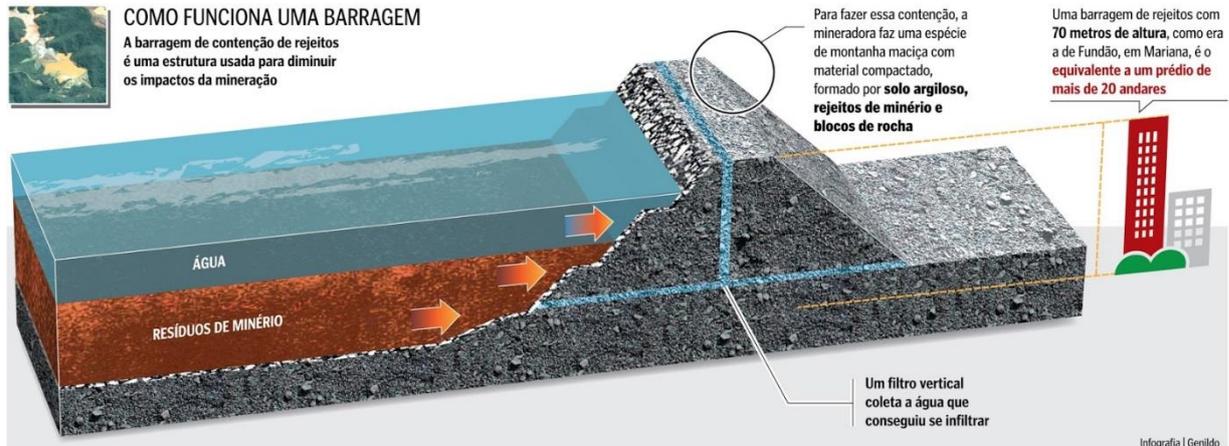
De acordo com a classificação internacional adotada pela Organização das Nações Unidas (ONU), define-se mineração como sendo a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural: sólido, como o carvão e outros; líquido, como o petróleo bruto; e gasoso, como o gás natural (DNPM, 2015). Desta forma entende-se que, mineração é uma atividade que engloba as etapas de pesquisa, extração e beneficiamento ou tratamento de minérios a partir de depósitos ou massas minerais.

Sob o enfoque histórico a atividade é exercida desde os tempos pré-históricos, sendo parte integrante e necessária na existência da humanidade, disponibilizando para a sociedade recursos minerais essenciais ao seu desenvolvimento, sendo a intensidade de aproveitamento dos recursos um indicador social. Conseqüentemente a estrutura global da sociedade humana é quase que inteiramente baseada no fluxo livre de minerais e seus produtos.

4.2 DEFINIÇÃO BARRAGENS

A Deliberação Normativa COPAM nº. 62, de 17 de dezembro de 2002, define barragens como qualquer estrutura – barramento, dique ou similar - que forme uma parede de contenção de rejeitos, de resíduos e de formação do reservatório de água. Essas estruturas podem apresentar formações naturais ou antrópicas, tendo como função particular reter tal material (rejeito, resíduo e água), com fins de seu uso descarte com segurança. A Figura 01 exhibe o funcionamento de uma barragem, evidenciando informações anteriormente citadas.

Figura 1 - Esquema da barragem de rejeitos



Fonte: Infografire¹.

De acordo com informações disponíveis no site da empresa Samarco, considera-se barragem de rejeitos, uma estrutura construída para o depósito de resíduos provenientes do processo mineral. Rejeito é definido como material que carece de valor econômico agregado e suas características variam de acordo com o tipo de minério e de seu tratamento em planta (beneficiamento).

Dessa maneira, o rejeito é ignorado em sua grande parte por não oferecer benefícios econômicos ao empreendimento, que deve por legislação descartá-lo de forma adequada, considerando seu grau de dano potencial ao meio ambiente.

Sendo assim, a barragem funciona como uma barreira, onde são depositados os rejeitos, e que na medida em que são depositados, sua parte sólida se acomoda no fundo da estrutura. A água proveniente das chuvas ou do próprio processo de beneficiamento é decantada na parte superior e então drenada e tratada, podendo ser reutilizada no processo de mineração e/ou devolvida ao meio ambiente.

4.3 SEGURANÇA DE BARRAGENS

É estabelecida através da lei 12.334/2010 que determina ser do empreendedor a responsabilidade pela segurança da barragem.

¹ Disponível em: <http://infografire.blogspot.com.br/2015/11/barragem-de-rejeitos.html>

Segurança é a condição que visa manter a integridade estrutural e operacional da barragem, junto à preservação e manutenção da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente diretamente e indiretamente afetado pelo empreendimento.

A fiscalização da segurança das barragens é dividida em grupos, considerando a finalidade da barragem, no que tange seu grau de risco, dimensões, vida útil e áreas de influência.

Ressalta-se que a fiscalização das barragens de contenção de rejeitos oriundos da mineração é de responsabilidade do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o que não exclui a atuação de outros órgãos, como a fiscalização relativa ao licenciamento ambiental, grau de segurança, atendimento a denúncias e fiscalizações/autuações de possíveis irregularidades.

Os empreendimentos que possuem estruturas, sejam de água ou retenção de resíduos/rejeitos, necessitam realizar o cadastramento de sua (s) estrutura (s) no Cadastro Técnico Federal (CTF), tratado na Lei 10.165 de 2000.

4.4 IMPACTOS OCACIONADOS PELO ROMPIMENTO DE BARRAGENS

Compreende-se que a mineração é uma das mais importantes e essenciais atividades econômicas, e que contribui indiscutivelmente para o desenvolvimento econômico do Brasil, entretanto altera de forma significativa a dinâmica do meio ambiente, necessitando uma avaliação do impacto ambiental causado, de forma a mitigar os possíveis efeitos atribuídos a esta atividade.

Os impactos decorrentes de um rompimento de barragem afetaram diretamente a vida social, cultural dos que foram atingidas pelo rompimento da barragem, além da desestruturação de uma economia local, com perdas de vidas, moradias, culturas agrícolas e atividades agroindústrias e urbanas. Sem contar os danos causados ao meio ambiente e aos seres vivos que habitam esses locais, atingindo diretamente todo o ecossistema na região afetada.

4.4.1 Impacto Ambiental

Impacto ambiental é definido pela Norma Brasileira Regulamentadora International Organization for Standardization – Organização Internacional para

Padronização (NBR ISO) 14.001:2004 (versão atualizada da primeira Norma ISO 14.001, de 1996), como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços, de uma organização” (item 3.4 da norma).

Ainda segundo Sánchez (2008, p.30), Impacto, é qualquer modificação ambiental, independentemente de sua importância.

4.4.2 Impacto Social

Considerando a definição do 1º encontro nacional de trabalhadores atingidos por barragens – movimentos dos atingidos por barragem MAB (abril de 1989) denominam-se indivíduos atingidos todos aqueles que sofrem modificações nas suas condições de vida por consequência da implantação das barragens, independentemente do local em que vivem ou trabalham.

Além do mais, os moradores de áreas atingidas relacionadas à implantação ou ruptura destas estruturas, segundo o site do MAB (2005) relatam os impactos sociais que estão presentes em seu cotidiano, desde a desapropriação de terras, indo além da questão do desemprego, falta de planejamento urbano, assistência social, financeira e psicológica.

4.4.3 Impacto Econômico

Impacto econômico está relacionado ao resultado de uma atividade sobre o sistema econômico, promovendo o aumento de uma unidade monetária na demanda final de seus produtos.

Levando em consideração a interdependência dos setores da economia, o efeito final da mudança no nível de demanda de um determinado setor desencadeia uma série de efeitos que impactam não somente o próprio setor, mas também as atividades supridoras de bens e serviços, como indústrias, mão de obra e assim sucessivamente.

4.5 CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS - CT

O Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM) partilha uma classificação dos corpos d'água em função da presença de substâncias tóxicas, tais como: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total.

As concentrações destes parâmetros são comparadas com os limites definidos nas classes de enquadramento dos corpos de água pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 e na Deliberação Normativa Conjunta COAPM/CERH-MG Nº 01/2008. A contaminação por tóxicos é classificada como Baixa, Média ou Alta.

O quadro 01 abaixo apresenta as três faixas de classificação para o indicador Contaminação por Tóxicos, bem como o significado de cada uma delas.

Quadro 1 - Classes da Contaminação por Tóxicos e seus significados

VALOR CT	CONTAMINAÇÃO	SIGNIFICADO
Concentração $\leq 1,2 P$	Baixa	Refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedem em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem.
$1,2P \leq \text{Concentração} \leq 2P$	Média	Refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%.
Concentração $> 2P$	Alta	Refere-se às concentrações que excedem em mais de 100% os limites.

Fonte: IGAM.

Assim, a pior situação do conjunto de resultados define a faixa de contaminação. Se apenas um dos parâmetros tóxicos apresentar valor acima de 100%, isto é, o dobro da concentração limite determinado pela legislação, em pelo menos uma das campanhas, a Contaminação por Tóxicos no ponto de amostragem será considerada como alta.

4.6 PARÂMETROS

A seguir, serão apresentadas as definições dos parâmetros de turbidez, sólidos dissolvidos, manganês total e ferro dissolvido. Informações do IGAM apontam que esses parâmetros são diretamente relacionados com os impactos decorrentes do desastre da Barragem em Mariana.

4.6.1 Turbidez

A turbidez é definida pela medição da luz dispersa, resultante da influência entre a luz incidente e um material em partículas, que pode ser de origem de matéria orgânica, partículas inorgânicas, silte, argila, areia, etc, em uma amostra de água (Sadar, 2002). Também pode ser quantificada pela passagem de um feixe de luz através de uma amostra líquida, assim quantifica-se o espalhamento dos fótons (Marquis, 2005). O material particulado faz com que o feixe de luz incidente seja dispersado, ao invés de ser absorvido e transmitido em linha reta, logo, quanto maior a dispersão da luz, maior a turbidez (Yao et al., 2014).

A resolução nº 357 do CONAMA impõe limites de turbidez de 40 UNT para águas doces classe 1 e de 100 UNT para as classes 2 e 3.

4.6.2 Manganês

Manganês é um elemento metálico encontrado de forma abundante na natureza. A água, ao se infiltrar pelo solo e rochas, dissolve os compostos de manganês e, desta forma, estes compostos contaminam a água. Devido a presença de oxigênio que promove a oxidação deste elemento e provoca sua sedimentação. Em concentrações elevadas aparecem em águas com baixo teor de oxigênio e pH. Esse elemento é utilizado especialmente na indústria de aço. O dióxido de manganês e outros compostos de manganês são usados na produção de baterias, vidro e pirotecnia.

Na Resolução Conama nº 357/2005, de 18 de março, que 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, define como limite para águas de classe 01 e 02 o valor de manganês de 0,1 mg/L.

4.6.3 Ferro dissolvido

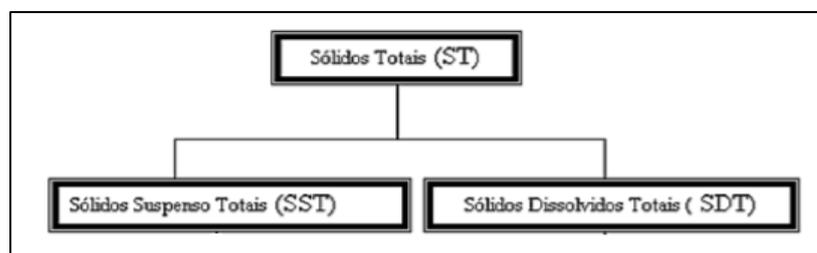
Assim como o manganês o ferro é um elemento metálico encontrado em abundância na natureza. Derivada da dissolução de compostos ferrosos de solos a matéria orgânica se decompõe, consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico, o que solubiliza compostos de ferro. Nas águas superficiais, é possível observar um aumento desse elemento nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens. Além das formas naturais, o ferro presente em águas pode também ser proveniente da presença de despejos industriais em águas.

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, vigente, estabelece que os limites de concentração do ferro na água para classe 01 e 02 seja no máximo 0,3 mg/L.

4.6.4 Sólidos dissolvidos

Sólidos são derivados de despejos domésticos ou industriais, além de poderem ser de origem natural. São as matérias suspensas ou dissolvidas na água. O termo sólido pode ser definido como sendo a matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação, a uma determinada temperatura padrão e por um tempo fixo de um volume de amostra conhecido. Os sólidos de uma água podem ser classificados de acordo com a figura 02 abaixo:

Figura 2 - Fluxograma sólidos



Fonte: https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH058/POP_solidos.pdf

4.6.5 Escherichia coli

São os principais micro-organismos do subgrupo dos coliformes termotolerantes de origem exclusivamente fecal. *E.coli* está presente em número elevado nas fezes humanas, mamíferos e pássaros, e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. É considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces.

5 METODOLOGIA

O rompimento da barragem é um fato recente e apresenta escassos trabalhos científicos publicados, então foram utilizadas diversas fontes disponíveis sobre o tema, sendo consideradas para este estudo:

- Relatórios técnicos elaborados por instituições públicas e privadas.
- Levantamento das respostas imediatas desenvolvidas pelo governo e demais agentes.
- Trabalhos temáticos elaborados por representantes e especialistas de órgãos e entidades do Poder Público, da iniciativa privada e do terceiro setor, além de organismos internacionais, conforme a área de atuação de cada uma das instituições.
- Relatórios disponibilizados pela Fundação Renova.

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO DOCE

Situada na região Sudeste, entre os paralelos 17°45' e 21°15' S e os meridianos 39°30' e 43°45' W, a bacia do Rio Doce integra a região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Possui área de drenagem de aproximadamente 86.715 km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo e abrange um total de 230 municípios. São nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, que se encontram as nascentes do Rio Doce, situadas no Estado de Minas Gerais e que suas águas percorrem cerca de 850 km, até atingir o oceano Atlântico, junto ao povoado de Regência, no Estado do Espírito Santo (Figura 03).

Figura 3 - Localização da bacia do Rio Doce



Fonte: IBGE (2005).

Importante ressaltar a diversidade no que se diz a respeito às atividades econômicas da bacia do Rio Doce, destacando-se: a agropecuária (reflorestamento, lavouras tradicionais, cultura de café, cana-de-açúcar, criação de gado leiteiro e de corte e na suinocultura.); a agroindústria (sucroalcooleira); a mineração (ferro, ouro, bauxita, manganês, pedras preciosas e outros); a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica.

Com população superior a 3,5 milhões de habitantes, o chamado Vale do Aço tem o maior adensamento populacional da bacia e com um alto fluxo migratório que se direciona, sobretudo, para as maiores cidades da região, como Ipatinga e Governador Valadares. Ressalta-se que em contrapartida, há uma tendência de diminuição populacional nos municípios com população de até 20.000 habitantes, que representam cerca de 85% dos municípios da bacia do Rio Doce. Quanto a população urbana representa 70% da população total. Entretanto, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), aponta que cerca de 100 municípios possuem população rural maior que a urbana, evidenciando que a população rural ainda é significativa, absorvidos pela exploração agropecuária. Na região conhecida como Médio Doce (que concentra municípios de menor índice populacional), essa categoria de atividade (agropecuária) constitui o principal gerador de renda, emprego e ocupação de mão-de-obra.

5.2 BARRAGEM FUNDÃO

5.2.1 Caracterização

Nos municípios de Minas Gerais, Ouro Preto e Mariana estão instaladas as minas de Alegria, cujas reservas de minério de ferro são estimadas em 4 bilhões de toneladas. As operações de extração e beneficiamento do minério são realizadas na unidade de Germano da Samarco Mineração S/A. Os rejeitos eram estocados em três reservatórios na mina em Mariana: Santarém, Germano e Fundão.

Segundo a Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento (SUPRAM), a Barragem Fundão, teve sua licença de operação concedida em 11/04/2011 através do processo 015/1984/066/2008 e sua revalidação concedida em 29/10/2013 pelo processo 015/1984/095/2013.

Fundão detinha uma estrutura conhecida tecnicamente como maciço, composta com seu próprio rejeito arenoso como material de empréstimo. A cota final de projeto de 930 m a área total era de 257,75 hectares.

5.2.2 Rompimento

No dia 05 de novembro de 2015, um dos mais conhecidos acidentes ambientais com proporções e potencial de dano até então desconhecidos, aconteceu no município de Mariana, mais precisamente no subdistrito Bento Rodrigues.

O rompimento da Barragem Fundão alcançou repercussão nacional e internacional por sua magnitude, gravidade e transtornos relacionados a impactos ambientais, sociais e econômicos, causando pânico e perdas irreparáveis à população que vivia no entorno da barragem bem como para o meio ambiente.

Com a decida incontrolável da lama e rejeitos de mineração, moradores de Bento Rodrigues (primeiro local a ser diretamente afetado), perderam casa, animais, plantações, e infelizmente foram contabilizados 18 óbitos.

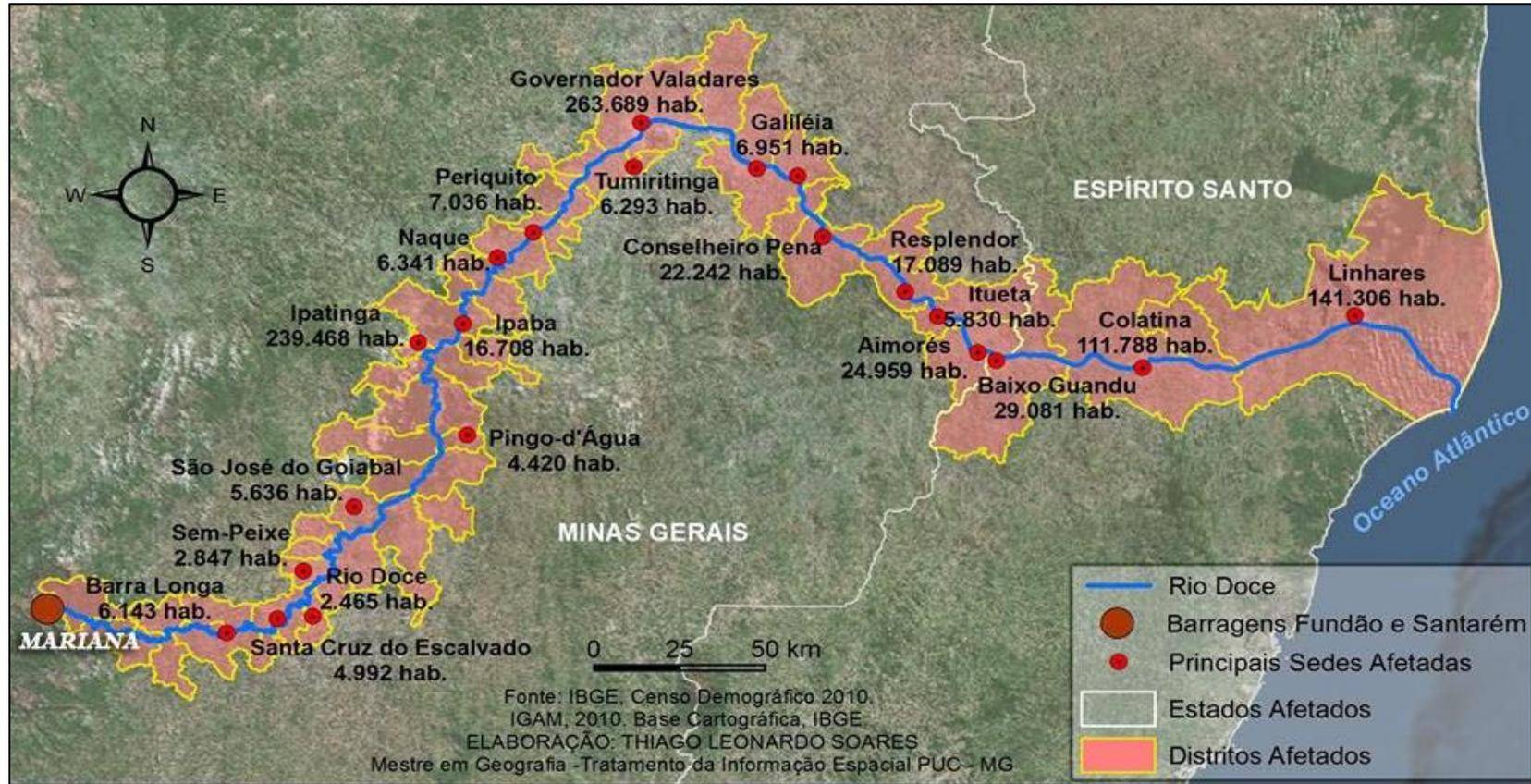
Aproximadamente 55 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro como o ferro e o manganês, percorreram o leito o Rio Doce.

Inicialmente, esse rejeito atingiu a barragem de Santarém logo a jusante, causando seu galgamento e forçando a passagem de uma onda de lama por 55 km no Rio Gualaxo do Norte até desaguar no Rio do Carmo. Neste, os rejeitos percorreram outros 22 km até seu encontro com o Rio Doce. Através do curso deste, foram carregados até a foz no Oceano Atlântico, chegando no município de Linhares, no estado do Espírito Santo, em 21/11/2015, totalizando 663,2 km de corpos hídricos impactados.

O sinistro afetou significativamente 35 cidades do estado de Minas Gerais (Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galiléia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo-d'Água, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem-Ferros, Sem-Peixe, Sobrália, Timóteo, Tumiritinga) e 3

idades do estado do Espírito Santo. A Figura 04 evidencia a passagem da lama e as localidades atingidas.

Figura 4 - Principais Distritos e Municípios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão



Fonte: Nacab.²

² Disponível em: <http://www.nacab.org.br/web/lutas-e-acoas/24-maior-catastrofe-ambiental-do-pais-e-seguida-por-serie-de-abusos-pelas-empresas-responsaveis>.

Serviços de abastecimento de água e a arrecadação dos municípios foram afetados, decorrentes da interrupção de atividades econômicas dependentes do Rio.

Importante salientar o desconhecimento de profissionais da empresa Samarco, das autoridades e dos órgãos públicos de Minas Gerais de quaisquer planos de contingência que pudesse mitigar os danos sociais e os impactos ambientais causados por aquela situação.

Assim, após o evento, e entre diversas discussões e pressão popular, foi acordado um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), assinado entre as empresas Samarco, Vale e Broken Hill Proprietary Company Limited (BHP) e os governos, Federal e Estadual de Minas Gerais e do Espírito Santo, e assim instituída a Fundação Renova, que trouxe melhores expectativas quanto a ações a serem tomadas na reparação aos danos causados ao meio ambiente a população afetada.

6 DESENVOLVIMENTO

O desastre da barragem de Fundão acarretou consequências ambientais e sociais graves, em escala regional, devido a uma catástrofe que atingiu quilômetros de corpo d'água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo,

Ao longo da passagem da pluma foram constatados danos ambientais, sociais e econômicos. importante destacar que os impactos ambientais não se limitaram aos danos diretos, pois o meio ambiente é um sistema complexo e muitas variáveis se relacionam numa bacia hidrográfica.

Nesse capítulo serão destacados os impactos relacionados aos recursos hídricos. Dentre os impactos mais relevantes desse tema podemos mencionar:

- Impacto na qualidade da água ocasionando interrupção do abastecimento;
- Danos à agricultura;
- Danos à indústria e atividades econômicas;
- Estragos à produção de energia nas hidrelétricas;
- Impactos da pesca;
- Comprometimento do turismo;
- Destruição de áreas de preservação permanente nos trechos de cabeceira;
- Assoreamento dos corpos hídricos;
- Alterações morfológicas dos corpos hídricos;
- Mortandade de peixes e organismos aquáticos;
- Perturbações do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

Dentro dessa proposta, a seguir são exibidos os impactos do rompimento na qualidade das águas, no abastecimento e nos outros usos da água.

6.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Através do monitoramento físico-químico e biológicos nos córregos impactados pelo rompimento da barragem é possível avaliar a qualidade da água e com isso avaliar a dimensão do desastre.

O IGAM desenvolveu o Projeto Águas de Minas, que realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais. Criado em 1997, o programa disponibiliza uma série histórica da qualidade das águas no Estado e gera dados para o gerenciamento dos recursos hídricos.

O programa realiza na bacia do Rio Doce no estado de Minas Gerais o monitoramento de 64 pontos. Os dados apresentados nesse estudo são coletados no Rio Doce em território de Minas Gerais. Serão apresentados resultados de 12 pontos localizados no alto e médio curso do Rio Doce. Ressalta-se que o Rio Doce não possui enquadramento segundo os usos prioritários, sendo suas águas consideradas como Classe 2, conforme a legislação vigente. Segue no quadro 02, a caracterização dos pontos:

Quadro 2 - Pontos de Monitoramento no Rio Doce

CÓDIGO	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA DO ACIDENTE (km)
RD072	-20° 16' 30"	-42° 54' 54"	Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado	111
RD019	-20° 1' 19"	-42° 45' 8"	Rio Casca, São Domingos do Prata	167
RD023	-19° 45' 35"	-42° 29' 6"	Marliéria, Pingo-d'Água	217
RD035	-19° 29' 19"	-42° 29' 39"	Ipatinga	262
RD033	-19° 19' 39"	-42° 22' 33"	Belo Oriente, Bugre	291
RD083	-19° 5' 42"	-42° 9' 17"	Fernandes Tourinho, Periquito	335
RD044	-18° 53' 0"	-41° 57' 10"	Governador Valadares	374
RD045	-18° 51' 36"	-41° 50' 1"	Governador Valadares	388
RD053	-19° 43' 36"	-42° 7' 59"	Galiléia, Tumiritinga	415
RD058	-19° 9' 59"	-41° 27' 36"	Conselheiro Pena	450
RD059	-19° 20' 46"	-41° 14' 19"	Resplendor	486
RD067	-19° 30' 20"	-41° 0' 47"	Aimorés	522

Fonte: ANA (2015).

A seguir, serão analisados os parâmetros de turbidez, sólidos dissolvidos, manganês total e ferro dissolvido. Informações do IGAM apontam que esses parâmetros são diretamente relacionados com os impactos decorrentes do desastre da Barragem em Mariana. Além dessa análise, índice de Contaminação por Tóxico (CT), será revisado, que é calculado a partir das concentrações de parâmetros

tóxicos, tais como: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre e cianeto total, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total, sendo caracterizada como Baixo, Médio ou Alto.

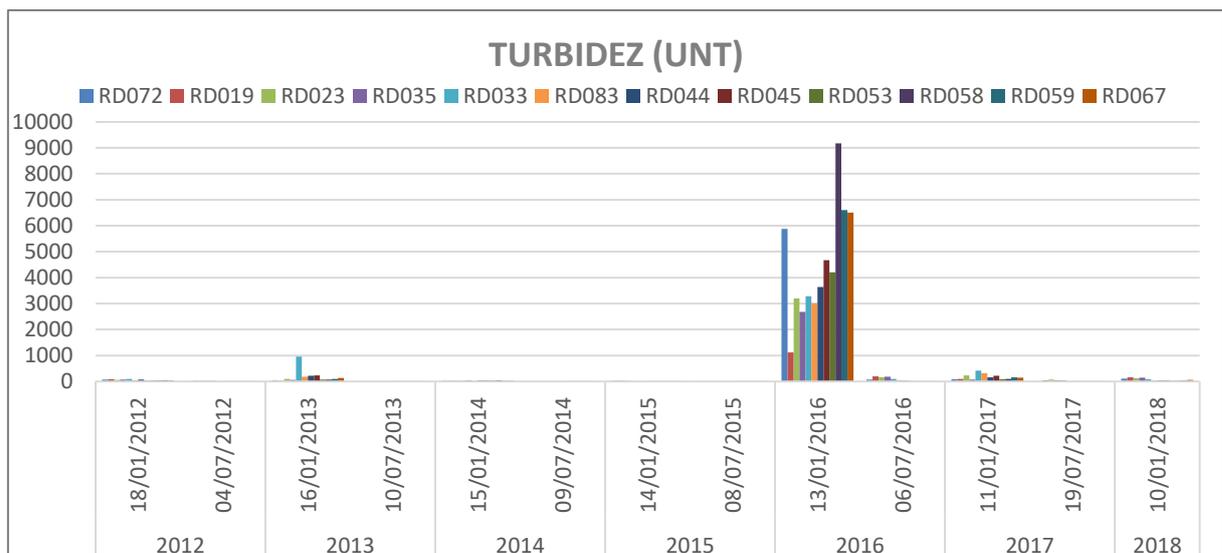
O IGAM disponibiliza uma série histórica de monitoramento em seu portal de informações sobre recursos hídricos. Tais antecedentes são de extrema importância para a análise dos impactos do evento na qualidade da água.

De acordo com informações da ANA, os rejeitos da barragem eram compostos por óxido de ferro e sílica. De acordo com análises, os rejeitos de Fundão são classificados como resíduos não perigosos e não inerte para o ferro e manganês.

Devido as características dos rejeitos, são esperadas alterações na qualidade das águas, principalmente relacionados nas concentrações de turbidez, ferro dissolvido, manganês total e sólidos dissolvidos. O levantamento dos resultados contempla com análises desde 2012 a 2018 com uma amostra no período chuvoso (janeiro) e uma amostra no período seco (julho). Também é apresentado o gráfico de percentual de desvio, no qual consta a porcentagem de desvio de cada ponto, considerado o total de amostra e o número de amostra com desvio. Esses resultados permitiram conhecer as principais interferências predominantes na bacia do Rio Doce.

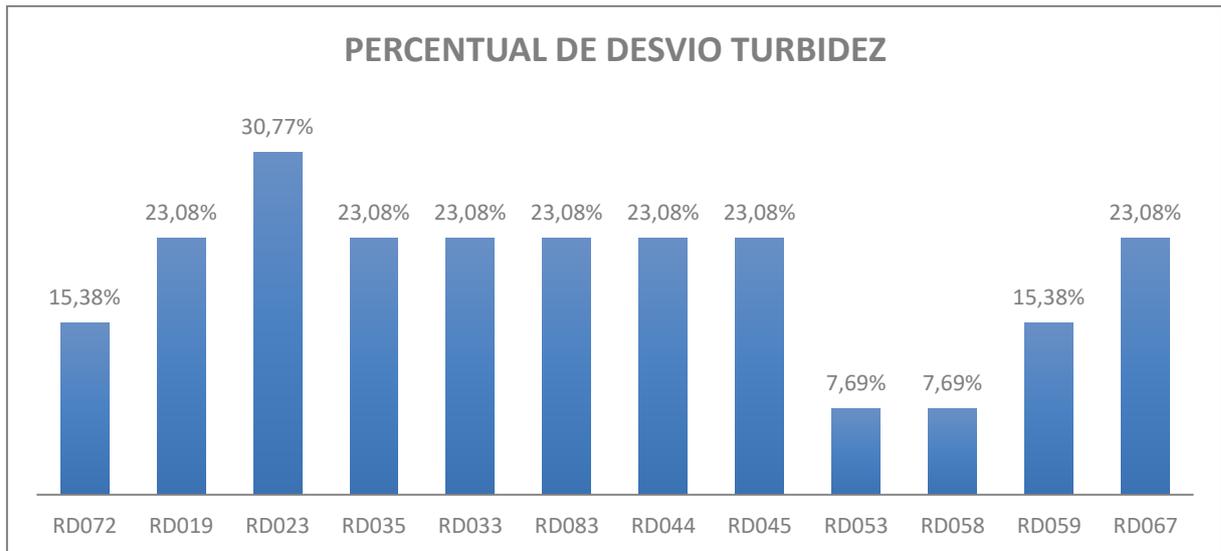
Segue abaixo resultados dos parâmetros mencionados acima:

Figura 5 - Resultados turbidez 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 6 - Percentual de desvio turbidez 2012-2018

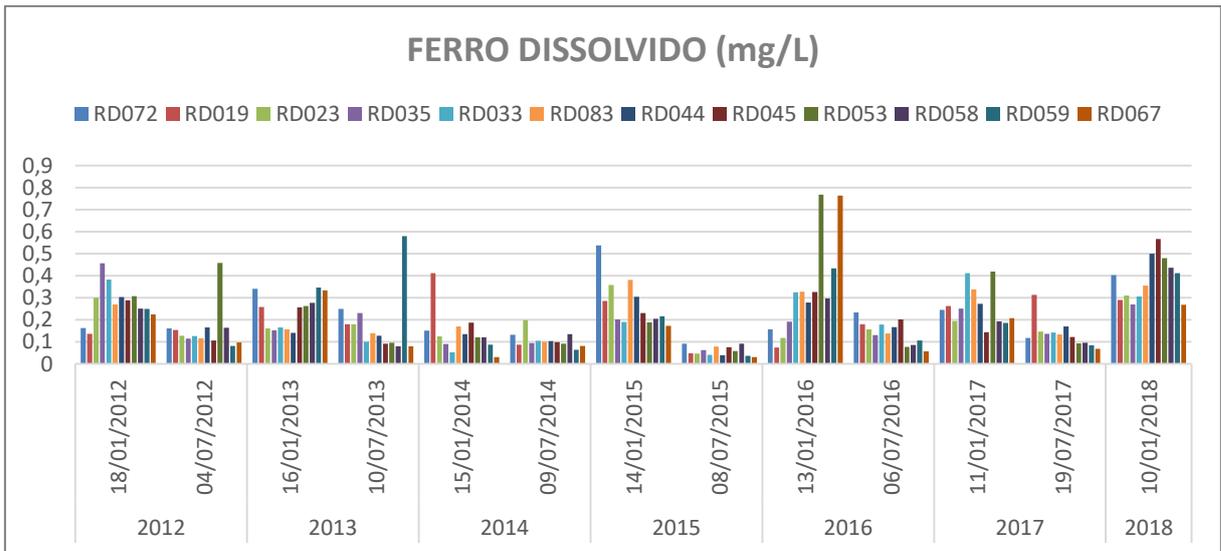


Fonte: Elaborada pela autora.

Na figura 05 são apresentados resultados da série histórica de turbidez e na figura 06 são comparados os percentuais de desvio checados com a legislação vigente. Destaca-se que, especialmente nas coletas após o acidente, foram observados valores elevados, atingindo o valor máximo de 9168 NTU, no município de Conselheiro Pena (RD058). Este valor corresponde a um número bastante elevado comparado ao valor máximo permitido pela legislação para corpos de água Classe 2 (100 NTU). A partir da coleta do dia 6 de julho, os valores de turbidez passaram a diminuir.

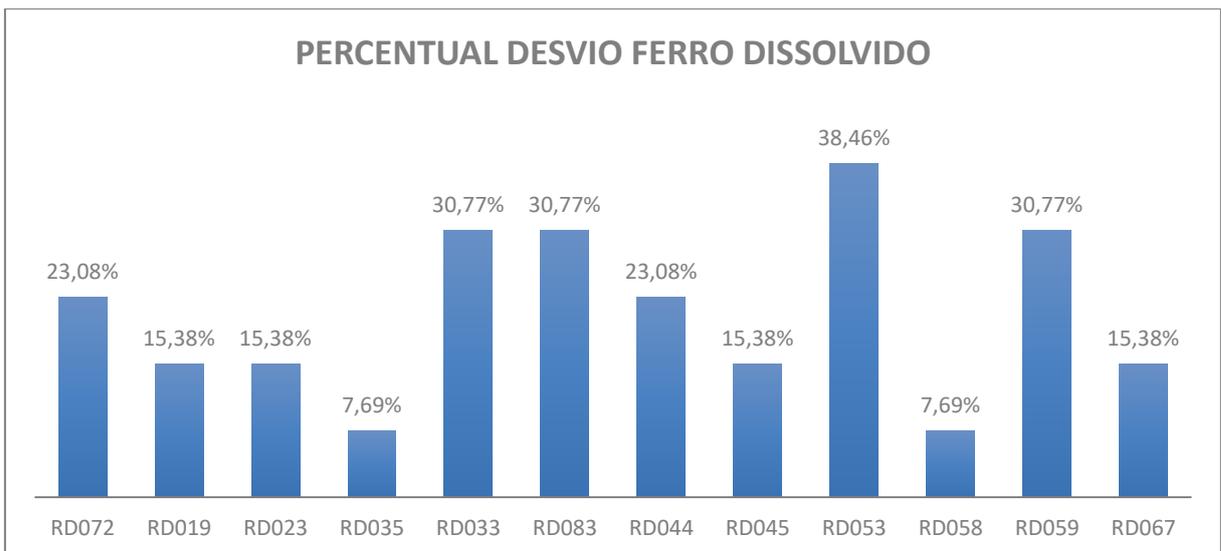
A elevada turbidez na água foi ocasionada pela presença do rejeito de minério deixando a sua aparência opaca (marrom avermelhada), ocorrendo a redução de penetração da luz e prejudicando a vida aquática. Esse resultado elevado causa impactos críticos no tratamento de água potável, nas medidas acima de 50 NTU requer filtração, coagulação química para a remoção dos sólidos suspensos e melhor eficiência no processo de desinfecção. Nota-se que a turbidez vem apresentando queda gradativa dos valores ao longo das demais coletas. As reduções desses valores estão relacionadas à capacidade do Rio Doce em depurar os rejeitos, à medida que tem sua vazão aumentada, com a contribuição de seus afluentes.

Figura 7 - Resultados ferro dissolvido 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 8 - Percentual de desvio ferro dissolvido 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

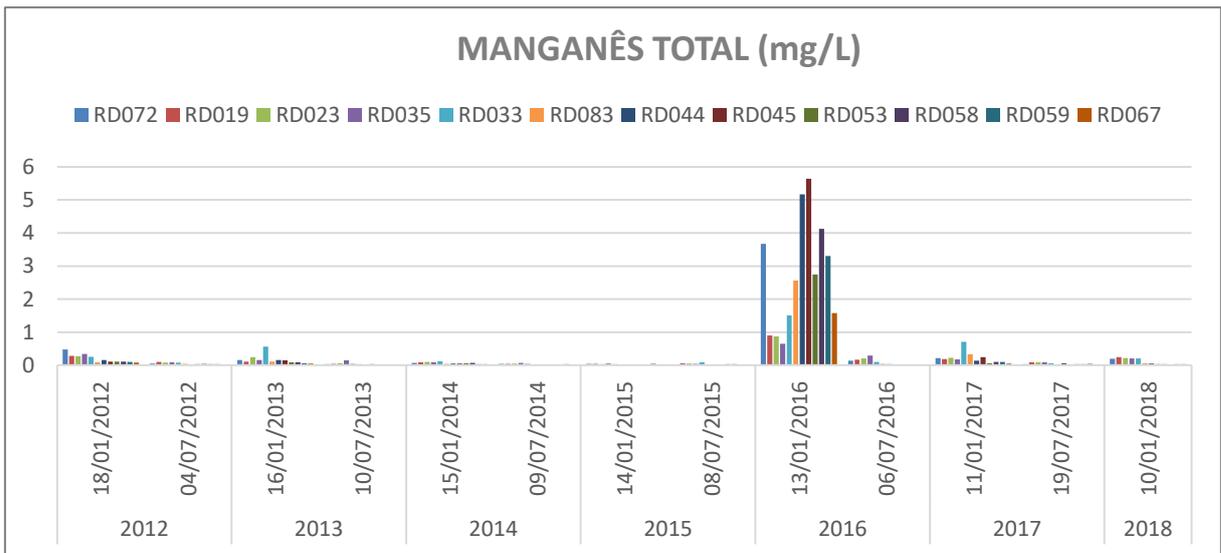
Na figura 07 estão apresentados os valores ferro dissolvido obtidos no período de janeiro de 2012 a janeiro de 2018 para as 12 estações de monitoramento já mencionadas anteriormente.

Nas estações de amostragem, mesmo após a passagem da lama (coleta 13/01/2016), os valores foram inferiores, apenas as estações RD033, RD083, RD045, RD053, RD059, RD067 apresentaram valores acima do permitido. Contudo, os resultados de ferro obtidos através da série histórica, figura 08, demonstraram

que a maioria desses pontos de monitoramento já ocorreram oscilações dos valores ao longo dos anos, sendo que, os valores permanecem acima do limite de classe 2.

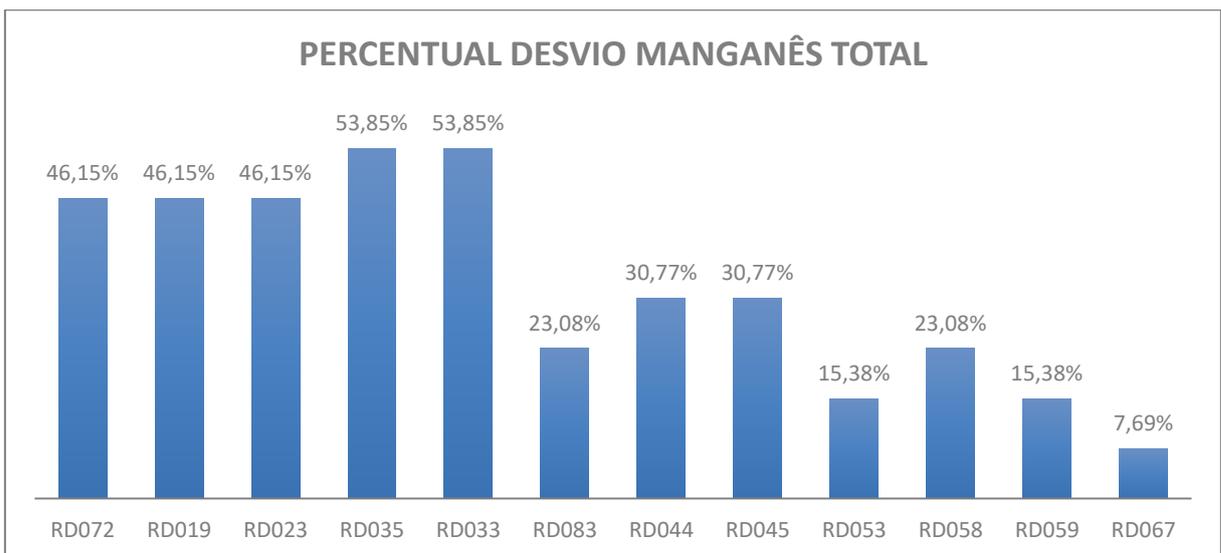
O ferro em alta quantidade gera impactos significativos na rede de distribuição e no tratamento de água. Ele interfere diretamente no sabor e cor da água, causando manchas em roupas e vasos sanitários e causa problemas de desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias (PIVELLI, 2000).

Figura 9 - Resultados manganês total 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 10 - Percentual de desvio manganês total 2012-2018

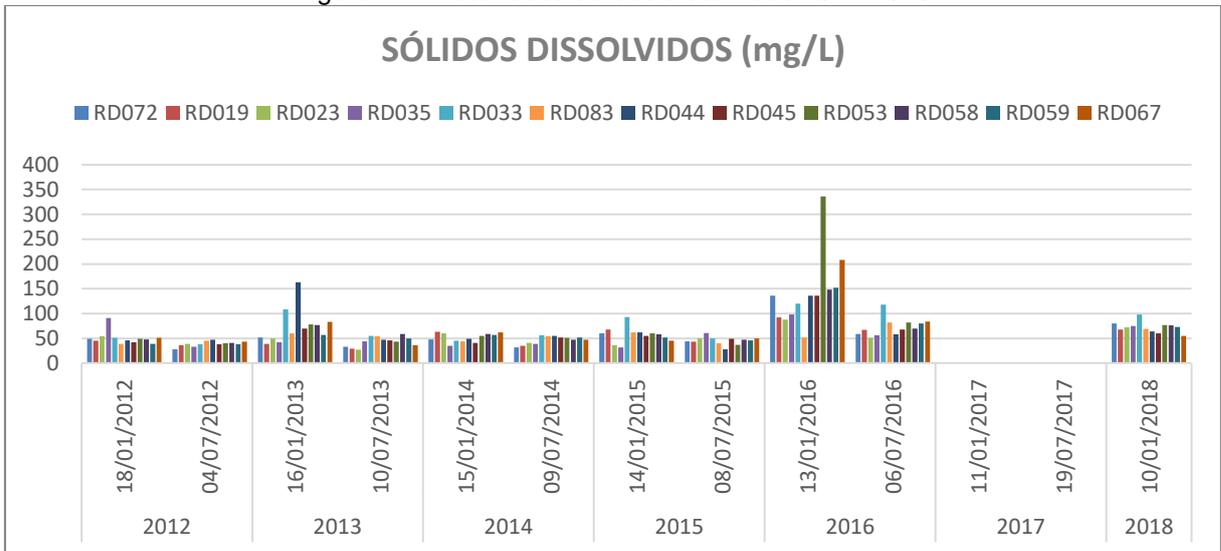


Fonte: Elaborada pela autora.

Após o rompimento da barragem de Fundão (amostra do dia 13/01/2016), verificam-se em todos os trechos, médias mais altas, conforme apresentado na

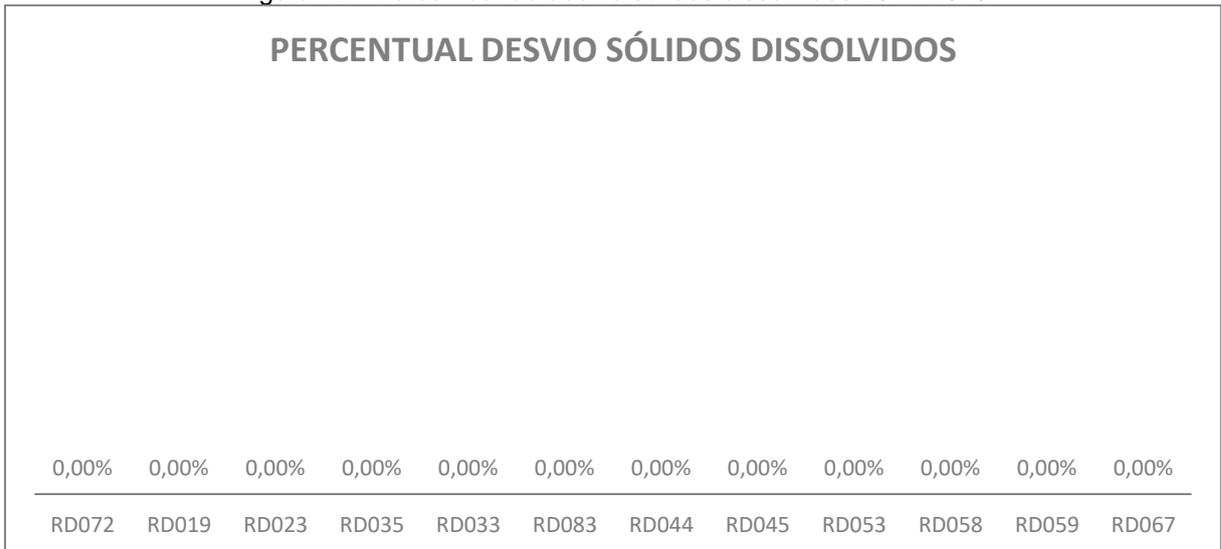
figura 09. Nesse período, os valores mais altos de manganês total foram encontrados nas estações de Governador Valadares RD044 (5,166 mg/L) e na estação RD045 (5,637 mg/L). A partir da próxima amostra julho de 2016, os resultados apresentam uma expressiva redução. Contudo, no gráfico de percentual de desvio, figura 10, é possível observar que o parâmetro analisado apresenta elevado valor de desvio em toda a série histórica principalmente no trecho de Rio Doce até Belo Oriente (RD072 – RD033).

Figura 11 - Resultados sólidos dissolvidos 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 12 - Percentual de desvio sólidos dissolvidos 2012-2018



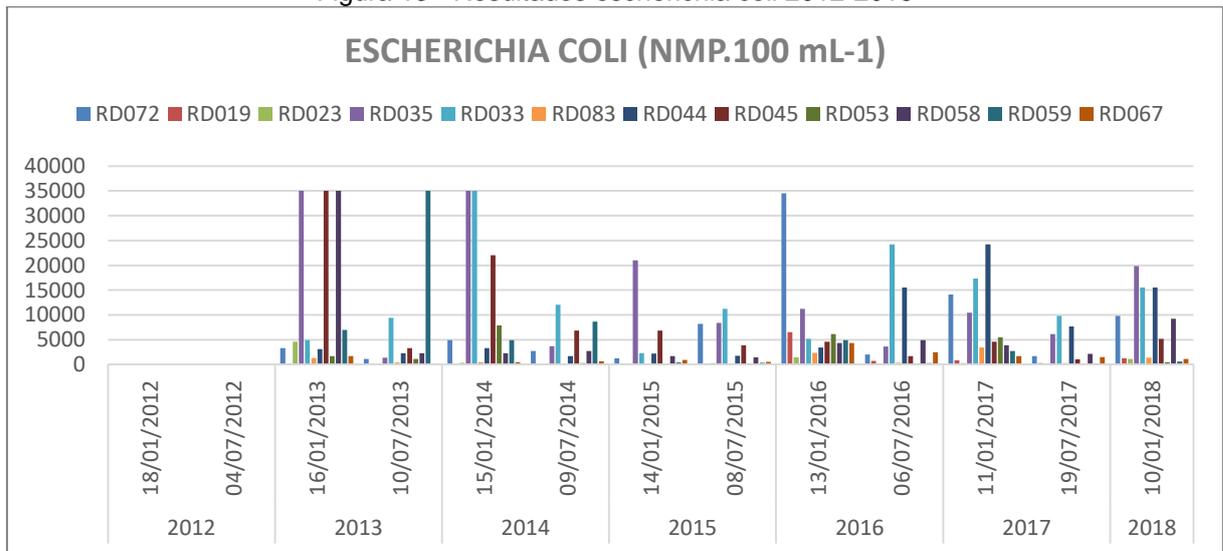
Fonte: Elaborada pela autora.

Avaliando-se as figuras 11 e 12 verificou-se que, mesmo em decorrência da presença do rejeito no trecho, os resultados estão conforme preconizados na legislação vigente.

Importante mencionar que águas turvas e com alta concentração de sólidos tornam o tratamento da água potável difícil. No caso do acidente da barragem, o abastecimento de água precisou ser interrompido. A elevação dos sólidos causa consequências aos ecossistemas aquáticos, com impactos negativos para diversos usos dos recursos hídricos, tais como a irrigação, pesca, recreação e navegação.

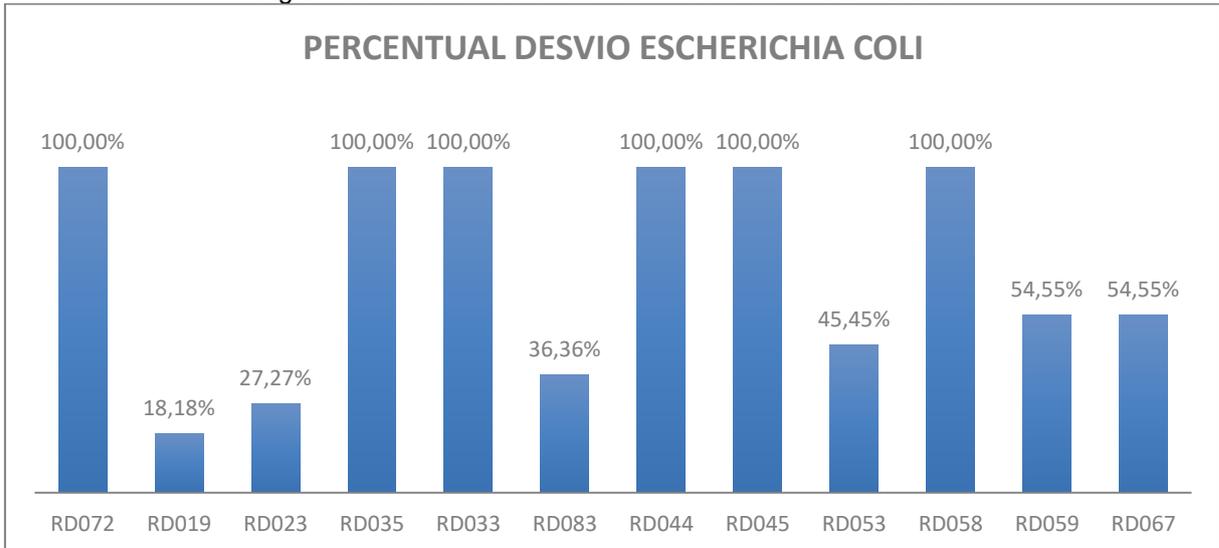
Segundo informações do IGAM (2013), o parâmetro *Escherichia coli* passou a ser avaliado em contrapartida aos coliformes termotolerantes, a partir da primeira campanha de 2013. Essa mudança é justificada por estudos recentes que mostram a espécie *Escherichia coli* como sendo a única indicadora de contaminação fecal, humana ou animal.

Figura 13 - Resultados escherichia coli 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 14 - Percentual de desvio escherichia coli 2012-2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Na análise da série histórica, figura 14, é possível perceber o elevado valor do parâmetro. A presença de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente nas águas comprovadas através da presença dos microrganismos como coliformes termotolerantes (Pelczar et al, 1996). O grupo *Escherichia coli* é o principal representante da contaminação fecal.

Segundo a ANA (2015) a ausência de tratamento dos esgotos domésticos é uma das principais dificuldades observados na bacia. Segundo estudos, apenas 41 das 209 cidades localizadas na bacia do Rio Doce proporcionam serviços de coleta e tratamento de esgotos, sendo que apenas 28 dessas cidades tratam mais da metade do esgoto que produzem.

Para a avaliação da Contaminação por Tóxicos (CT) comparam-se os resultados com os limites estabelecidos nas classes de enquadramento dos corpos de água pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01 de 2008. Os classificados como Baixa refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedam em até 20% o limite de classe de enquadramento. A contaminação Média aplica-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%, enquanto a contaminação Alta às concentrações que excedam em mais de 100% os limites.

Segue abaixo no quadro 03, os resultados da série histórica de Contaminação por Tóxicos (CT) do ano de 2012 até 2018:

Quadro 3 - Contaminação por Tóxicos (CT) 2012-2018

ANO	MÊS	RD072	RD019	RD023	RD035	RD033	RD083	RD044	RD045	RD053	RD058	RD059	RD067
2012	JANEIRO	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixa							
	JULHO	Baixa											
2013	JANEIRO	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	JULHO	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixa						
2014	JANEIRO	Baixa											
	JULHO	Baixa											
2015	JANEIRO	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa							
	JULHO	Baixa											
2016	JANEIRO	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta							
	JULHO	Baixa											
2017	JANEIRO	Baixa											
	JULHO	Baixa											
2018	JANEIRO	Baixa											

Fonte: Elaborada pela autora.

O índice de Baixa Contaminação por Tóxicos (CT) predominou nas amostragens da Bacia do Rio Doce no período de 2012 a 2018. Essa classificação é considerada boa condição em relação à ocorrência de substâncias tóxicas.

Porém em quase todos os pontos analisados da bacia do rio Doce, no ano de janeiro de 2016, apresentaram o CT Alto. Os elementos responsáveis pela ocorrência de CT Alta são:

- RD072: chumbo total, cromo total e mercúrio total;
- RD023: mercúrio total;
- RD033: chumbo total;
- RD083: chumbo total e cromo total;
- RD044: chumbo total, cromo total e mercúrio total;
- RD045: chumbo total, cromo total e mercúrio total;
- RD053: bário total, chumbo total, cobre dissolvido cromo total e zinco total;
- RD058: chumbo total e cromo total;
- RD059: chumbo total, cromo total e mercúrio total;
- RD067: chumbo total e cromo total;

Para definição da faixa de contaminação é considerado a situação mais crítica no conjunto total de resultados das amostras, então se apenas um dos parâmetros tóxicos em uma estação de amostragem mostrar-se com valor do dobro da sua concentração definida no limite da legislação, a contaminação da água por tóxicos naquela estação de amostragem será considerada alta.

Os altos índices de metais identificados na amostra de janeiro de 2016 podem ter causados pelo revolvimento do material depositado no fundo do curso d' água, uma vez que as demais amostras não foram identificadas como alto (IGAM, 2018).

Em quase todas as análises é possível observar pico de valores durante a amostra de janeiro 2016 (amostra pós desastre), entretanto foi observado uma queda nos valores de todos os parâmetros na amostra seguinte, com valores mais próximos aos apresentados antes do acidente.

Embora as condições anteriores dos parâmetros analisados estejam voltando a normalidade, os impactos nos ecossistemas aquáticos deixaram um passivo no rio Doce. Grande parte do material do rompimento da barragem ainda está depositado

nos corpos hídricos, o que afeta de maneira direta nos diversos usos da água. Além disso, os rejeitos acumulados nos corpos hídricos impactam no processo de autodepuração e principalmente no balanceamento dos ecossistemas aquáticos, afetando diretamente a fauna e flora.

6.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O acidente ocasionado pelo rompimento da barragem de Fundão, proporcionou o escoamento da lama de rejeitos de minérios provocando sérios impactos por todo o leito do Rio Doce. Conforme já apresentado, foram identificadas alterações nas concentrações de metais pesados e na qualidade do recurso hídrico, prejudicando o abastecimento de água para o consumo humano, a dessedentação de animais, bem como outras atividades (ANA, 2015).

As comunidades banhadas pelo rio doce tiveram suas águas diretamente afetadas pelo rejeito. Nessas áreas, o acúmulo do resíduo é preocupante, uma vez que as várzeas possuem solo arenoso, sendo mais permeáveis. Assim, os aquíferos subterrâneos dessas áreas podem estar mais suscetíveis à contaminação por metais pesados (IBAMA, 2015).

Segundo a ANA (2015), o fornecimento de abastecimento de água deriva exclusivamente de captações superficiais em 149 das 209 sedes municipais da bacia. Além dessas 149, outras 32 cidades apresentam dependência parcial de captações superficiais.

O acidente ocasionou interrupção no fornecimento de água à população dos municípios de Minas Gerais diretamente dependentes do rio Doce foram: Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta e distrito de Aimorés (Figura 15).

Figura 15 - Suspensões no abastecimento de água nos municípios dependentes do rio Doce

ONDA DE REJEITO	Sede Municipal	UF	População Total (IBGE, 2015)	Dependência do Rio Doce
noite 08/11	Belo Oriente	MG	25.619	Parcial
	Periquito	MG	7.103	Parcial
	Alpercata	MG	7.478	Total
noite 09/11	Governador Valadares	MG	278.363	Total
noite 10/11	Tumiritinga	MG	6.669	Total
manhã 11/11	Galiléia	MG	7.061	Total
noite 12/11	Resplendor	MG	17.675	Total
	Itueta	MG	6.087	Total
manhã 16/11	Aimorés	MG	25.694	Parcial

Fonte: Ana (2015).

O acidente acarretou na interrupção do abastecimento de água, além disso, causou danos às redes de distribuição de água. Esses estragos podem retratar na qualidade da água fornecida. A paralisação do serviço de abastecimento também afetou outros serviços dependentes da rede pública de água, tais como: saúde, educação, comércio, serviços e indústrias (ANA, 2015).

Como ações da Samarco, foram executadas medidas alternativas de transporte de água bruta, uso de sistemas de outros municípios, carros-pipa, caixas d'água comunitárias e entrega de água mineral, entre outros arranjos emergenciais (SAMARCO, 2015).

Segundo a ANA, foram necessárias algumas medidas para que o fornecimento retornasse ao normal, essas ações geraram alto custo com produtos químicos. Foram utilizados floculantes especiais e cloro e maior frequência de limpeza dos filtros, e adição de tanino para sedimentação de altas concentrações de sólidos totais (ANA, 2015).

O rio Doce possui grande responsabilidade nas questões de disponibilidade hídrica e fornecimento de água. Os municípios não podem ser dependentes do rio Doce, uma vez que devem criar solução para adoção de medidas alternativas para o abastecimento público.

6.3 OUTROS USOS DA ÁGUA

Inevitavelmente, a atividade com maior prejuízo econômico decorrido do rompimento da barragem foi a indústria, com R\$ 208.290.000,00 de prejuízos, com destaque da paralisação temporária da Cenibra Papel e Celulose, por impossibilidade de captação de água. O setor de serviço foi o segundo mais prejudicado, com prejuízos de mais de 40 milhões de reais, seguido do setor pecuário, que apresentou prejuízos de pouco mais de 20 milhões de reais. O comércio e a agricultura tiveram prejuízos menores quando comparados aos demais setores. No total, mais de 280 milhões de reais foram contabilizados em prejuízos econômicos privados. Cabe ressaltar que nem todos os municípios afetados declararam prejuízos financeiros privados, sendo provável que levantamentos mais aprofundados resultem em valores maiores (SEMAD, 2016).

Segue abaixo outros impactos relacionados aos usos da água como:

6.3.1 Geração de Energia Elétrica

Ao longo do percurso do rio Doce, existem 4 Usinas Hidrelétricas (UHE) localizadas nos seguintes municípios:

- Risoleta Neves (Candonga);
- Baguari,
- Aimorés;
- Mascarenhas.

As UHEs tiveram geração de energia afetada devido ao acúmulo da lama. Grande parte do material ficou retido na primeira barragem de Risoleta Neves, contabilizando cerca de 30% de todos os rejeitos liberados pelo rompimento de Fundão, após ultrapassar esta barreira, a lama seguiu pela calha do Rio Doce. Em seguida, os rejeitos chegaram na Usina Hidrelétrica de Baguari, que também teve sua atividade interrompida (JOHAS, 2017).

6.3.2 Indústria

As principais atividades econômicas na região da bacia do rio Doce são: a agropecuária; a agroindústria; a mineração; a indústria (celulose, siderurgia e laticínios); o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica (LUME, 2010).

Essas indústrias dependem diretamente dos recursos hídricos disponíveis na bacia do rio Doce, seja através do abastecimento da rede pública ou captação própria através de outorga. Na calha do rio Doce há, ao todo, 16 usuários industriais com outorgas (ANA, 2015).

6.3.3 Pecuária, Agricultura e Pesca

Assim como indústria, a pecuária e a agricultura também foram afetadas pelo alto valor na turbidez da água, afetando as redes de distribuição e os equipamentos de aspersão de água. Além disso o gado tende a não ingerir águas com elevada turbidez.

Conforme mencionado, o ocorrido no rio Doce afetou drasticamente os níveis de turbidez e oxigênio dissolvido da água, tornando-a imprópria para o consumo humano e para a agropecuária. Isso acarretou a morte de grande parte da icitiofauna de todos os cursos d'água que foram atingidos pela lama. Com os danos aos peixes, os pescadores perderam seu principal meio de subsistência (Lopes, 2016).

6.4 PROPOSTAS DE AÇÕES DE RECUPERAÇÃO

De suma importância ratificar, a valia da preservação e conservação dos recursos naturais, considerando em preliminar a fauna, flora e os recursos hídricos, para que sejam respeitados o ciclo natural e a qualidade de vida dos seres que habitam no ambiente, incluindo-nos nesse conceito.

Sabe-se que a qualidade dos recursos hídricos é constantemente algo a se discutir devido a necessidade de seu uso. O abastecimento público das cidades por sua vez, é uma questão de extrema relevância, por ser corresponsável pelo desenvolvimento da região e estar diretamente relacionado a qualidade de vida, a principalmente no que se diz a respeito da saúde pública.

Contudo, se medidas de recuperação, proteção e reintegração dos recursos hídricos, visando as áreas afetadas pelo rompimento, não forem tomadas imediatamente, o desabastecimento de água e à formação de solo improdutivo para a produção de alimentos é previsto.

Segundo a ministra do Meio Ambiente na época do acidente, Izabella Teixeira, a recuperação da Bacia do Rio Doce pode levar em torno 30 anos, ponderando que o primeiro passo deve ser o desassoreamento, para então dar início aos plantios.

FARIA (2010), ressalta que a desobstrução é de suma importância para o sucesso do plano de recuperação. Portanto, se for mal executada comprometerá as demais atividades, de recuperação da fauna do rio e flora da bacia. Ressalta-se a destinação adequada do material removido do leito do rio.

Diques filtrantes temporários também são ações para recuperação da bacia, com o objetivo de retenção de sedimentos. Tais procedimentos minimizaram alguns impactos ambientais, relacionados principalmente com a qualidade das águas (QUEIROZ, et al., 2015).

Segundo LIMA (2014) e CORRÊA (2014), a produção de água está associada à preservação e recuperação das nascentes e APP's. Os fatores erosivos também são amenizados com o restabelecimento das APP's. De acordo com DADALTO (2014), recuperar e preservar as áreas marginais de cursos d'água significa garantir espaços, onde ecossistemas e habitats naturais são mantidos para abrigar a biodiversidade.

Ligada as propostas já apresentadas, a educação ambiental é de fundamental importância na execução e manutenção nas propostas, sendo este, um processo

contínuo, de extrema relevância na formação da cidadania, com formação de mentes críticas, conscientes e atuantes.

Reafirma-se aqui, o acesso aos conteúdos e a criação de valores coletivos de sustentabilidade para que sejam discutidas em sociedade, as melhores e mais eficientes ações que vão contribuir para o bem-estar de todos os envolvidos no cenário em discussão.

É preciso inserir as pessoas nesse processo de constante aprendizado e gerar nelas a cidadania necessária para que compreendam os aspectos em discussão, sendo a educação ambiental, um método imprescindível para que isso aconteça de forma clara, objetiva e satisfatória.

8 CONCLUSÃO

O maior e mais relevante acidente ambiental que se tem registro, ocorrido no dia 05 de novembro de 2015, indiscutivelmente trouxe reflexões, novas modalidades de estudos, conceitos e propostas legislativas que são e serão trabalhadas ao longo de muitos anos adiante. Trabalhar o acidente do rompimento da barragem de Fundão, trouxe a percepção de como dependemos do meio ambiente e principalmente da boa qualidade dos recursos hídricos.

A partir dos estudos desenvolvidos na presente monografia, percebeu-se os diferentes impactos que atingiram de forma imensurável o meio ambiente e as comunidades que dependem do Rio Doce, maior atingido pelo desastre.

É notório, a partir das pesquisas e estudos apresentados, os diferentes impactos hídricos provocados pela lama oriunda da barragem. Ainda, como ações emergenciais foram trabalhadas para que os impactos, mesmo que devastadores, fossem de certa forma minimizados.

Com as análises realizadas, percebe-se que três anos após o acidente, com os trabalhos de recuperação e/ou reabilitação do Rio Doce, o mesmo já apresenta índices de melhora ou regeneração. Sim, é um processo lento e que delonga anos, mas que deve ser continuamente trabalhado de forma eficaz e controlada para que os índices de qualidade das águas do Doce possam obter melhorias.

De suma importância ressaltar que antes do acidente, as águas do Doce, já sofriam fortes e constantes degradações, com o despejo irregular de efluentes oriundos de atividades antrópicas (esgoto doméstico e industriais), além do mal-uso pelas comunidades vizinhas, com o despejo de resíduos sólidos, por exemplo.

Dessa forma, além dos trabalhos desenvolvidos pelas empresas responsáveis legalmente pela estrutura que se rompeu, pelo estados e autoridades pertinentes, cabe trabalhar com a população a chamada educação ambiental.

É claro a dependência (muitas vezes total), de alguns municípios pelas águas do Doce, para atividades de abastecimento, subsistência, lazer, etc., o que traz reflexões sobre como essa realidade pode ser perigosa uma vez que se viu o estado de calamidade no momento em que as águas do rio tornaram-se impróprias para uso, no momento do acidente.

Dessa maneira, ações devem ser estudadas e tomadas, a fim de diminuir a dependência exclusiva dessas regiões com o Doce, trabalhando o saneamento, a

qualidade de vidas, o desenvolvimento da região, as diferentes economias e a fonte de renda, além do contínuo e eficiente trabalho de educação ambiental.

Importante destacar que existem poucos estudos referentes a comunidade de macroinvertebrados. Através da avaliação dessa comunidade é possível fazer uma série de associações entre a biota e as características físicas e químicas das águas e com isso realizar conclusões sobre o estado de degradação ou conservação dos recursos hídricos. Deve-se incentivar mais esse tipo de análise para assim propor medidas de recuperação e sugerir aos órgãos públicos responsáveis a adoção de medidas que visem a melhoria geral da qualidade de água de forma a garantir o uso múltiplo desse recurso para toda população.

Cabe então refletirmos, como o rompimento da barragem de Fundão, nos trouxe – de forma trágica e triste - a consciência de como atitudes antrópicas sem controle e conhecimento adequado de seus impactos, podem ocasionar catástrofes que enternecem a vida de muitos envolvidos no meio.

Cabe a questionarmos se esse lamentável ocorrido servirá de exemplo, para promover mudanças na legislação, nos estudos hídricos e ambientais, ou se prosseguiremos rumo a desastres cada vez mais contundentes?

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. DNPM, 2015. In: SILVA, Cassio Roberto da. Geo diversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro / editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.: il.: 28 cm.

SAMARCO. O que é uma barragem. Disponível em: < <http://www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/08/o-que-e-uma-barragem.pdf>> Acesso em: 11/06/2018.

SIAM. Deliberação Normativa COPAM nº. 62, de 17 de dezembro de 2002. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251>>. Acesso em: 11/06/2018.

IBAMA. O que é segurança de barragens. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/emergencias-ambientais/seguranca-de-barragens/o-que-e-seguranca-de-barragens> > Acesso em: 11/06/2018.

CBH Doce. 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. Disponível em: < http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PIRH_Doce_Volume_I.pdf > Acesso em: 11/06/2018.

IBAMA. Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. Disponível em: < http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf > Acesso em: 12/06/2018.

Sadar, M. Turbidity instrumentation - an overview of today's available technology. In: Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, 2002, Reno.

Marquis. P. Turbidity and Suspended Sediment as Measures of Water Quality. Streamline Watershed Management Bulletin, v.9, p.21-23, 2005.

Yao, M.; Nan, J.; Chen, T. Effect of particle size distribution on turbidity under various water quality levels during flocculation processes. Desalination v.354, p. 116-124, 2014.

PELCZAR, M.P, CHAN, E.C.S, KRIEG, N.R. Microbiologia: Conceitos e Aplicações. Vol. II, 2ª ed. São Paulo. 1996. 350-354 p.

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: 11/06/2018.

IGAM. Resumo executivo qualidade das águas. Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf > Acesso em: 12/06/2018.

IGAM. Monitoramento revela melhora na qualidade da água da bacia do rio Doce. Disponível em: < <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/735-monitoramento-revela-melhora-na-qualidade-da-agua-da-bacia-do-rio-doce> > Acesso em: 12/06/2018.

IGAM. Relatório avaliação da qualidade emergencial. Disponível em: < http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2018/INFORMATIVO_RIO_DOCE/Relatorio_AvaliacaoQualidadeEmergencial_Dez2017.pdf > Acesso em: 12/06/2018.

Agência Nacional de Águas. 2015. Relatório Técnico, Análise Preliminar Sobre a Qualidade d'água e seus Reflexos sobre os usos da água.

IBAMA. 2015. Laudo Técnico Preliminar, Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.

IGAM. Fazer o que deve ser feito. Disponível em: < https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2015/11/DossieSamarco_15_12-2.pdf > Acesso em: 12/06/2018.

SALINAS. Caso Samarco: implicações jurídicas, econômicas e sociais do maior desastre ambiental do Brasil. Disponível em: http://diretorio.fgv.br/sites/diretorio.fgv.br/files/u2726/caso_de_ensino_mariana_2016.pdf > Acesso em: 12/06/2018.

SEMAD - Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG

OKSIGENO. Projeto de recuperação do rio Doce. Disponível em: < <http://oksigeno.org.br/site/content/uploads/Projeto-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-do-Rio-Doce.pdf> > Acesso em: 12/06/2018.

FARIA, R. F. Análise dos Procedimentos de Recuperação das Áreas Afetadas pela Ruptura da Barragem São Francisco. Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto, 2010. 27p. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais. 2010.

QUEIROZ, R. Diagnóstico de impactos em área de instalação de pequena central hidrelétrica no município de Taquaruçu do Sul/RS. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, V. 19, 1, p.96-104. Disponível em: . Acesso em: 16\06\2018.

LIMA, C. F. Monitoramento Hidrológico da Microbacia do Janjão, com Platão da Acronomia aculeata, no Município de Viçosa, MG. Viçosa: Universidade Federal de

Viçosa, 2014. 15p. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2014.

CORRÊA, J. B. L. Processos Hidrológicos Quantitativos e Parametros de Qualidade da Água na Cultura de Macaúba (*Acrocomia aculeata*), Araponga – MG. 49p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2014.

MARQUES. Elaboração de um Banco de Dados sobre Recursos Hídricos em Minas Gerais - Biota Aquática com Ênfase na Bacia do Rio Doce. Disponível em: < http://www.rmpceciologia.com/projetos/riodoce/pt_meg.htm > Acesso em: 25/08/2018.