

ÁREAS IMPACTADAS NA SUB-BACIA DO RIO GUALAXO DO NORTE: ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO, MG¹

AFFECTED AREAS IN THE NORTH GUALAXO RIVER BASIN: FUNDÃO BARRAGE BURSTING, MG

Guilherme Soares da Cruz² e André Luis Domingues³

RESUMO

Em cinco de novembro de 2015, em Mariana, Minas Gerais (MG), ocorreu o maior acidente ambiental com barragens de rejeitos de mineração no mundo. Nessa ocasião, mais de 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos foram despejados no ambiente. Com a constatação da relevância de obterem-se dados sobre as áreas atingidas diretamente pelo rejeito e a escassez de estudos realizados até o momento, faz-se necessária a realização de um estudo para a caracterização local, voltado aos danos gerados por onde a lama passou. Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de classificar e quantificar as áreas impactadas pelo rejeito dentro da sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte, MG. Para isso, a área impactada na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte foi determinada, delimitada e quantificada após o rompimento, em um mosaico de imagens de satélite obtidas no Google Earth Pro. A classificação e quantificação do uso do solo na área impactada foram realizadas sobrepondo o limite da área afetada pelo rejeito sobre o mosaico de imagens de satélite de um período anterior ao rompimento da barragem. Constatou-se que 749 hectares foram impactados por rejeitos da mineração. Destes, 243,3 hectares eram florestas, 146,3 hectares eram recursos hídricos, 287,5 hectares eram destinados ao uso agrícola, 18 hectares de estradas e 41,5 hectares da área urbana do distrito de Bento Rodrigues, o qual foi totalmente tomado pelos rejeitos, o que deu proporções enormes ao desastre.

Palavras-chave: desastre de Mariana-MG, rejeito, mineração.

ABSTRACT

Environmental accidents will always be among the most impacting in the world, this will always be a topic of much discussion. On November 5, 2015, in Mariana, Minas Gerais, occurred the largest environmental accident involving waste dams in the world, dumping more than 60 million cubic meters of tailings in the environment. With the confirmation of the relevance of data obtained on the areas affected directly by the tailings and the scarcity of studies carried out so far, it is necessary to carry out a study for the local characterization, focused on the damages generated by the places where the mud passed. In this sense, this work was carried out with the objective of quantifying and classifying the areas impacted by the tailings within the sub-basin of the Gualaxo do Norte River, MG. For this, the area impacted in the Gualaxo do Norte sub basin was determined, delimited and quantified this area after the break in a mosaic of satellite images obtained on Google Earth Pro. The classification and quantification of the land use in the impacted area was carried out by overlapping the boundary thereof in a mosaic of satellite images from a period prior to the rupture of the dam. It was found that 749 hectares were impacted by mining tailings. Of these, 243.3 hectares were forests, 146.3 hectares were water resources, 287.5 hectares were

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: gcruz2457@gmail.com

³ Orientador - Centro Universitário Franciscano. E-mail: eng.domingues@gmail.com

for agricultural use, 18 hectares of roads and 41.5 hectares of the urban area of the district of Bento Rodrigues, which was totally taken over by tailings, giving huge proportions to the disaster.

Keywords: *disaster of Mariana-MG, tailings, mining.*

INTRODUÇÃO

No dia cinco de novembro de 2015, o Brasil presenciou o que seria o maior acidente ambiental registrado na sua história. Por volta das quatro horas da manhã, houve o rompimento da Barragem de Fundão, deslocando cerca de 62 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, o que resultou em diversos impactos ambientais (AZEVEDO, 2015a).

Os rejeitos de minérios, compostos principalmente de óxido de ferro, água e lama, atingiram os rios da região, contaminando e assoreando seus leitos e nascentes. Grande parte da fauna e da flora da bacia do Rio Doce foi eliminada. O distrito de Bento Rodrigues acabou soterrado, deixando 600 pessoas desabrigadas, 18 mortos, uma pessoa desaparecida e perdas irreparáveis à comunidade local. A lama chegou ao mar, onde também causou estragos, principalmente no município de Linhares, no estado do Espírito Santo (TINOCO, 2015).

O acidente afetou os rios Santo Antônio, Gualaxo do Norte, do Carmo e Piranga, os quais são afluentes do rio Doce. Entre eles, o córrego Santarém e o rio Gualaxo do Norte foram os rios mais impactados na bacia hidrográfica do Rio Doce, por estarem localizados logo a jusante da barragem de Fundão. Ambos tiveram seus leitos tomados pela lama de rejeitos, que continha metais pesados misturados a pedras do barramento e agrotóxicos das lavouras (AZEVEDO, 2015b).

Estima-se que o rompimento da barragem de Fundão provocou a liberação de cerca de 34 milhões de metros cúbicos de rejeito diretamente nos recursos hídricos da bacia do Rio Doce, provocando alteração na qualidade dos cursos d'água, principalmente pelas características do rejeito (BRASIL, 2015). Segundo Costa (2001), os rejeitos minerais associados à mineração de ferro eram basicamente metais com alto potencial tóxico e poluidor, o que aumentou a turbidez dos cursos hídricos, assim como o pH e a condutividade elétrica. A água desses cursos foi praticamente inutilizada para fins como pecuária, agricultura e, principalmente, para o consumo humano (CORRÊA et al., 2015).

Bento Rodrigues, distrito de Mariana, era habitado principalmente por trabalhadores da mineradora, porém o povoado era conhecido por sua forte contribuição na agricultura do Estado de Minas Gerais (IBGE, 2010). De acordo com um estudo realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER - MG), a maior parte do prejuízo está em áreas de plantações, principalmente de cana-de-açúcar, grãos e hortaliças. Estimam-se perdas de cerca de R\$ 7,1 milhões de reais, com 52 propriedades afetadas, cujos produtores ficaram sem solução prévia, sendo que alguns ainda têm financiamento de crédito rural, de alto valor, sem perspectiva de reembolso (EMATER - MG, 2016).

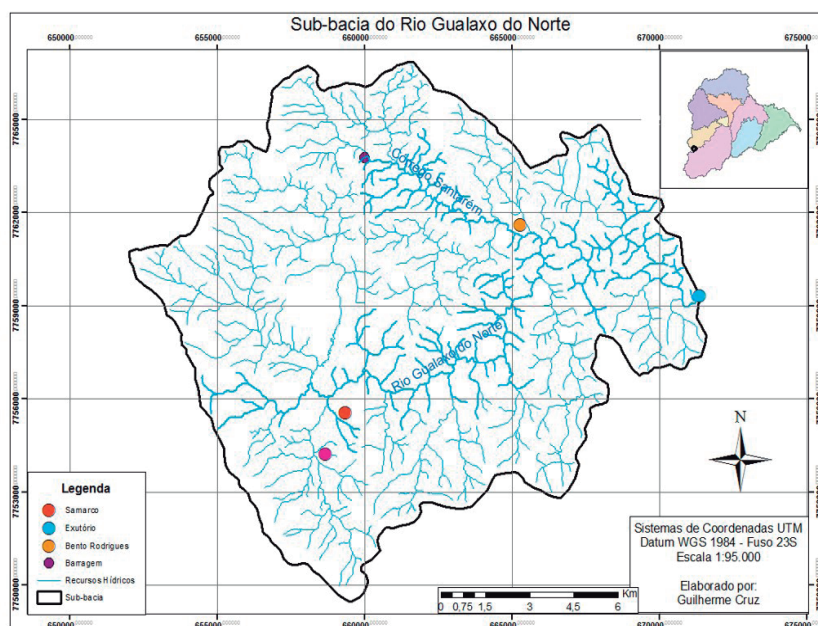
Devido à dimensão do acidente e aos impactos causados, existe a necessidade de um estudo sobre a área impactada pela lama de rejeitos. Nesse sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar e classificar as áreas impactadas pelos rejeitos oriundos da barragem de Fundão na sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte, estado de Minas Gerais (MG).

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A Barragem de Fundão localiza-se no Distrito de Bento Rodrigues, no município de Mariana/MG. A rede de drenagem situada imediatamente a jusante do barramento foi intensamente impactada. Esta é formada principalmente pelo Córrego de Santarém e pelo Rio Gualaxo do Norte, ambos compondo a Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo, Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte, Mariana, estado de Minas Gerais.



No município de Mariana/MG, existem diferentes usos do solo, como o plantio de lavouras permanentes com árvores frutíferas, chás, castanhas, erva mate e café (IBGE, 2014). Também há o plantio de lavouras temporárias com o intuito de exportação para o mercado estadual nas demais regiões, como as culturas de abacaxi, amendoim, arroz e soja (IBGE, 2014). A produção de lavouras temporárias acaba sendo uma forma extra de renda para os agricultores do município (IBGE, 2010).

Atividades como a pecuária (bovinos, bubalinos, suínos e caprinos) e a aquicultura (diversas espécies de peixes) fazem parte da economia local. A região também produz aves (frangos e codornas) para o abate e comercialização de ovos. Outra atividade importante é a apicultura, realizada prin-

principalmente nas matas do município. Entretanto boa parte dos recursos arrecadados pelo município provém da atividade das mineradoras (IBGE, 2014).

ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS E GEOPROCESSAMENTO

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa por informações em reportagens, laudos e documentários sobre a área diretamente impactada pelo rompimento da Barragem de Fundão. Constatou-se que a área afetada com maior intensidade pertence à sub-bacia do rio Gualaxo do Norte. Com base nesses aspectos, foi definida esta sub-bacia como unidade limite para o estudo.

As etapas de geoprocessamento foram realizadas no software ArcGIS 10.3. A delimitação da sub-bacia do rio Gualaxo do Norte e a obtenção da rede de drenagem foram feitas manualmente, utilizando como base quatro cartas topográficas na escala 1:50.000 (Catás Altas-SF23XBI1, Mariana-SF23XBI3, Ouro Preto-SF23XAIII4 e Acuruí-SF23XAIII2), todas georreferenciadas e projetadas no Sistema de Coordenadas UTM, Datum WGS 1984, fuso 23S. Essas cartas topográficas foram obtidas no Banco de Dados do Exército Brasileiro - BDGEX.

O perfil topográfico do percurso dos rejeitos na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, da Barragem de Fundão até o exutório, foi obtido a partir de informações das cartas topográficas. Foram determinadas as distâncias percorridas em cada trecho do rio Gualaxo do Norte e do córrego Santarém entre cada curva de nível, de onde era retirada a informação de altitude.

Para a delimitação e classificação da área atingida diretamente pelos rejeitos na sub-bacia, foi necessária a avaliação de dois mosaicos de imagens que representam dois momentos temporais, antes (20/07/2015) e após (03/05/2016) o rompimento da barragem de Fundão. Estas foram escolhidas por serem as imagens disponíveis no aplicativo Google Earth Pro mais próximas cronologicamente do acidente. Após a escolha das imagens, estas foram georreferenciadas e mosaicadas no ArcGIS 10.3.

No mosaico que representa o cenário após o rompimento da barragem, foi identificada visualmente a área impactada pelos rejeitos e mapeada manualmente. Utilizando como base os limites da área impactada pelos rejeitos, foi realizada uma classificação manual do mosaico de imagens que representam o cenário antes do rompimento da barragem. A classificação foi organizada em seis classes de usos do solo: barramento, estradas, florestas, agrícola, recursos hídricos e distrito de Bento Rodrigues.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

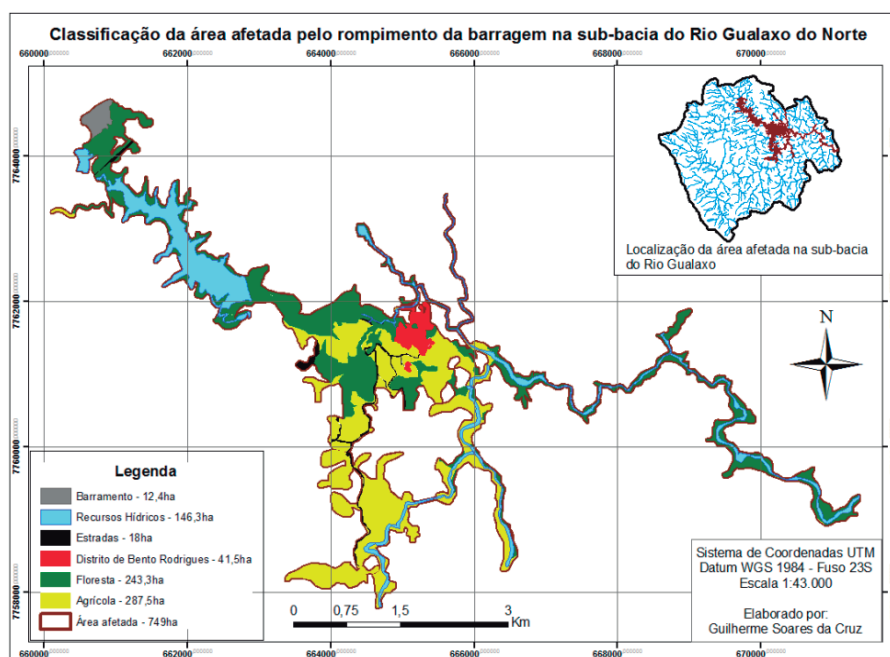
A sub-bacia do rio Gualaxo do Norte abrange uma área de 19.805 hectares (Tabela 1). A área afetada pelos rejeitos corresponde a um total de 749 hectares, ou seja, 3,8% da área total da sub-bacia. Constata-se, ao observar a tabela 1, que as áreas de uso agrícola e recursos florestais foram as mais

afetadas pelos rejeitos, representando 2,6% da área total da sub-bacia. As áreas correspondentes à infraestrutura urbana e aos recursos hídricos contabilizam 1,2% da área total da sub-bacia. Apesar da porcentagem de área afetada ser um valor baixo quando comparada à área total da sub-bacia, sua magnitude é muito grande quando a extensão da superfície afetada é avaliada em hectares (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1 - Demonstrativo das áreas contabilizadas na sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte. Contém a área em hectares e o percentual que a área total afetada e cada classe mapeada dentro da área afetada pelos rejeitos significam em relação à área total da sub-bacia do rio Gualaxo do Norte.

	Área (hectares)	Área (%)
Barramento	12	0,1
Recursos Hídricos	146,3	0,7
Estradas	18	0,1
Distrito de Bento Rodrigues	41,5	0,2
Floresta	243	1,2
Área agrícola	287	1,4
Área total afetada	749	3,8
Área total Sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte	19.805	100,0

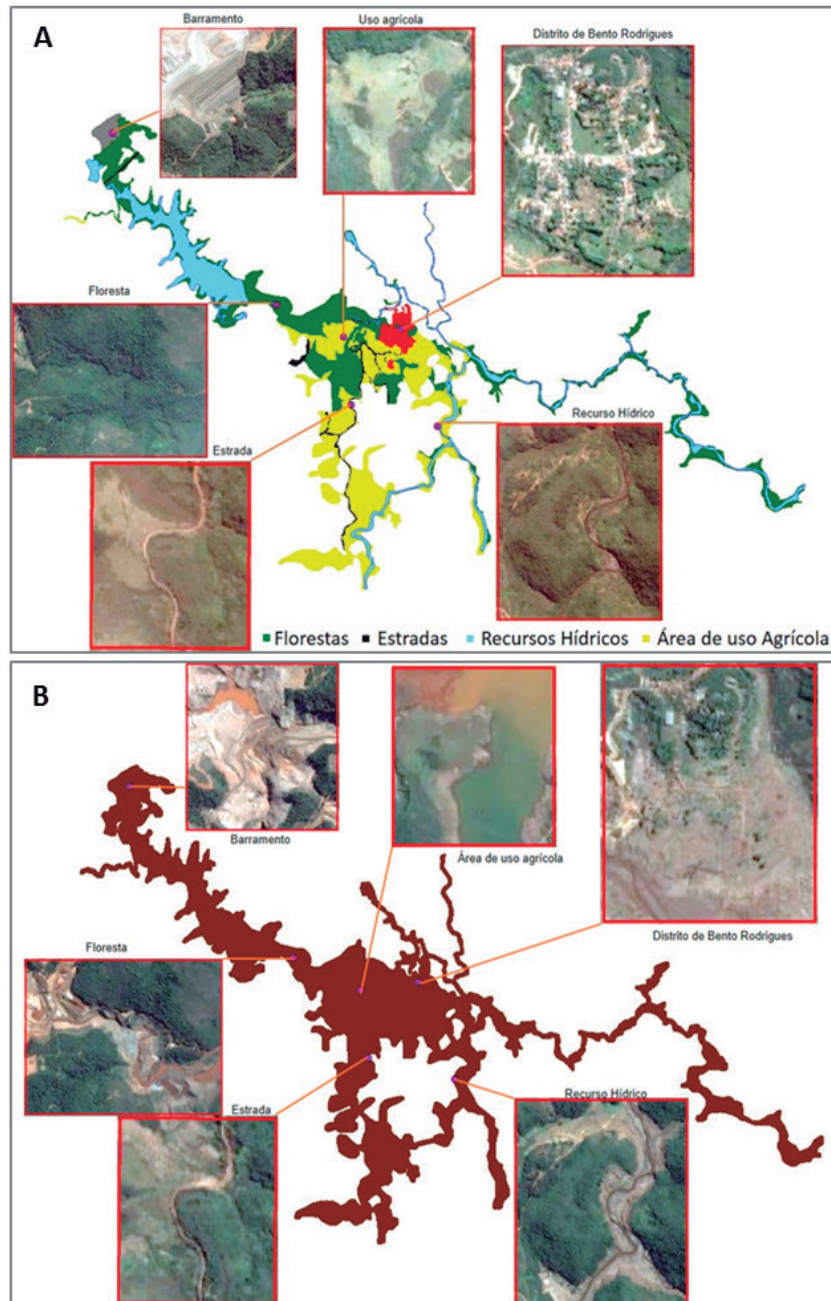
Figura 2 - Resultados da classificação da área afetada pelos rejeitos de mineração após o rompimento da barragem de Fundão, estado de Minas Gerais.



Na figura 3A, a seguir, é possível visualizar a área afetada pelos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de fundão na sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte. Em detalhe, é possível visualizar como eram as áreas anteriormente ao rompimento da barragem. A área impactada pelos rejeitos foi mapeada e classificada de acordo com os usos do solo existentes antes do evento, como é mostrado em detalhes na figura 3A.

Na figura 3B, é possível visualizar como essas áreas ficaram após a enxurrada de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. O barramento ficou completamente destruído, e as áreas de uso agrícola, inundadas, devido à proximidade com a barragem.

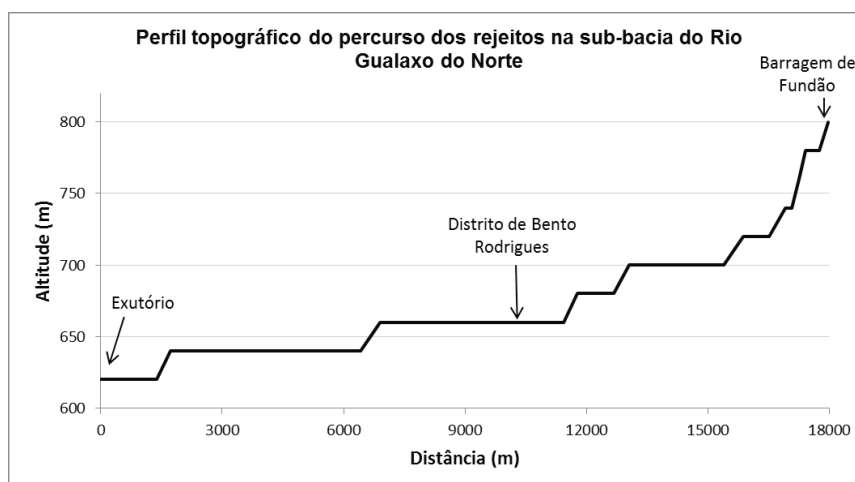
Figura 3 - (A) área afetada pelos rejeitos de mineração com os diferentes usos do solo diagnosticados anteriormente ao rompimento da Barragem de Fundão, estado de Minas Gerais. (B) área afetada pelos rejeitos de mineração após o rompimento da Barragem de Fundão, estado de Minas Gerais, em detalhe, alguns dos locais impactados pelos rejeitos.



A região atingida continha muitas Áreas de Preservação Permanente, que eram compostas por florestas nativas e recursos hídricos, os quais foram completamente tomados pelo rejeito ao longo da sub-bacia. Grande parte do distrito de Bento Rodrigues foi soterrada pela lama de rejeitos, e todas as estradas de acesso ao município foram tomadas pela lama.

Por ser uma região de relevo acidentado (Figura 4), um grande volume de rejeitos deslocou-se rapidamente pela sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte e atingiu com violência tudo o que se localizava a jusante da barragem. Cerca de 41,5 hectares do distrito de Bento Rodrigues foram impactados pelos rejeitos, destruindo mais de 80% da infraestrutura do povoado, o que deixou 600 desabrigados, 18 mortos e uma pessoa desaparecida.

Figura 4 - Perfil topográfico do percurso dos rejeitos na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, partindo da Barragem de Fundão até o exutório da sub-bacia.



O IBAMA emitiu uma Nota Técnica 02001.002155/201591 CSR/IBAMA, descrevendo o uso do solo na área afetada de Bento Rodrigues. O relatório do impacto causado nas habitações conclui que, “das 251 edificações mapeadas em Bento Rodrigues, 207 estavam na área atingida, acabando soterradas, ou seja, 82% das edificações foram atingidas” (BRASIL, 2015).

Na figura 3, fica evidente o impacto que o acidente causou às florestas locais, principalmente nas matas ciliares. Foram 243,3 hectares de estragos contabilizados ao longo da sub-bacia, no entanto, não será possível contabilizar totalmente os estragos, diante da afirmação de que os rejeitos de mineração de ferro têm o potencial para afetar o solo em longo prazo, por se tratar de um material que causa a desestruturação química, o que afeta diretamente o pH do solo (SANTOS, 2004). Com isso, o desenvolvimento das espécies que antes habitavam o ecossistema será dificultado, podendo, em longo prazo, serem modificados devido à alteração sofrida quimicamente no solo (BRASIL, 2015).

A hidrografia do córrego Santarém e do rio Gualaxo do Norte sofreram grandes modificações. A área impactada, apenas na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte, totaliza aproximadamente 146,3 hectares de recursos hídricos. Nessa área, estão incluídos açudes com função agrícola, as calhas dos rios e também nascentes. Em alguns pontos, a vida aquática local foi exterminada, devido ao soterramento pelos rejeitos, o que acabou com o oxigênio dissolvido na água, essencial para a vida de espécies aquáticas (LOBATO, 2015).

O desastre prejudicou severamente os produtores ao longo da margem do rio Gualaxo do Norte, o que era pasto virou lama, impedindo, assim, os animais de se alimentarem e, até mesmo, de se moverem (LOBATO, 2015). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a área impactada pelo lodo não apresenta mais condições para desenvolver atividades agropecuárias, pois tem deficiência na fertilidade do solo e uma camada praticamente inerte na parte superior do solo, o que impede que novas culturas nasçam no local (VARELLA, 2015).

Como mostra a figura 3, foram afetados 287,5 hectares de uso agrícola, tornando-se praticamente inutilizáveis para essa finalidade. Apesar de o material na parte superior do solo ser classificado como não tóxico, a terra não apresenta condições para o desenvolvimento do sistema radicular de plantas, pois, além da baixa fertilidade do solo, criou-se uma camada impermeabilizante na superfície, que impede a infiltração de água (VARELLA, 2015).

Segundo o presidente da Emater - MG, Amarildo Kalil, a maioria das propriedades teriam condições de realocar suas atividades dentro da própria área, pois apenas uma parte foi tomada pela lama. Em outras propriedades, a lama destruiu mais da metade da área, inclusive as melhores áreas de plantio. Esses dados mostram que seria difícil esses produtores voltarem a produzir, e o mais indicado seria realocar essas pessoas para outras áreas e transformar o local em área de preservação ambiental, com trabalhos de recuperação (EMATER - MG, 2016).

Além das demais áreas mencionadas, também foram perdidos 18 hectares de estradas. Essas estradas eram basicamente utilizadas para o transporte entre o distrito de Bento Rodrigues e as propriedades agrícolas (IBGE, 2014). Como consequência, muitas propriedades ficaram sem acesso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento da Barragem de Fundão afetou uma área de 749 hectares da sub-bacia do Rio Gualaxo do Norte. O impacto desse acidente acarretou em perdas de vidas, de infraestrutura urbana e rural, de áreas agrícolas produtivas e de recursos naturais fundamentais para o desenvolvimento de atividades econômicas e sociais na sub-bacia. O relevo acidentado da sub-bacia facilitou o deslocamento dos rejeitos e possivelmente tenha intensificado a velocidade e a força destrutiva por onde passaram. O córrego Santarém e o rio Gualaxo do Norte foram os mais impactados pelos rejeitos, por estarem logo a jusante da barragem.

Os resultados obtidos no trabalho foram satisfatórios e, apesar de serem, apenas estimativas da área afetada, contribuem para se ter uma noção quantitativa e qualitativa dos recursos afetados pelo rompimento da barragem de Fundão na sub-bacia do rio Gualaxo do Norte.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. L. Acidente em Mariana é o maior da História com barragens de rejeitos. **O Globo**, São Paulo, 17 nov. 2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/3brDMD>>. Acesso em: 5 nov. 2016.

AZEVEDO, A. L. Os rios que carregam esperança para o Doce. **O Globo**, São Paulo, 12 dez. 2015b. Disponível em: <<https://goo.gl/dgNANx>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama. **Lauda Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Brasília, 2015. 74p. Disponível em: <<https://goo.gl/Qbi6nJ>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

CORRÊA, H.; LIMA, S.; GOMIDE, R. Mariana: os dramas e as culpas pela tragédia. **Revista Época**, São Paulo, 16 dez. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/KsRb3G>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

COSTA, A. T. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da bacia do Rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do quadrilátero ferrífero (MG): estudo de uma área afetada por atividades de extração mineral**. 2001. 182f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG, 2001.

EMATER - MG - EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Produtores rurais têm prejuízo de R\$ 23,2 milhões com rompimento de barragem em Mariana**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 16 fev. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/HqJgsH>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Nov. 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE CIDADES. **Censo 2014**. Ago. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

LOBATO, P. H. Rio Doce é o retrato da maior tragédia ambiental do Brasil. **EM Digital**, Minas Gerais, 22 nov. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/8SMjWV>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

SANTOS A. G. **influência do teor de ferro na condutividade hidráulica saturada de um rejeito de minério de ferro**. 2004. 224f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG. 2004.

TINOCO, D. Ministra: desastre dizimou 900 hectares de flora em Minas Gerais. **O Globo**, São Paulo, 24 nov. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/6WfVky>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

VARELLA, M. Tragédia em Mariana: produção agropecuária em áreas atingidas está comprometida. Brasília: **EMBRAPA**, 17 dez. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/oEdXbZ>>. Acesso em: 24 nov. 2016.