

The background image is an aerial photograph of a coastal region. A large, irregularly shaped, light brown sediment plume extends from the shore into the ocean, indicating a significant environmental impact. The plume is surrounded by darker blue water, and the coastline is visible with some urban development and greenery.

Impactos Humanos em Recursos Hídricos

Pós –Graduação em Geografia – DGEO

Prof. Ricardo Motta Pinto-Coelho

Aula 8 – Impactos Ambientais - Casos de Estudo

O desastre de Mariana – Rio Doce

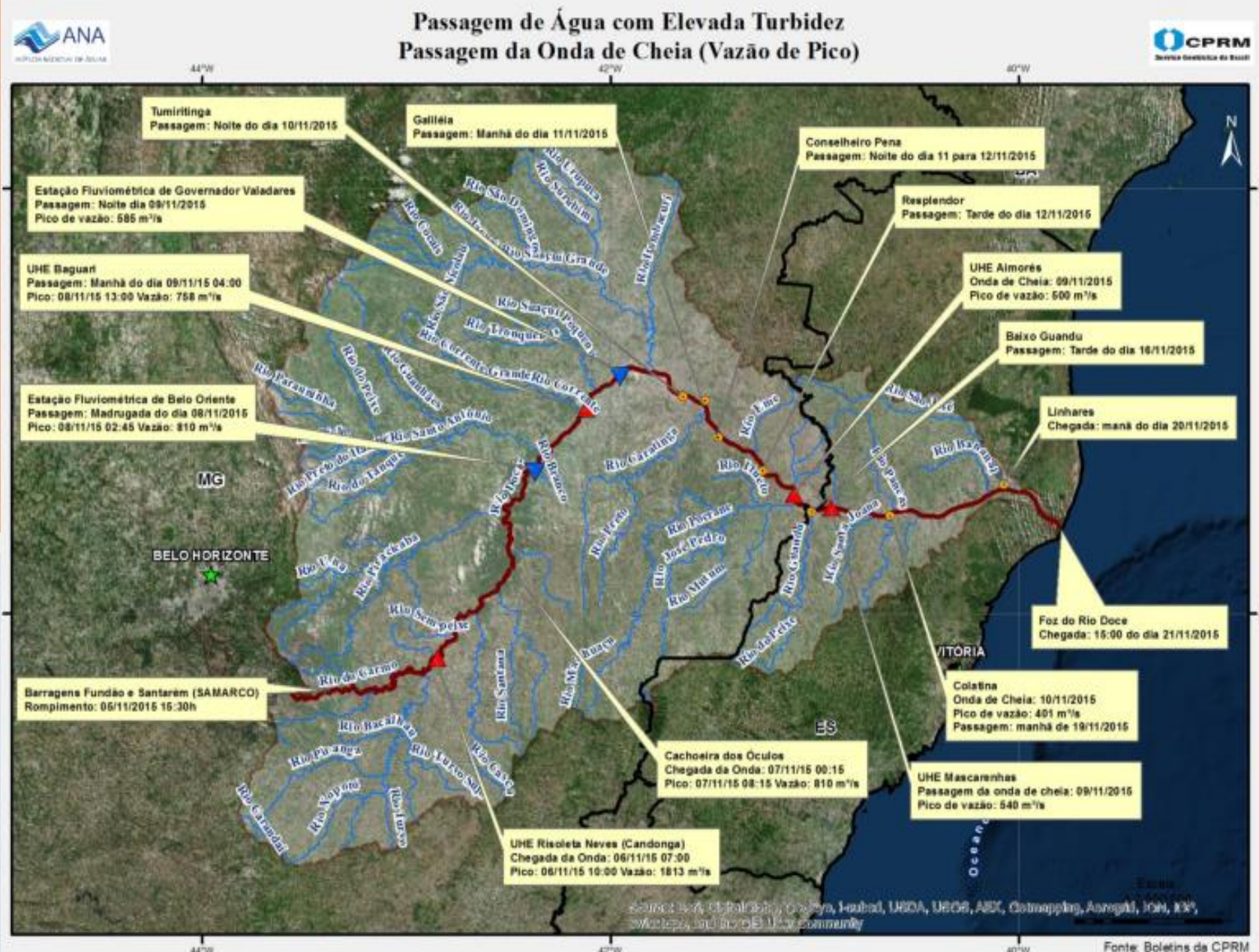
Parte 1 – O desastre

Cronologia do Desastre

O acidente ocorreu no dia 5 de novembro. A torrente de lama atingiu Belo Oriente (6/11), Gov. Valadares (9/11), Tumiritinga (10/11), Resplendor (12/11), Baixo Guandu (16/11), Linhares (20/11) e chega a foz do rio Doce, em Regência no dia 21/11.



Simulação errada!

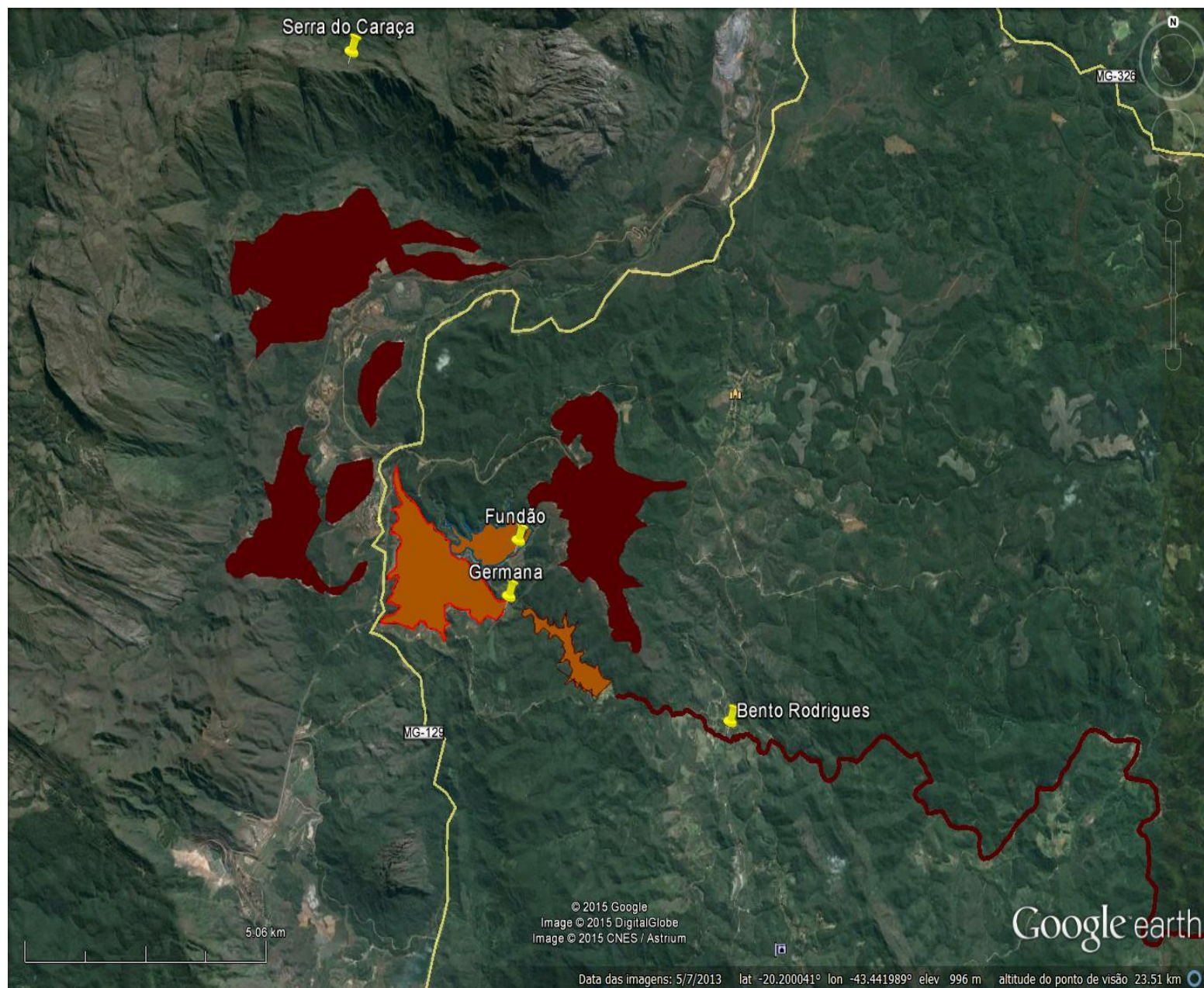


Como realmente foi

O desastre

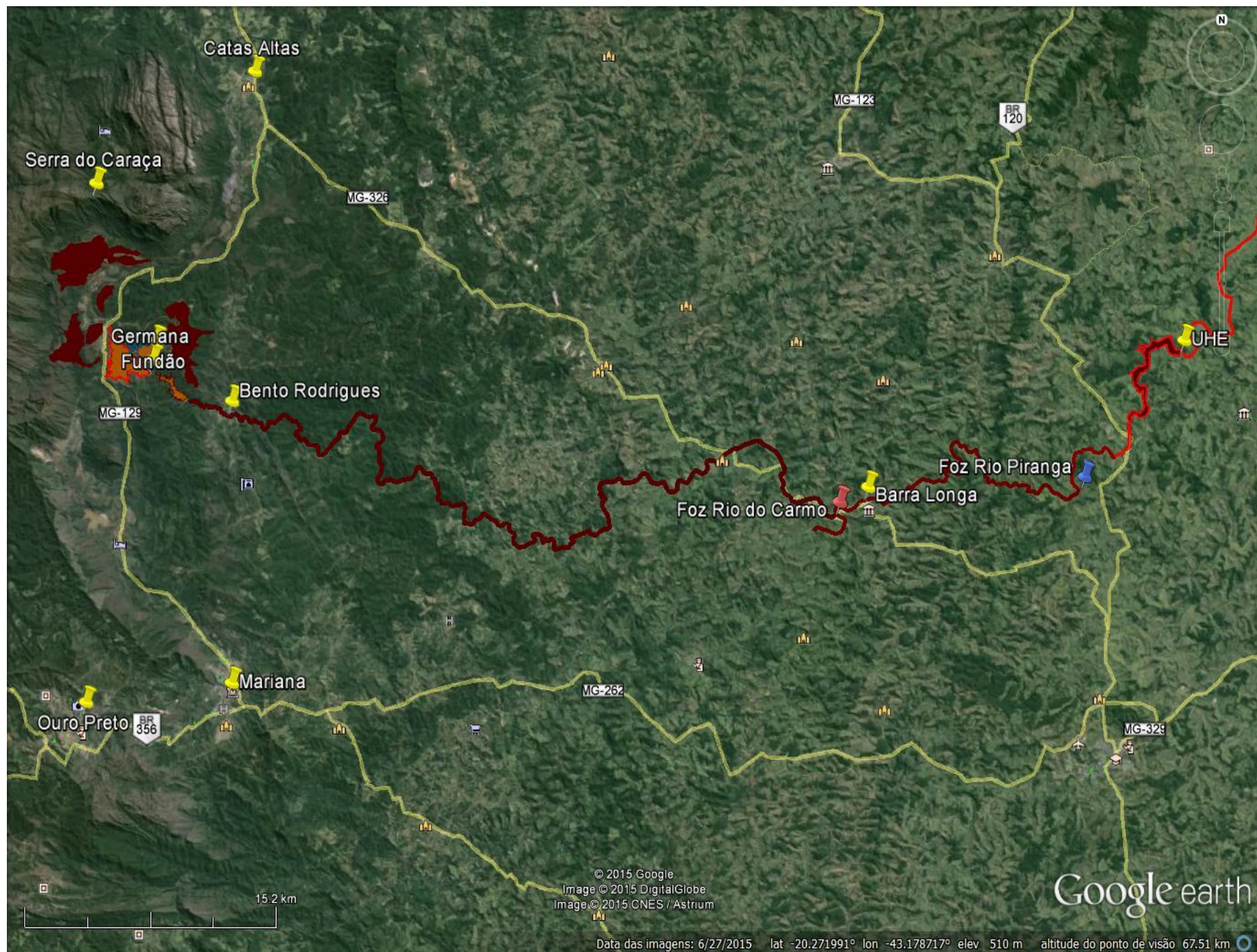
Rompimento da Barragem de Fundão

Na tarde dia 05 de novembro de 2015, a barragem de Fundão, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, Mariana/MG se rompeu de modo repentino. A barragem tinha um volume de 50 milhões de m³ de rejeitos de mineração. Desse total, 34 milhões de m³ desses rejeitos ,após galgarem uma segunda barragem à jusante, foram lançados na bacia hidrográfica do rio Doce. Cerca de 16 milhões restantes ainda permanecem armazenados na barragem de Santarém. Esse material continua sendo carreado, aos poucos, para jusante, em direção ao mar, através dos tributários e do rio Doce



Impactos ambientais

Escala
microregional:



Impactos ambientais

Escala microregional:

Bento Rodrigues,
distrito de Mariana (MG).

Segundo o Boletim Estadual de Proteção e Defesa Civil, de 06 de janeiro de 2016, o desastre de Bento Rodrigues causou a morte de 17 pessoas, sendo que duas outras estavam desaparecidas até aquela data (1 mês após a ruptura da barragem). Os prejuízos sócio-ambientais associados ao desastre levaram o Governo de Minas a decretar a “situação de emergência - SE” para 32 municípios lideiros ao rio Doce. um total de 4.238 pessoas foram diretamente atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão no estado de MG (mortos, desaparecidos, feridos, desabrigados, desalojados).



Impactos ambientais

Escala
microregional:

Córrego Santarém,
rios Gualaxo
(do Norte), Carmo,
rio Doce.



Área imediatamente a jusante da Barragem de Fundão - IBAMA

Impactos ambientais

Escala

microregional:

Córrego Santarém,
rios Gualaxo
(do Norte), Carmo,
rio Doce.



Impactos ambientais

Escala microregional:

Segundo o IBAMA (2015, foram destruídos 1.469 hectares (14,69 km²) ao longo de 77 quilômetros de cursos d'água, incluindo áreas de preservação permanente (APP's.



A passagem da lama não somente destuiu e arrancou as árvores e a vegetação herbácea, mas levou ou soterrou a serapilheira e seus bancos de sementes. Dessa forma, os ecossistemas atingidos pelo desastre nesse primeiro trecho (escala microregional) tiveram sua resiliência e processos de sucessão muito comprometidos.

Impactos ambientais

Escala
microregional:

UHE Risoleta Neves
(Candonga), rio Doce.



Impactos ambientais (Escala **microregional**)

N	Tipo de Impacto	Descrição dos Principais Impactos Previstos
1	Qualidade de Água	Turbidez Ecotoxicológicos (Metais)
2	Vegetação Riparia/Solos	Erosão Compactação Contaminação por xenobiontes (metais e amins) Queda da fertilidade das várzeas e áreas alagáveis Fragmentação de habitats Perda de conectividade nos ecótonos transicionais terra-água Perda generalizada de serviços ecológicos
3	Biodiversidade	Ictiofauna (peixes) Herpetofauna (répteis e anfíbios) Avifauna (aves) Mastofauna (Mamíferos)
4	Unidades de Conservação	Áreas de Preservação Permanente – APP's

Impactos ambientais

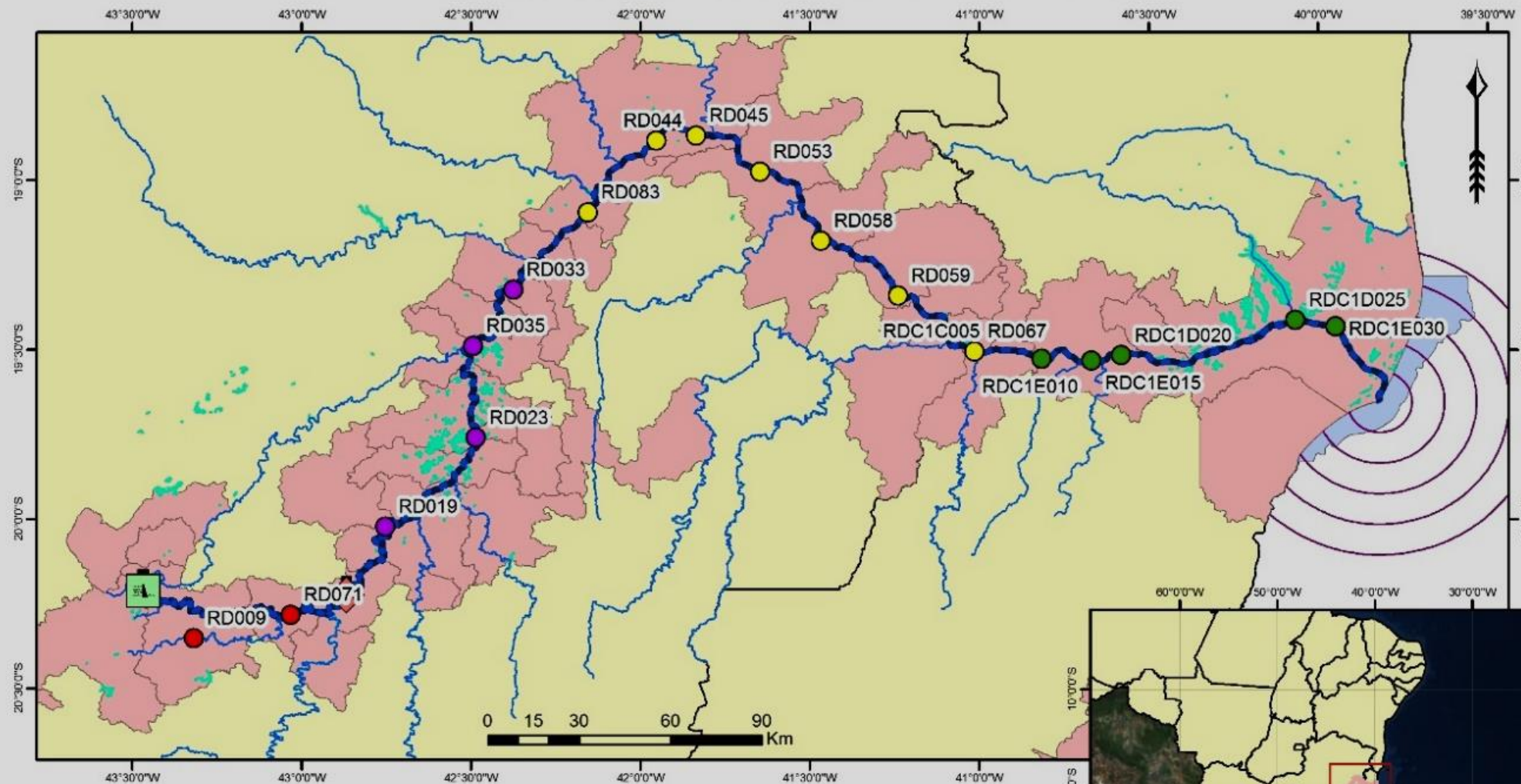
Escala macroregional: rio Doce e sua foz.



Essa escala cobre o trecho de de 574 km compreendidos entre a UHE de Candonga, a partir de onde a lama passa a correr apenas na calha central do rio até a sua foz, na cidade de Regência (ES). Um dos impactos sócio-econômicos mais importantes foi a interrupção do abastecimento de água em cidades de médio a grande porte tais como Governador Valadares e Colatina.



Pontos de Monitoramento do Rio Doce



Legenda

Pontos de Monitoramento

Segmento

- 1
- 2
- 3
- 4



Barragem do Fundão



Risoleta Neves

Calha Principal Afetada

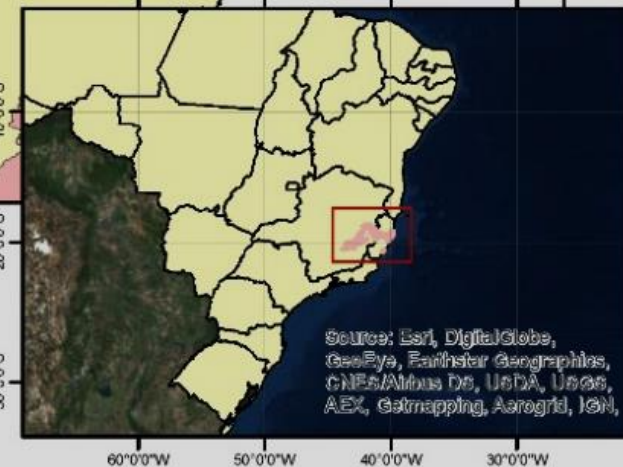
Principais Cursos d'água da bacia do Doce

Isolinhas na foz - 10km

Área marinha de proibição de pesca em junho de 2016

Sistema Lacustre da Bacia do Rio Doce

Municípios afetados



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, Aero, AEX, Geotraping, Aerogrid, IGN,

Formato: A4

Data: 10/05/2017

DATUM: Sirgas 2000

Fonte: IBGE, Base Ramboll, ANA, IGAM, ESRI

Impactos ambientais

Escala macroregional: rio Doce e sua foz.

Foto: UHE de Aimorés.

A principal modificação na qualidade de água decorrente do desastre em Bento Rodrigues foi um aumento extraordinário dos valores de partículas em suspensão na água do rio Doce. Ao contrário do que foi previsto, a recuperação dos valores médios para toda uma série de variáveis associadas ao aumento dessa carga de sólidos não está ocorrendo na velocidade prevista e, em muitos casos, há reversões na tendência de queda nos valores de sólidos têm sido observadas em vários pontos e em várias ocasiões, ao longo dos meses que se seguiram ao desastre.



Impactos Econômicos

Um dos impactos mais importantes do desastre de Mariana foi a interrupção da geração de energia hidroelétrica em algumas das UHE's situadas no rio Doce (Candonga, Baguari, Mascarenhas e Aimorés).

A localização dessas centrais hidroelétricas pode ser vista no cartograma ao lado (triângulos vermelhos)

A localização dessas centrais hidroelétricas pode ser vista no cartograma ao lago (triângulos vermelhos)



Figura 1. Localização da bacia do rio Doce

Impactos na biota

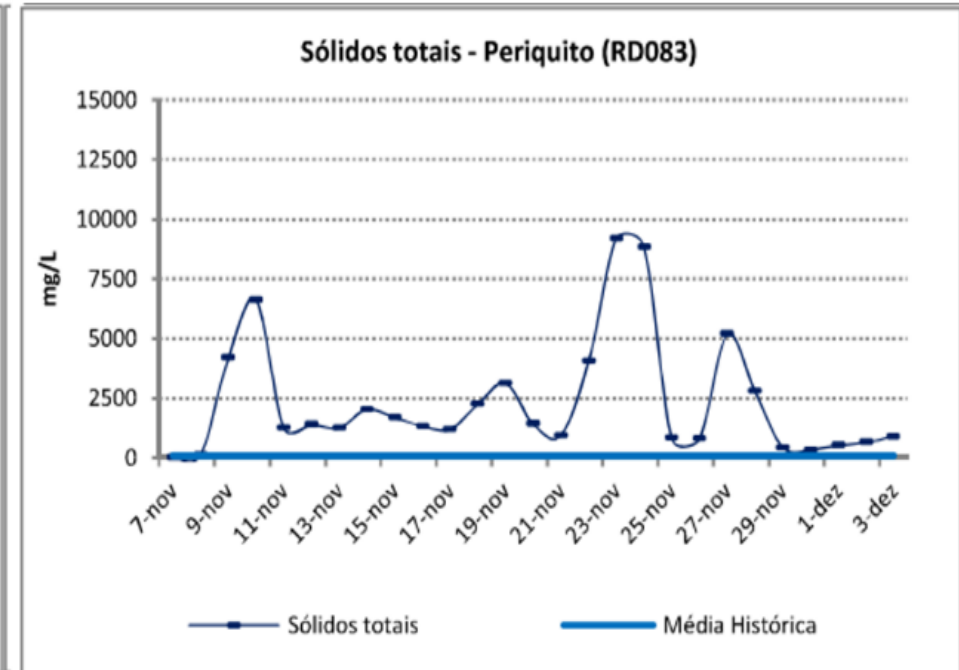
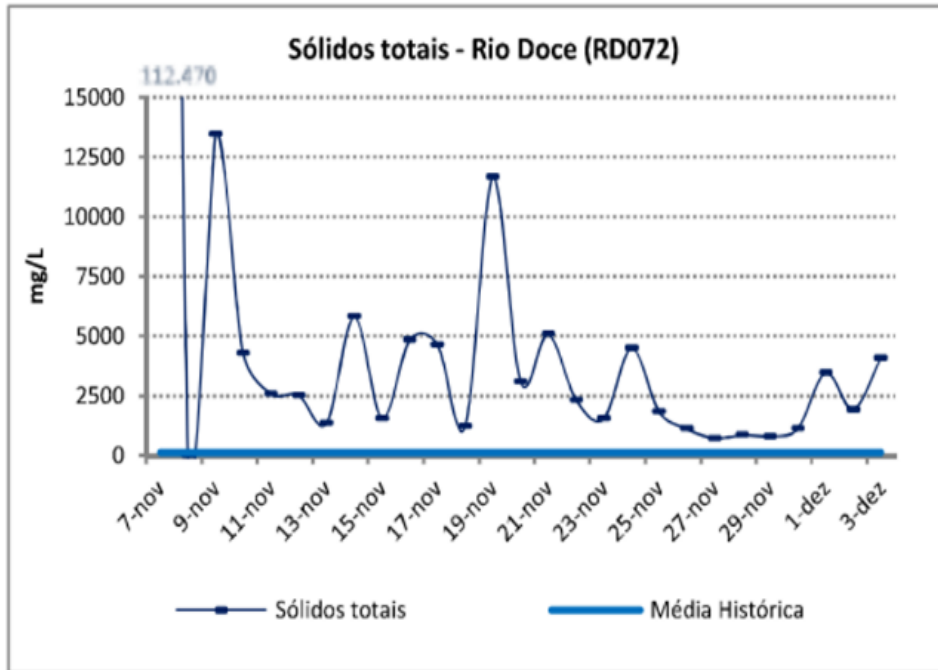
Segundo o IBAMA (2016), o rio Doce possui 64 espécies de peixes nativos (dados da porção de MG) sendo que 12 (doze) são consideradas endêmicas. Outras 11 delas estão ameaçadas de extinção.

Em relação aos impactos ambientais dessa tragédia sobre os componentes da ictiofauna, três aspectos devem ser mencionados: (a) a extensão da rede hidrográfica afetada, de quase 600 km (b) os níveis elevados e persistentes de turbidez e (c) a possibilidade dessa comunidade sofrer os efeitos da biomagnificação de elementos tóxicos colocados em disponibilidade na água, em decorrência da passagem da lama.



Montanha de peixes na área do Parque Estadual do Rio Doce (08/11/2015) - Elvira Nascimento - Banco de Imagens/ANA

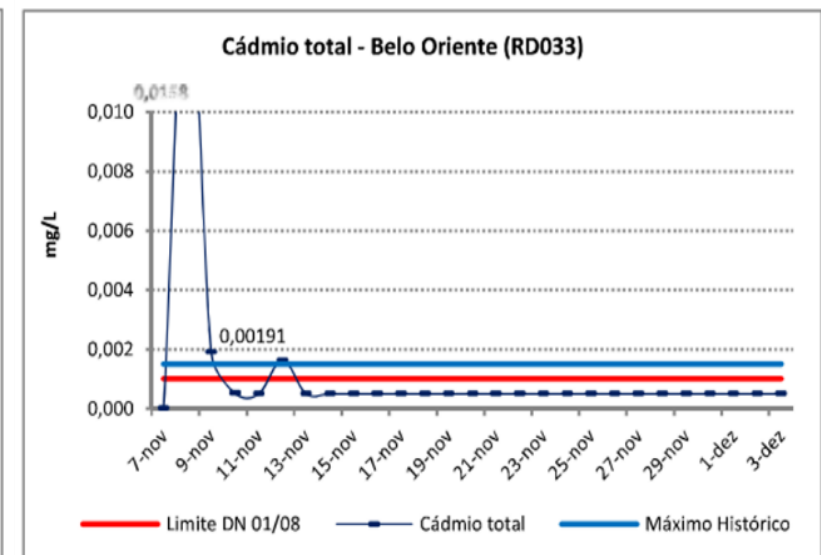
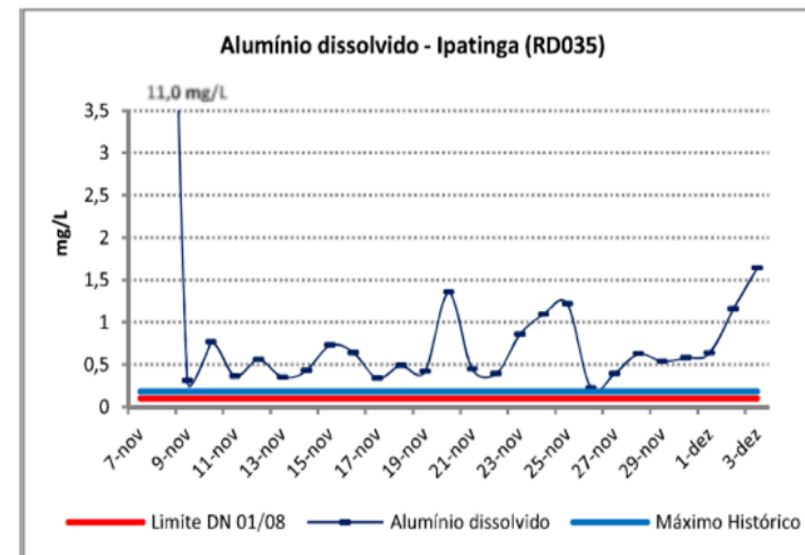
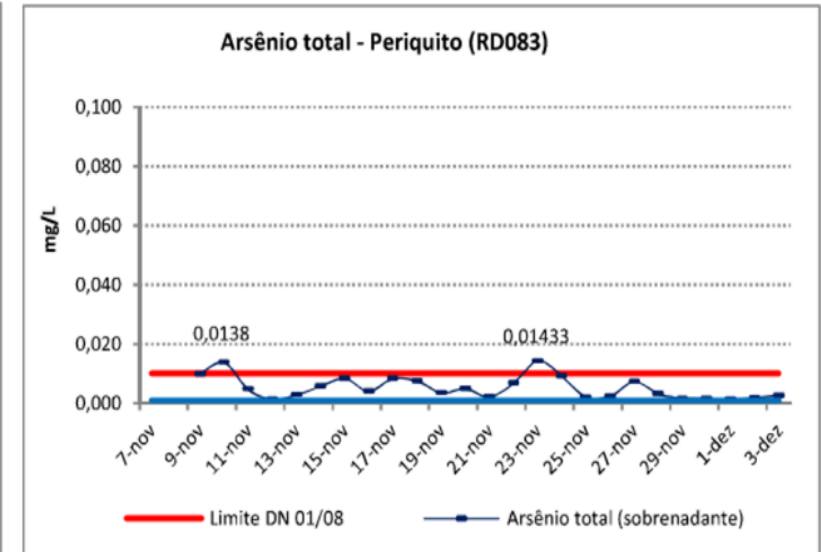
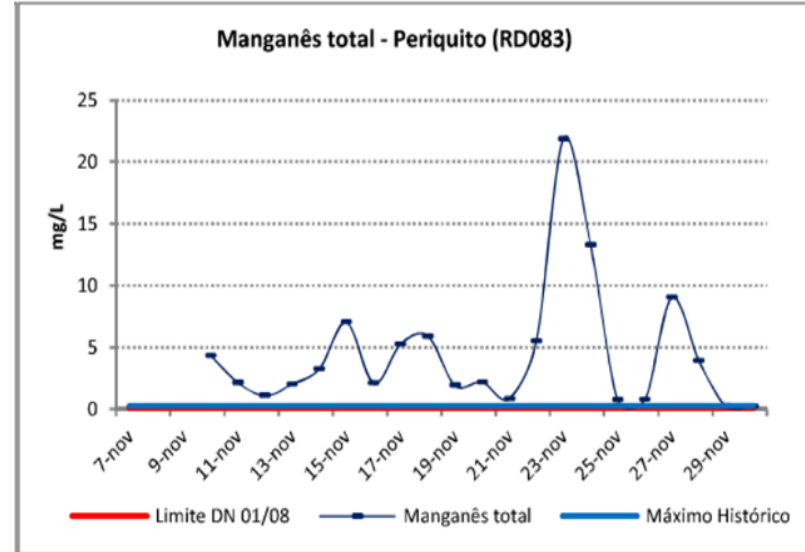
Impactos na Qualidade da Água



Concentrações de sólidos totais (mg/L) entre 07 de novembro e 3 de dezembro de 2015, em dois pontos situados na calha do rio Doce, em Minas Gerais. O gráfico à esquerda ilustra essas concentrações logo após a entrada do rio Carmo no rio Doce enquanto que o gráfico a direita ilustra a evolução temporal da variável em um ponto situado na porção central do rio Doce (estação de Periquito). Dados de IGAM (2015).

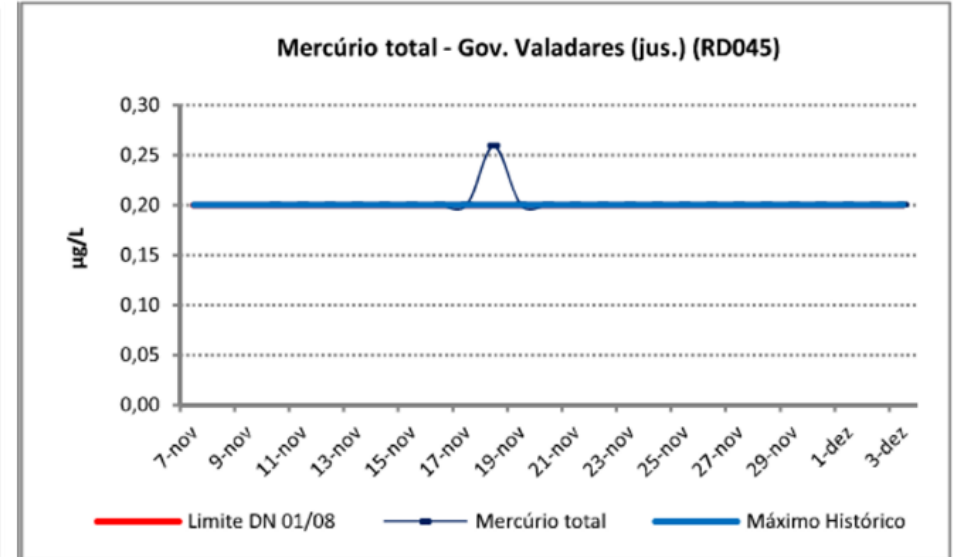
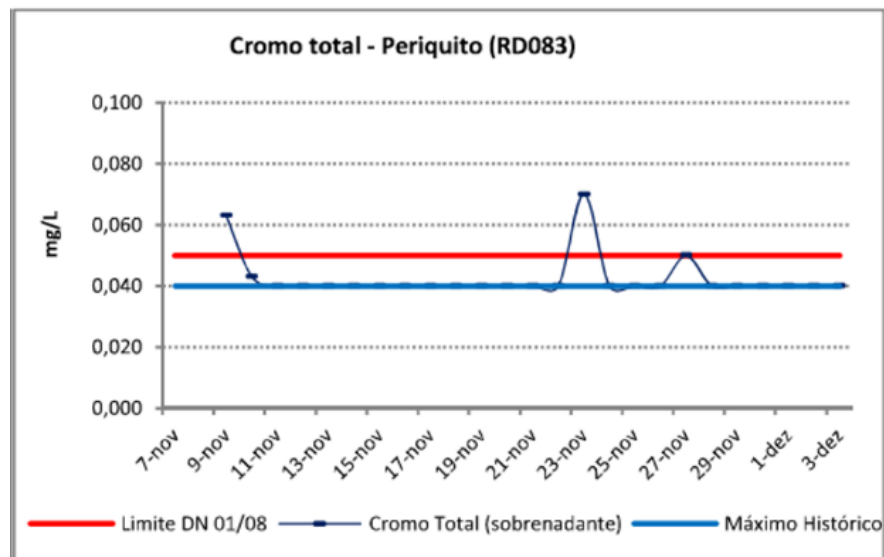
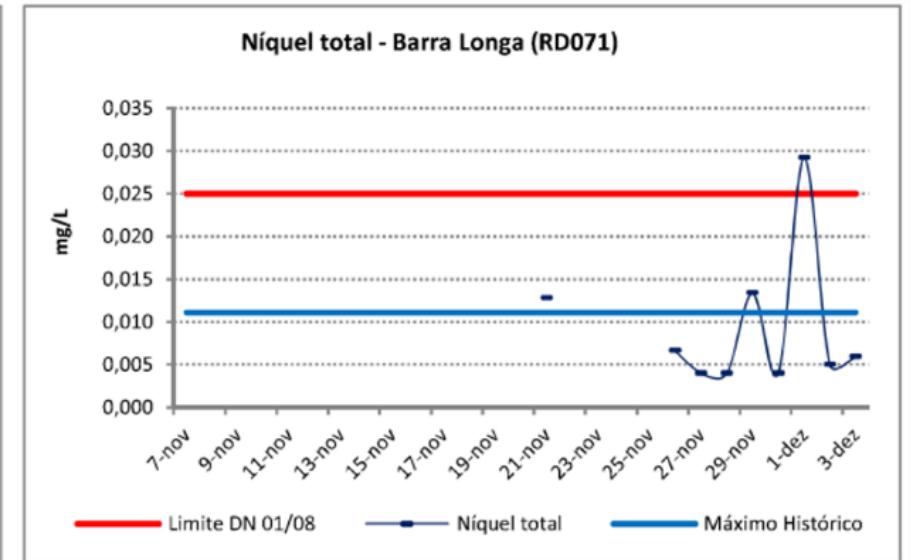
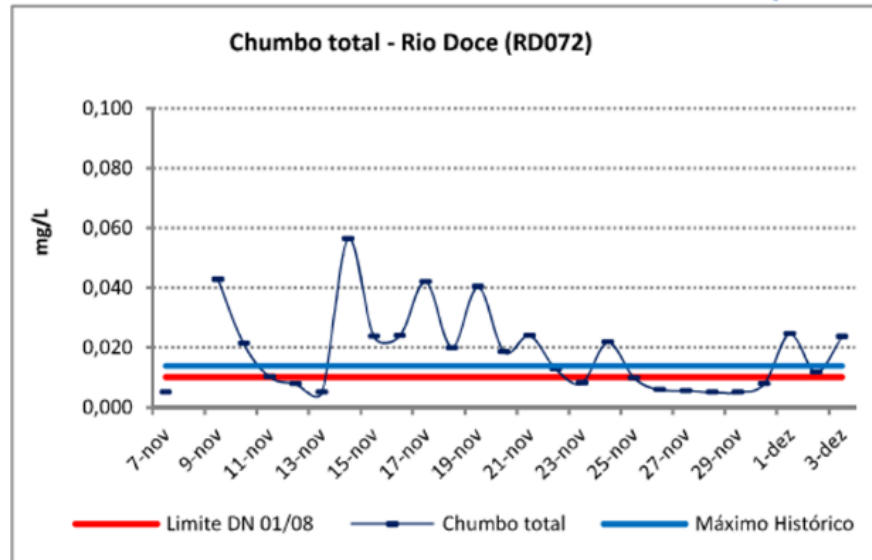
Impactos na Qualidade da Água

Evolução temporal (Nov-Dez 2015) das concentrações de manganês, alumínio, arsênio e cádmio em alguns pontos situados na água da calha do rio Doce, em Minas Gerais. Fonte: IGAM (2015).

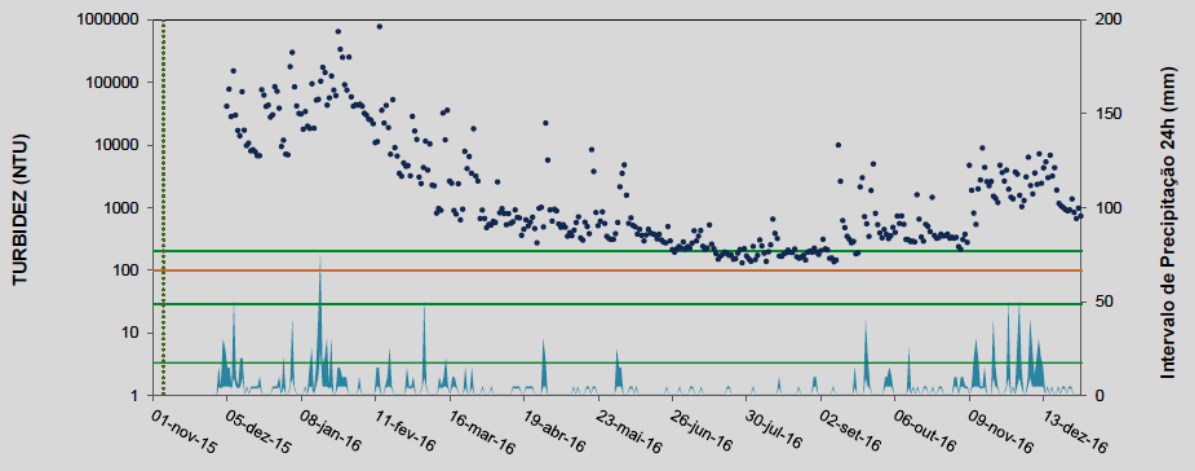


Impactos na Qualidade da Água

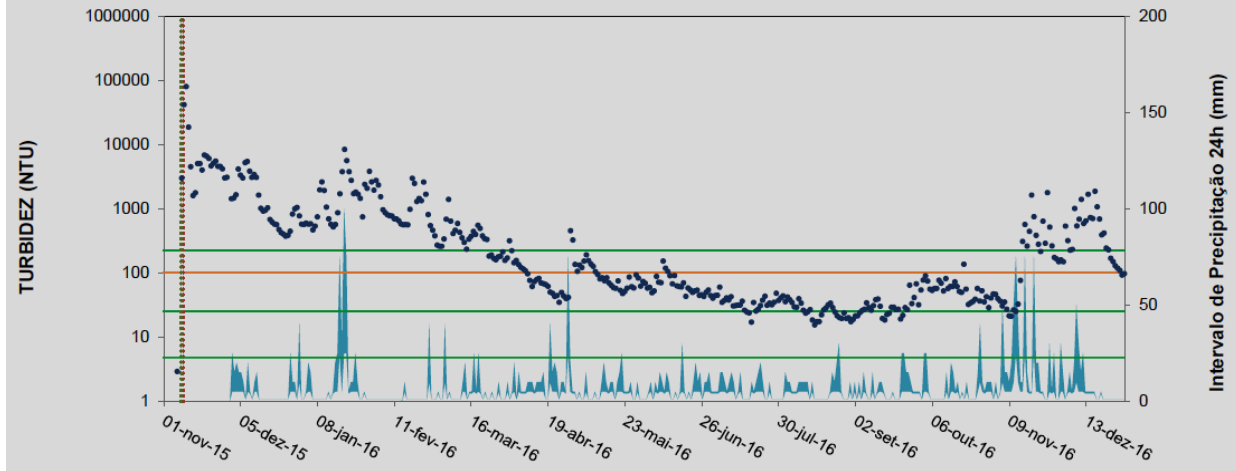
Evolução temporal (Nov-Dez 2015) das concentrações de chumbo, cromo, níquel e mercúrio em alguns pontos situados na água da calha do rio Doce, em Minas Gerais. Fonte: IGAM (2015).



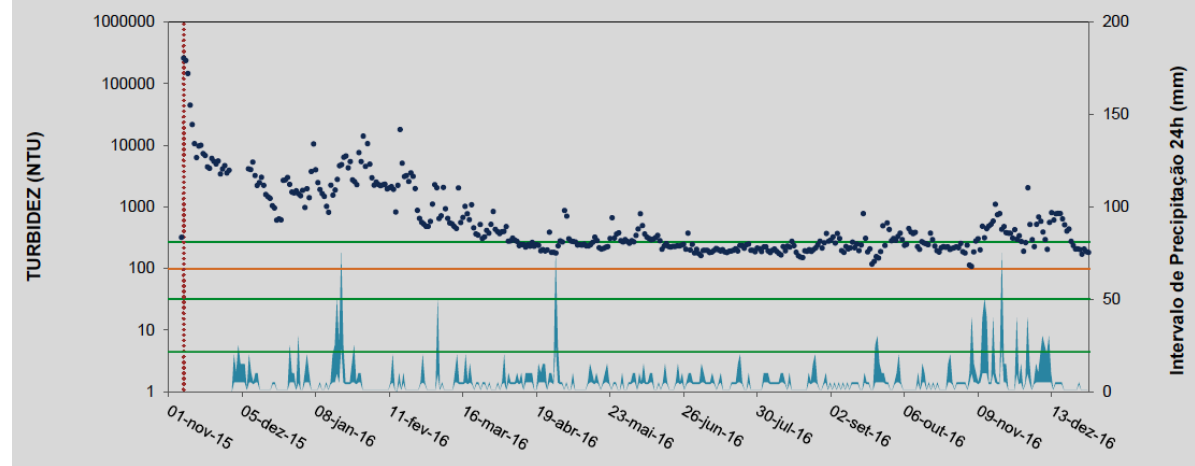
BARRA LONGA



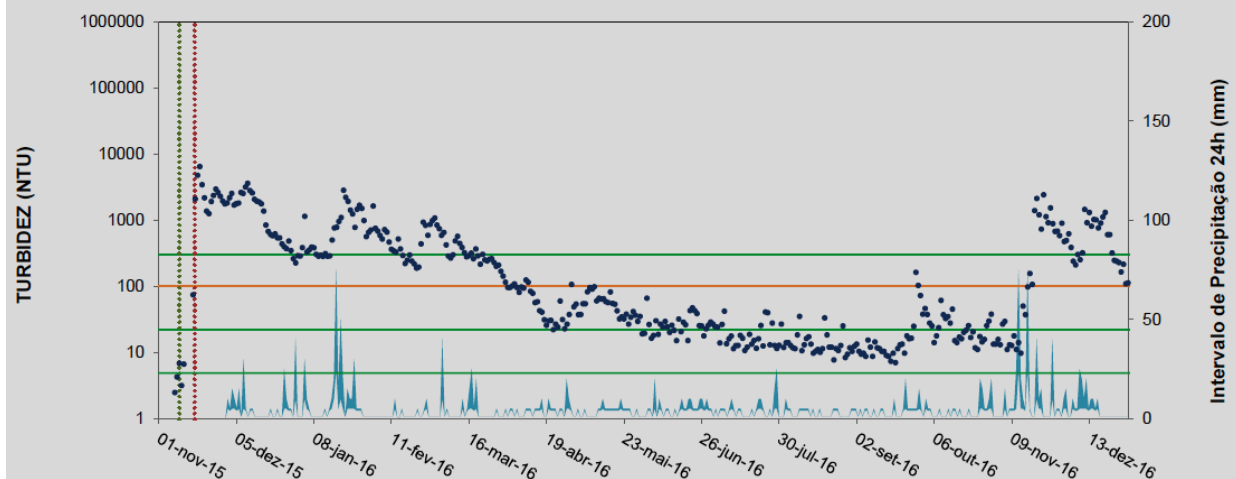
GOVERNADOR VALADARES



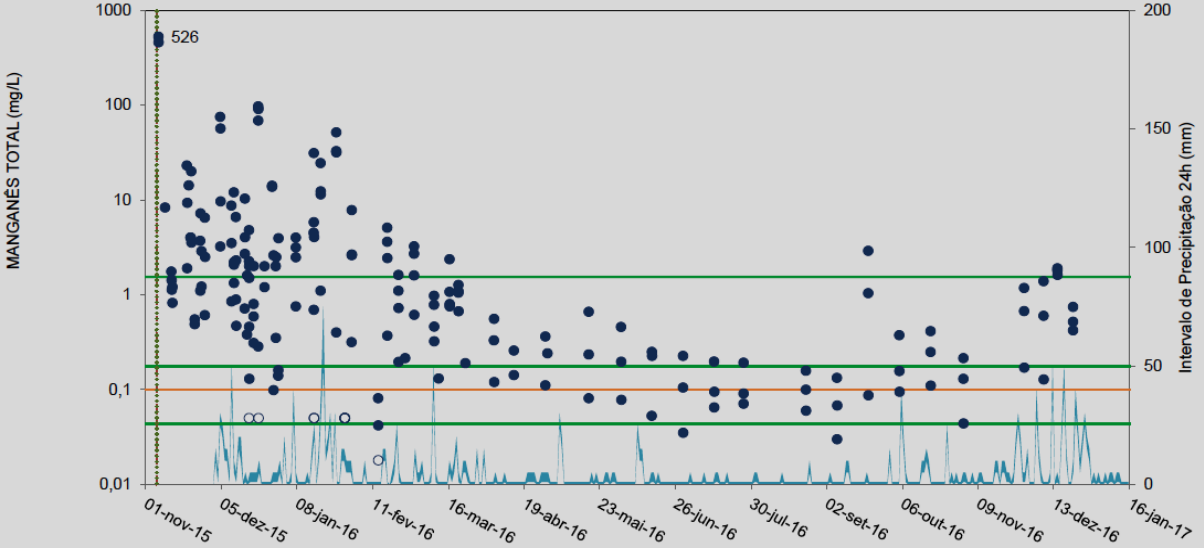
IPATINGA



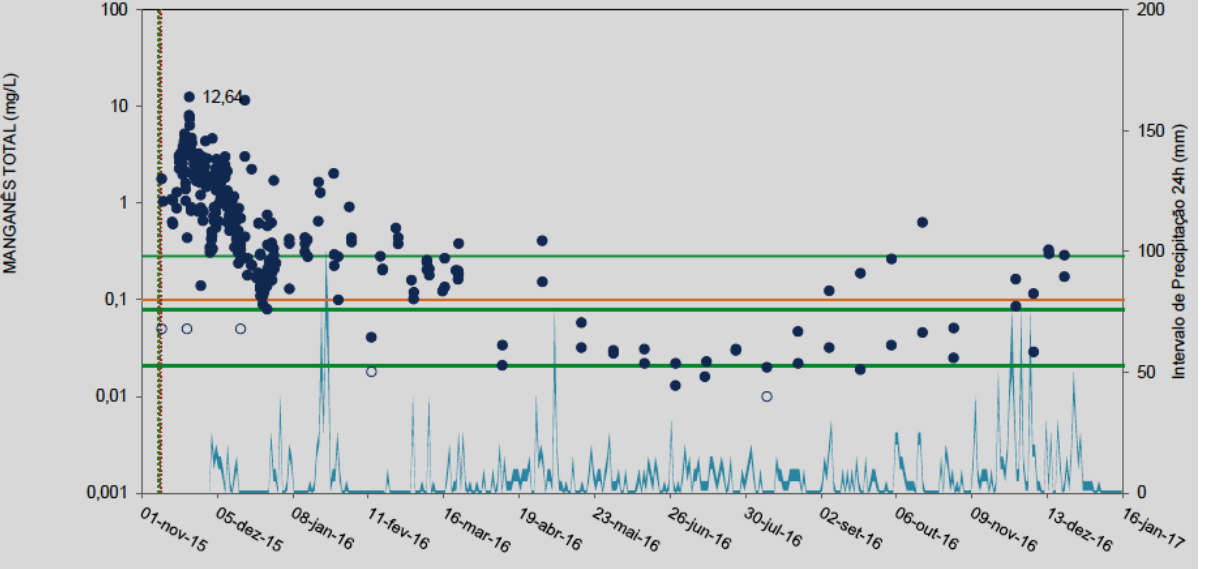
BAIXO GUANDU



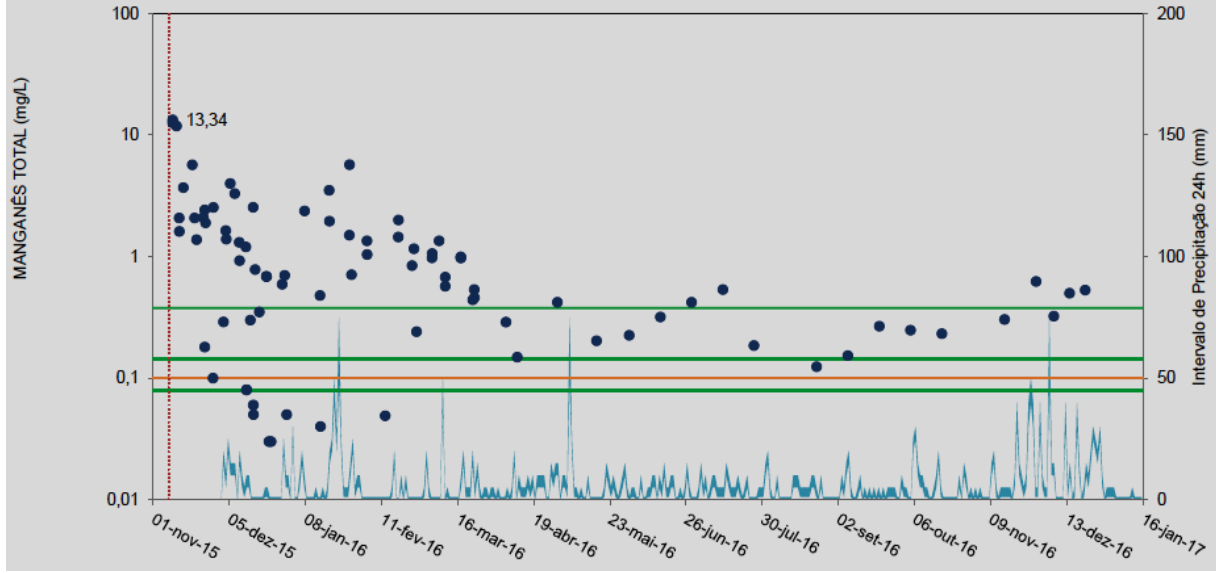
BARRA LONGA



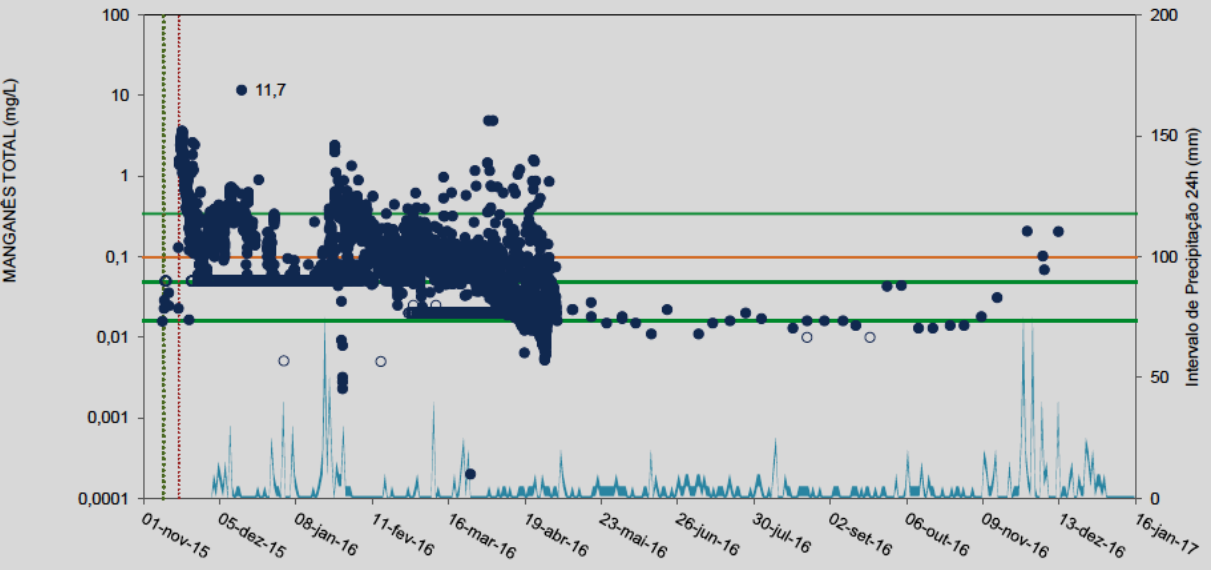
GOVERNADOR VALADARES



IPATINGA



BAIXO GUANDU



Impactos ambientais

Escala macroregional:

foz rio Doce (Regência, ES).

Os impactos ambientais na região da foz do rio Doce, além de perdurarem por meses a fio, afetaram todas as atividades humanas relacionadas à pesca regional e causaram prejuízos severos em várias populações de peixes, moluscos, crustáceos, mamíferos marinhos (a região da foz é área de reprodução desses organismos). Além dos impactos ambientais, outras atividades relacionadas a queda no turismo regional também têm sido relatadas.



TABELA XX - IMPACTOS AMBIENTAIS NAS DIFERENTES ESCALAS DECORRENTES DO DESASTRE DE MARIANA, MG

N	TIPO DE IMPACTO	DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS PREVISTOS	Escala	
			Micro	Macro
1	Água	Aumento da Turbidez	xx	xx
		Ecotoxicológicos (metais)	x	xx
		Nascentes	x	
		Destruição/alteração/criação de biótopos aquáticos	x	x
2	Vegetação/Solo	Erosão	xx	
		Compactação	xx	
		Contaminação por xenobiontes (metais e amins)	xx	
		Queda da fertilidade das várzeas e áreas alagáveis	xx	
		Fragmentação de habitats	xx	
		Perda de conectividade nos ecótonos transicionais terra-água	xx	
		Perda generalizada de serviços ecológicos	xx	xx
3	Biodiversidade	Ictiofauna (peixes)	x	xx
		Herpetofouna (répteis e anfíbios)	x	xx
		Avifauna (aves)	x	x
		Mastofauna (mamíferos)	x	x
4	Unidades de Conservação	Áreas de Preservação Permanente – APPs	xx	
		Parques Estauais e Nacionais (PE Rio Doce - PERD e PN Sete Salões)		x

Desastre em Mariana

- Maior desastre ambiental em Minas Gerais
- Maior desastre ambiental no Brasil
- Maior desastre relacionado a mineração no mundo
- Impactos severos na escala microregional
- Impactos severos na escala regional
- Impactos sociais, políticos e econômicos importantes

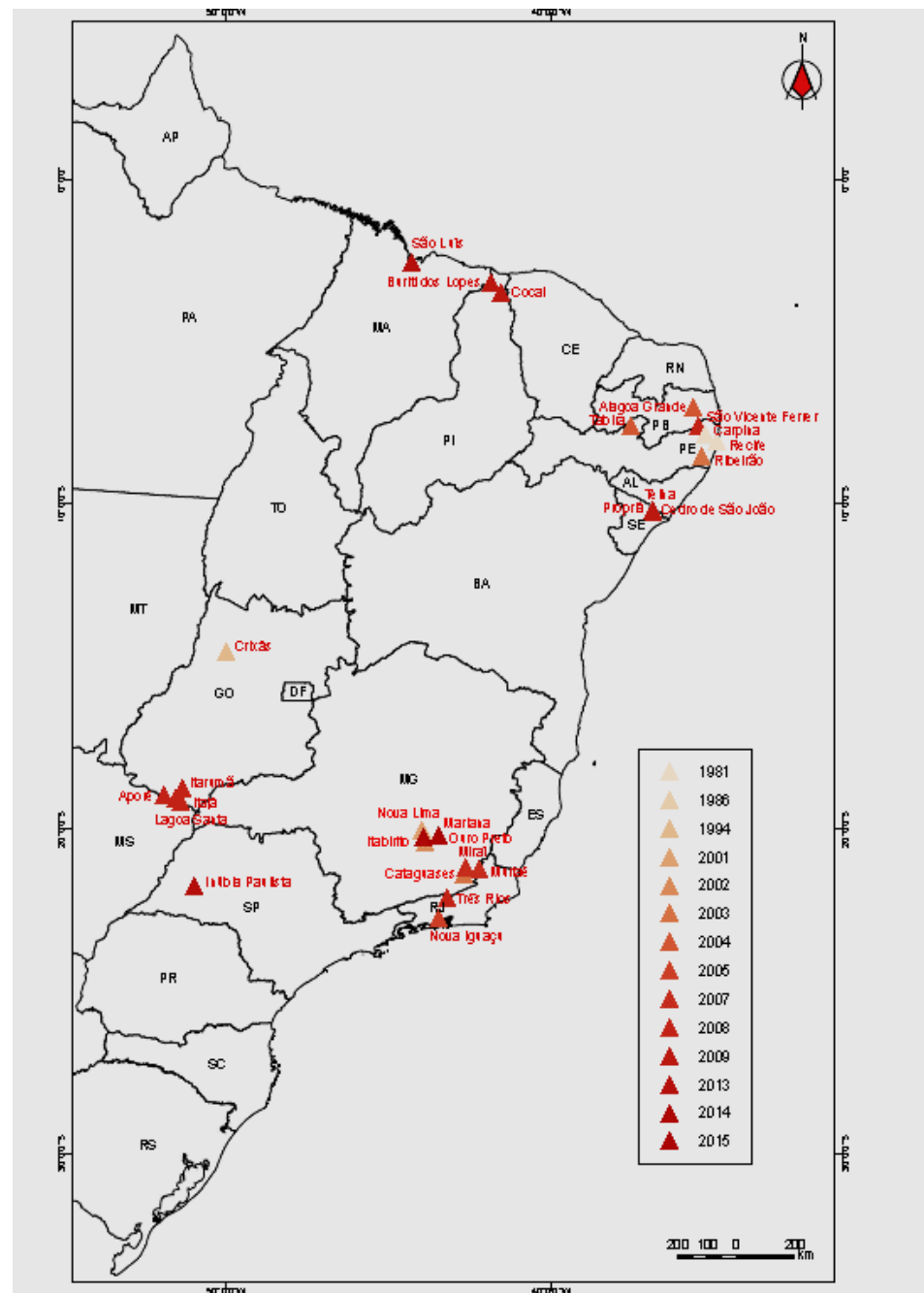
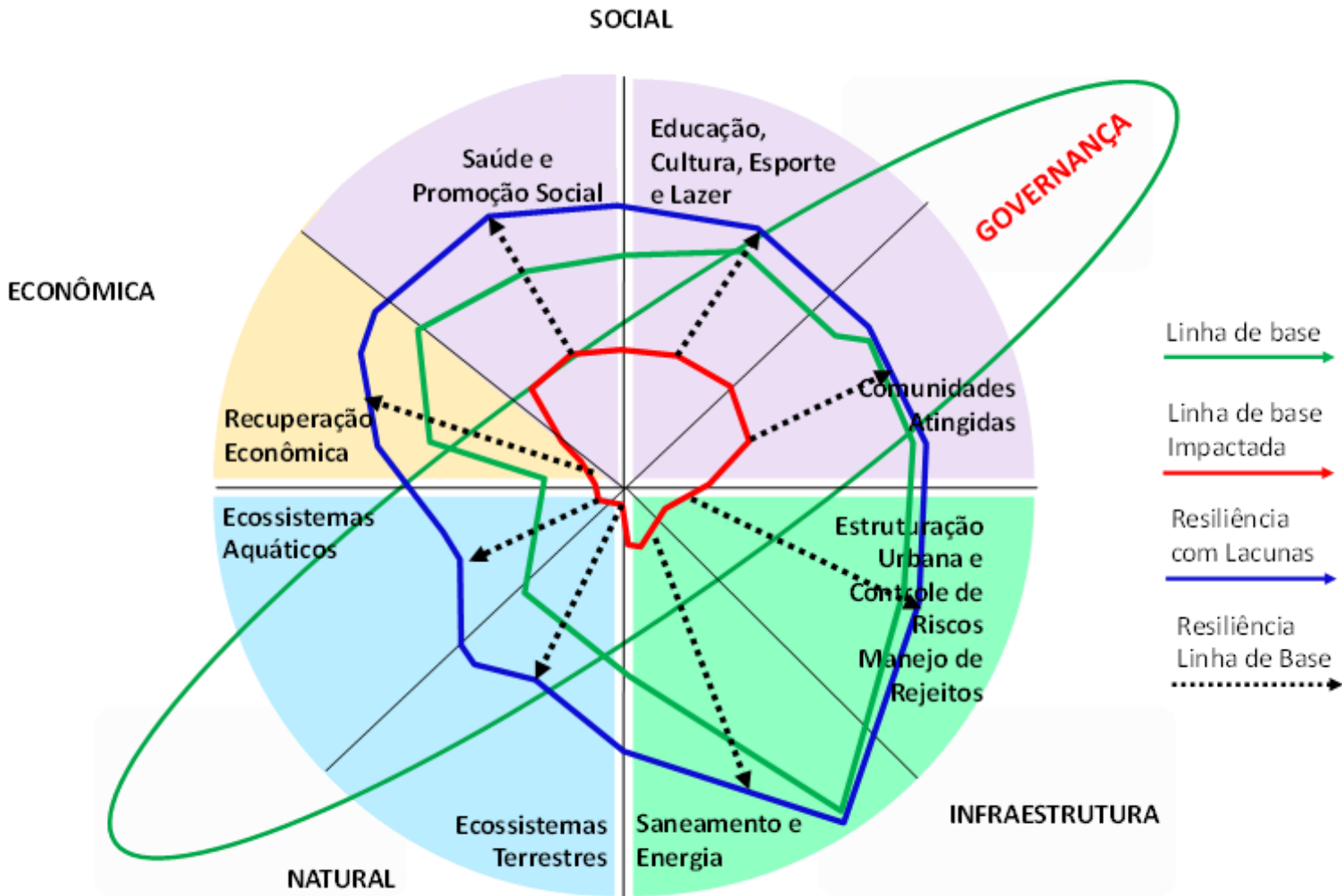
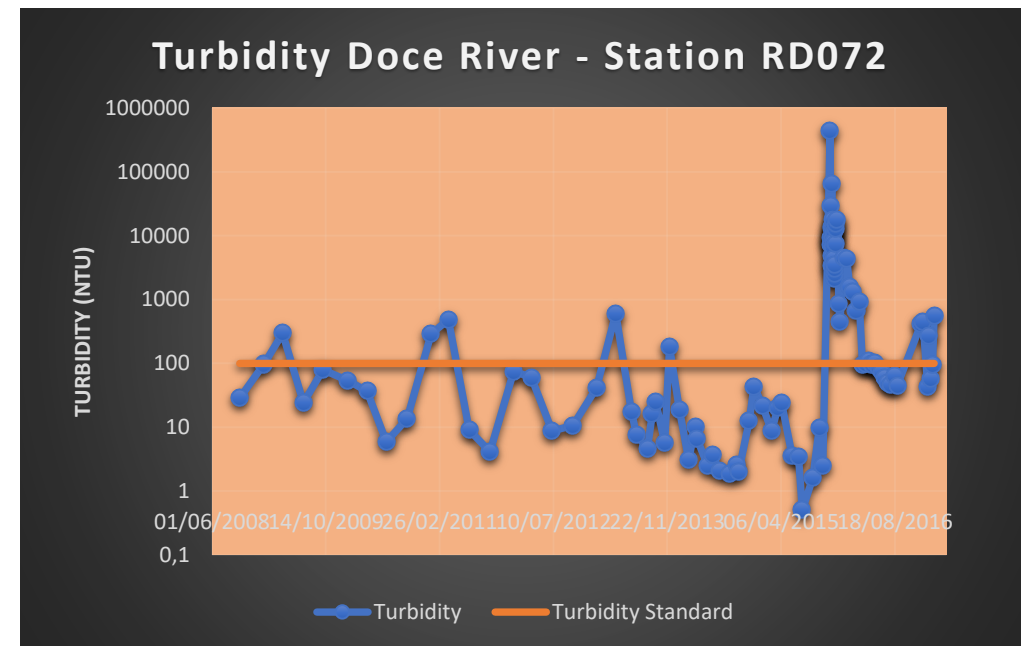
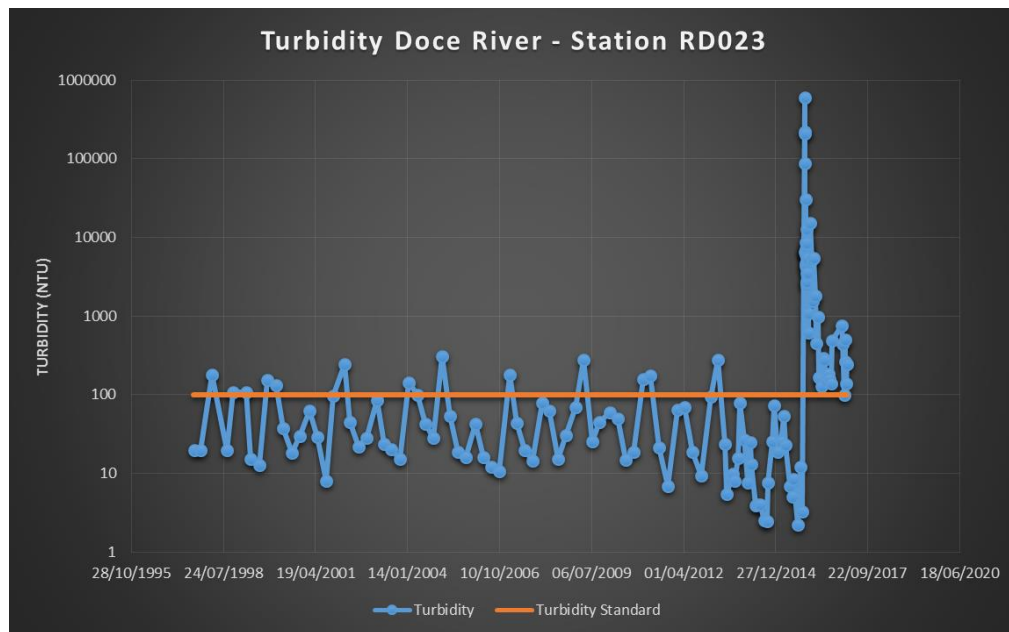


Figura 11. Histórico de acidentes envolvendo rompimento de barragens no Brasil
Fonte: CENAD

Modelo de Resiliência

No gráfico ao lado, estão representadas as cinco dimensões, com seus respectivos programa e subprogramas, que representam os principais sistemas de atributos humano, social, cultural, econômico, biótico, biofísico, físico-químicos, ecológicos e infraestrutura física afetados pelo evento/empreendimento.





Impacto	Descrição	Ocorrência	Natureza	Origem	Duração	Reversibilidade	Extensão geográfica	Magni- tude	Impor- tância
Assoreamento de alguns tributários, da UHE Risoleta Neves e da calha central do rio Doce.	A remoção da vegetação ripária pela onda de lama aumentou excessivamente o assoreamento dos rios impactados.	100%	Negativo	Indireta	Permanente	Reversível, mas somente com intervenção (dragagem).	ADA (principalmente entre mina da Samarco e UHE Candonga)	Alta	Alta
Aumento do aporte de sedimentos e substâncias alóctones para os cursos hídricos	Com a retirada da vegetação ripária o aporte de substâncias alóctones para os sistemas hídricos aumenta expressivamente.	Alta	Negativo	Indireta	Temporário com duração enquanto não houver sucessão e/ou restauração da vegetação ripária.	Reversível	ADA (entre mina da Samarco e UHE Candonga)	Média	Média
Alteração na hidrodinâmica dos rios	O depósito de sedimentos ao longo da calha do rio provoca a formação de ilhas de sedimentos alterando toda a hidrodinâmica do rio.	100%	Negativo	Direta	Permanente	Reversível, mas somente com intervenção (dragagem).	ADA (entre mina da Samarco e UHE Candonga)	Média	Média
Soterramento de lagoas e nascentes marginais e/ou entrada de sedimentos e contaminantes nesses ambientes	O extravasamento da onda de lama provocou o soterramento de nascentes e lagoas marginais e/ou entrada de sedimentos e contaminantes nesses ambientes	Alta	Negativo	Direta	Permanente	Irreversível	ADA (entre mina da Samarco e UHE Candonga)	Média	Alta

Impacto	Descrição	Ocorrência	Natureza	Origem	Duração	Reversibilidade	Extensão geográfica	Magni-tude	Importância
Aumento da turbidez	Aumento da turbidez provocada pelo carreamento e deposição de rejeitos	100%	Negativo	Direto	Temporária. Ciclos de ocorrência deste impacto acontecerão nos períodos chuvoso e com o manejo dos rejeitos.	Reversível	ADA (Todo o trecho de 670 km de rios, ambientes estuarinos e marinho, com destaque para a região entre a mina da Samarco e a UHE Risoleta Neves.)	Alta	Alta
Redução da concentração de Oxigênio Dissolvido e da temperatura média da água causada pela menor penetração de luz na coluna de água	Redução da concentração de OD e da temperatura da água provocada pelo aumento da turbidez e alta da concentração de sólidos em suspensão	100%	Negativo	Indireta	Temporário	Reversível	ADA (Todo o Trecho de 670 km de rio afetado).	Média (impacto observado somente após o evento)	Média

Impacto	Descrição	Ocorrência	Natureza	Origem	Duração	Reversibilidade	Extensão geográfica	Magni-tude	Impor-tância
Redução da concentração de Oxigênio Dissolvido e da temperatura média da água causada pela menor penetração de luz na coluna de água	Redução da concentração de OD e da temperatura da água provocada pelo aumento da turbidez e alta da concentração de sólidos em suspensão	100%	Negativo	Indireta	Temporário	Reversível	ADA (Todo o Trecho de 670 km de rio afetado).	Média (impacto observado somente após o evento)	Média
Biodisponibilização de metais	Com o revolvimento do sedimento, metais traço que antes estavam inertes, se solubilizaram e se tornaram biodisponíveis para acumulação em tecidos de organismos aquáticos.	Alta	Negativo	Direta	Temporária	Irreversível	ADA (em proporções diferentes)	Média	Alta
Aumento na concentração de metais traço na água particularmente do As, Mn e Fe	Há necessidade de estudos ecotoxicológicos para verificar as características desse impacto.	Alta	Negativo	Direta	Temporária	Irreversível	ADA, incluindo ambientes estuarinos (em proporções diferentes)	Média	Alta
Alteração na composição física e química dos sedimentos	Alterações na estrutura física e química do substrato dos rios a partir da deposição e sedimentação dos rejeitos.	Alta	Negativo	Direta	Temporária enquanto não houver interrupção total do carreamento de rejeitos que ainda está ocorrendo	Irreversível	ADA	Alta	Alta

Impacto	Descrição	Ocorrência	Natureza	Origem	Duração	Reversibilidade	Extensão geográfica	Magni-tude	Importância
Aumento da toxicidade a animais	Exposição de organismos aquáticos a substâncias tóxicas anteriormente não disponíveis. O revolvimento do sedimento provocado pela onda de lama e o aumento de aporte substância alóctones provocadas pela erosão e remoção da mata ciliar provocam este efeito.	Alta	Negativo	Indireta	Permanente	Irreversível	ADA	Alta	Alta
Mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos	A força da onda de rejeitos e o aumento da turbidez (diminuição da concentração de OD) causaram uma grande mortalidade de organismos aquáticos após o evento.	100%	Negativo	Direta	Temporária	Irreversível	ADA (em proporções diferentes)	Alta	Alta
Fragmentação/destruição de habitats aquáticos	Alteração nas estruturas físicas e biológicas dos microhabitats de um curso hídrico. Estes servem como ambientes para reprodução, alimentação e refúgio dos organismos aquáticos.	100%	Negativo	Direta	Permanente	Irreversível	ADA	Alta	Alta

Impacto	Descrição	Ocorrência	Natureza	Origem	Duração	Reversibilidade	Extensão geográfica	Magni-tude	Impor-tância
Alteração das relações tróficas	Com a mortalidade de organismos aquáticos e com a destruição/ fragmentação de habitats as relações tróficas sofrem alteração significativas (produtividade e respiração da comunidade)	Alta	Negativo	Indireta	Temporário	Irreversível	ADA e AID	Alta	Alta
Alterações do fluxo gênico	A destruição/ fragmentação dos habitats aquáticos pode alterar o fluxo gênico entre as espécies de organismos aquáticos.	Média	Negativo	Indireta	Permanente	Irreversível	ADA e AID	Alta	Alta
Alteração na biodiversidade dos organismos aquáticos	Perda de espécies, com agravamento para espécies endêmicas e com especificidade de habitat, a partir da ação direta da onda de lama, e indireta quando da mudança das relações tróficas e perda de habitats	Alta	Negativo	Direta e indireta	Permanente	Irreversível	ADA e AID	Alta	Alta



Muito Obrigado !

Ricardo Motta Pinto Coelho
Impactos Humanos em Recursos Hídricos
Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGeo
Departamento de Geociências – DGEO
Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ
E-mail: rpcoelho@ufs.br

Web site:
http://www.rmpceologia.com/disciplinas/impactos/impactos_rmpc_ufs.htm