



Serviço Geológico do Brasil – CPRM

**Atuação da CPRM no
Monitoramento Especial
da bacia do rio Doce**

14/01/2016

MISSÃO

Gerar e difundir conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil



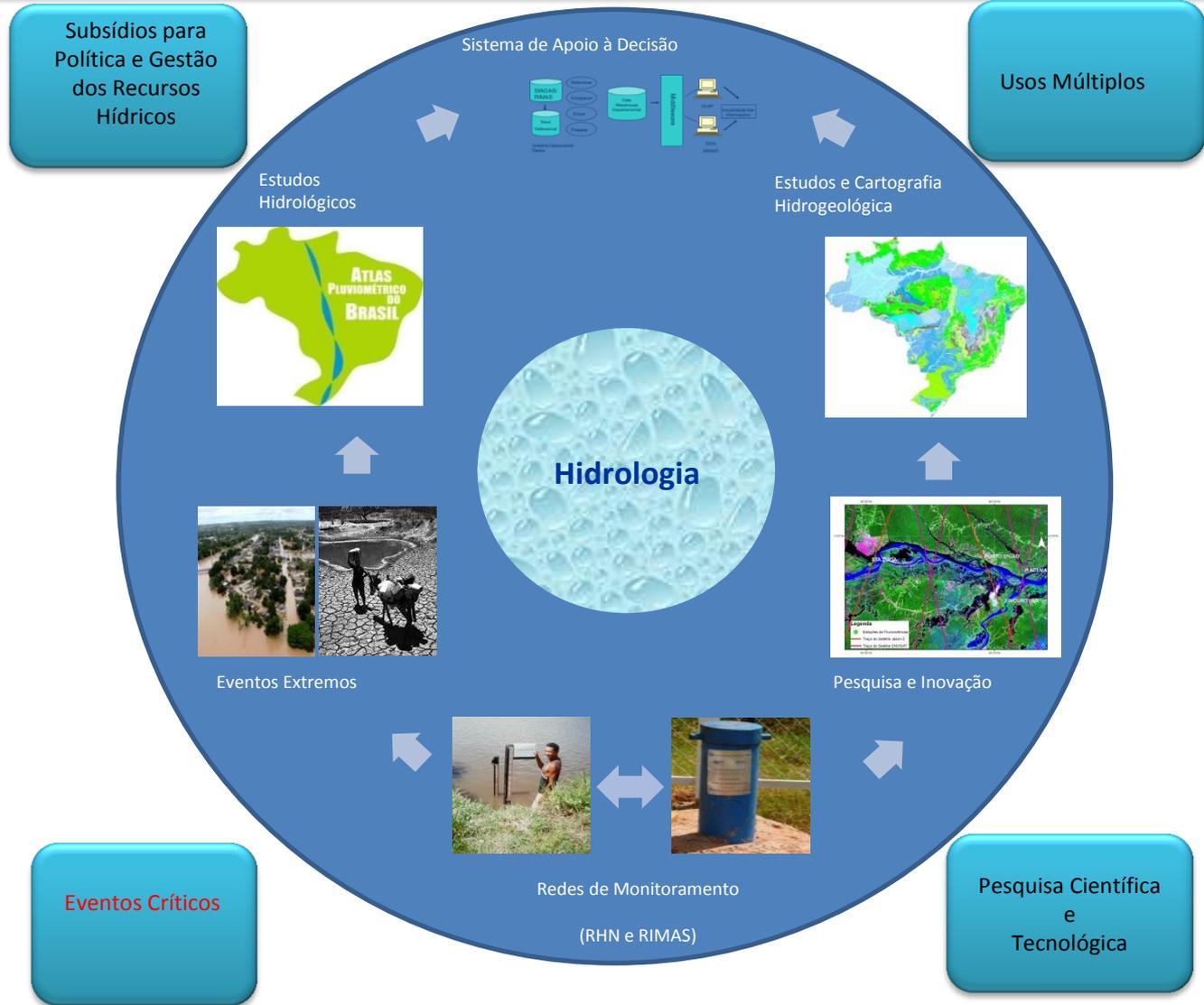
Desde a sua criação, a CPRM tem como competências:

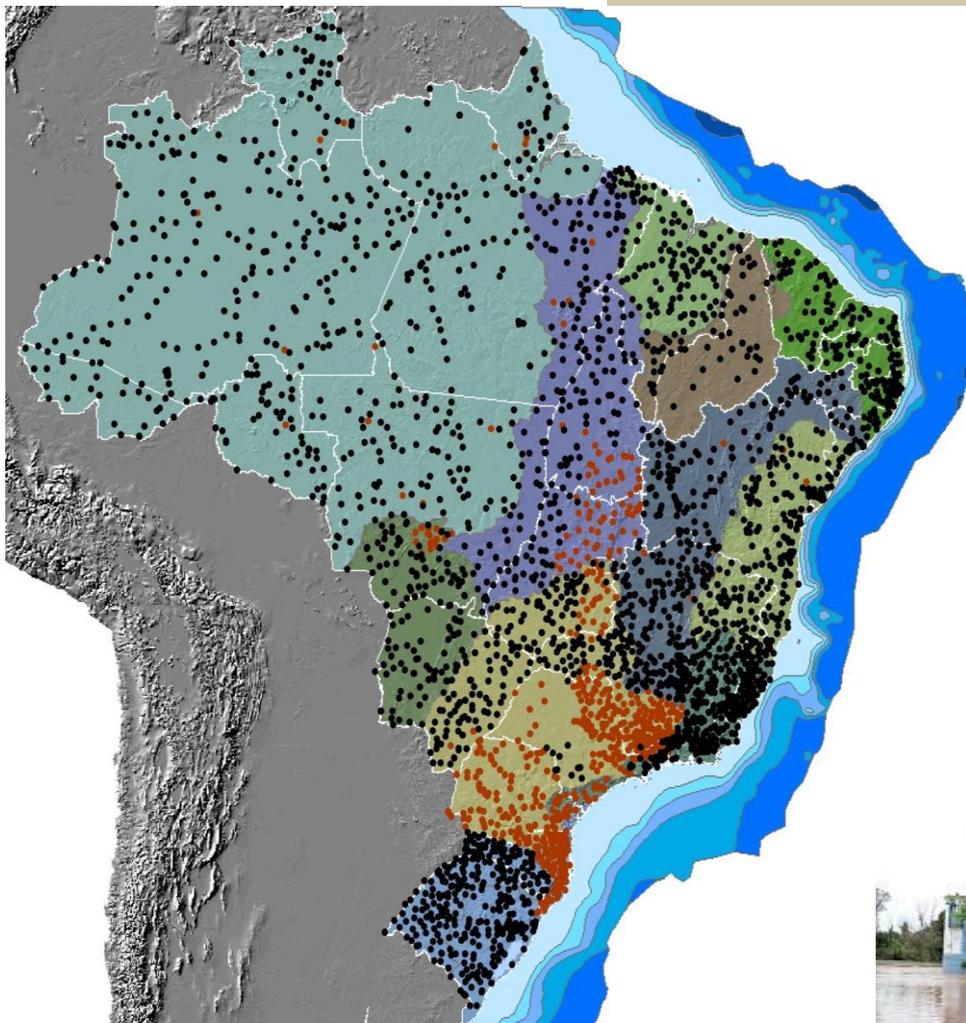
- **executar** os serviços de geologia e hidrologia de responsabilidade da União em todo o território nacional;
- **realizar pesquisas e estudos** relacionados com os fenômenos naturais ligados à terra, tais como: terremotos, deslizamentos, enchentes, secas, desertificação, e **outros**; bem como os relacionados à Paleontologia; e à **Geologia Marinha**;
- **elaborar** sistemas de informações, cartas e mapas que traduzam o conhecimento geológico e hidrológico tornando-o acessível aos interessados;
- **estimular** o descobrimento e o aproveitamento dos recursos minerais e hídricos do País;

Desde a sua criação, a CPRM tem como competências:

- **executar** os serviços de geologia e hidrologia de responsabilidade da União em todo o território nacional;
- **realizar pesquisas e estudos** relacionados com os fenômenos naturais ligados à terra, tais como: terremotos, deslizamentos, enchentes, secas, desertificação, e **outros**; bem como os relacionados à Paleontologia; e à Geologia Marinha;
- **elaborar** sistemas de informações, cartas e mapas que traduzam o conhecimento geológico e hidrológico tornando-o acessível aos interessados;
- **estimular** o descobrimento e o aproveitamento dos recursos minerais e hídricos do País;

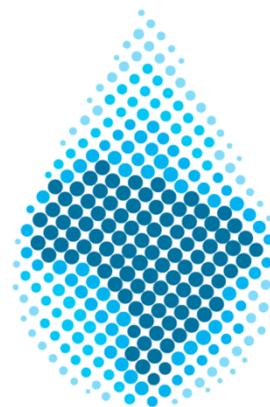
Foco Estratégico - Hidrologia





Termo de Cooperação CPRM - ANA

- 2.645 pontos
- 3.500 estações (P + F)



Rede Hidrometeorológica Nacional

45 anos de atuação!



- Serviço Geológico do Brasil e ANA
- ANA e outras entidades

Sistemas de Alerta Hidrológico



7 Sistema de Alerta de Cheias em Operação

Bacia do rio Amazonas – AM (30 anos)

Bacia do rio Paraguai – MT (25 anos)

Bacia do rio Doce – MG/ES (19 anos)

Bacia do Rio Caí – RS (4 anos)

Bacia do rio Madeira – RO (1 ano)

Bacia do rio Acre – AC (10 meses)

Bacia do Rio Muriaé – RJ/SP (10 meses)

3 Sistemas de Alerta Hidrológico em implantação

2015

Bacia do rio Branco - RR

Bacia do rio Parnaíba – PI

Bacia do rio Taquari – RS

DESASTRE DE MARIANA

An aerial photograph showing a large area of flooding. The water is a muddy, brownish color. In the background, there are several houses and trees. The foreground is dominated by the floodwater.

Monitoramento Especial na Bacia do Rio Doce

Atuação da CPRM

Antecedentes

A barragem de rejeitos de mineração de ferro da Samarco rompeu no dia 05/11/15.



Fonte: SPOT 6/7-14/06/2015



Fonte: SPOT 6/7-06/11/2015

Antecedentes

Operação da Rede Hidrometeorológica Nacional



Antecedentes

A CPRM, em conjunto com a ANA, elaboraram um programa de monitoramento na bacia visando o levantamento de dados e informações sobre o evento para registros futuros.

Ações realizadas

Operação do Sistema de Alerta

SACE – Sistema de Alerta de Eventos Críticos



Sistema de Alerta de Cheias da Bacia do rio Doce

Boletim de acompanhamento da onda de cheia ao longo do rio Doce causada pela Ruptura da Barragem em Mariana-MG

Belo Horizonte, 12 de novembro de 2015 às 17:00h.

Prezados Senhores,

Devido ao rompimento da barragem em Mariana-MG estamos realizando o monitoramento da onda de cheia ao longo do rio Doce. O monitoramento está sendo realizado em tempo real por meio de estações de monitoramento automáticas instaladas na calha do rio Doce e equipes de campo que estão no local. O escritório da CPRM em Belo Horizonte está funcionando 24 horas por dia com uma equipe de plantão.

Situação Atual

A onda de cheia passou pelo rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, e agora está se deslocando ao longo da calha do rio Doce. O pico de vazão já foi registrado nos seguintes locais:

- UHE Risoleta Neves/Candonga (manhã do dia 06/11/15) – 1900m³/s
- Estação Cachoeira dos Óculos (manhã do dia 07/11/15) - 810m³/s
- Estação Belo Oriente (madrugada do dia 08/11/15) - 810m³/s
- UHE Baguari (tarde do dia 08/11/15) - 760m³/s
- Estação Governador Valadares (tarde do dia 08/11/15) – 585m³/s
- Estação Tumiritinga (entre a noite de 08/11/15 e madrugada de 09/11/2015)
- Estação de Colatina (na manhã do dia 10/11/15) – 401 m³/s (vazão medida em campo)
- Estação de Linhares (tarde do dia 10/11/15) – 295 m³/s (vazão medida em campo)

A onda de cheia já passou pela última estação de monitoramento localizada em Linhares-ES. Assim, a partir do Boletim 12 está sendo divulgada somente a passagem da massa de água com maior quantidade de sólidos em suspensão (água com elevada turbidez) pelos pontos de controle ao longo do rio Doce (estações fluviométricas, municípios e usinas hidroelétricas). Será disponibilizado a partir de hoje um boletim diário.



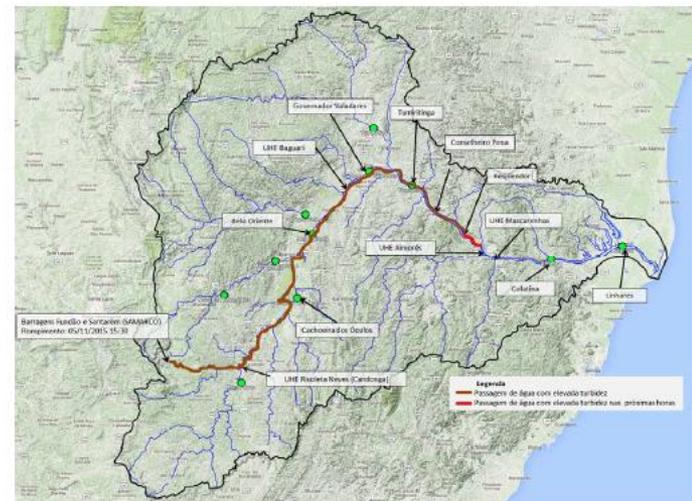
SACE – Sistema de Alerta de Eventos Críticos



A figura abaixo ilustra o deslocamento da massa de água com elevada concentração de sedimento desde o distrito de Bento Rodrigues até o município de Linhares. Ao longo do trecho são apresentados nos locais de monitoramento o horário de chegada desta massa e informações adicionais.

A passagem da massa de água com elevada turbidez foi registrada em:

- Estação Belo Oriente (madrugada do dia 08/11/15)
- Usina de Baguari (manhã do dia 09/11/15)
- Estação Governador Valadares (noite do dia 09/11/15)
- Município de Tumiritinga (noite do dia 10/11/15).
- Município de Galliléia (manhã do dia 11/11/15).
- Município de Conselheiro Pena (noite do dia 11 par ao dia 12/11/15).
- Município de Resplendor (final da tarde do dia 12/11/15).



Operação do Sistema de Alerta

SACE – Sistema de Alerta de Eventos Críticos



Previsão de chegada da massa de água com elevada turbidez

Com as informações coletadas, a velocidade da massa de água com elevada turbidez está sendo atualizada constantemente e pode variar ao longo do deslocamento até a chegada à foz do rio Doce. **Portanto poderão ocorrer mudanças nas previsões.** Sugere-se o acompanhamento dos próximos boletins.

Considerando os dados atuais a previsão é que a massa de água com elevada turbidez chegue aos municípios conforme a figura:



*A previsão de deslocamento da massa de água com elevada turbidez está sendo reavaliada em virtude da passagem desta pelos reservatórios das usinas hidroelétricas em MG e ES.

A massa de água com elevada turbidez não irá causar enchentes nos municípios que estão localizados nas margens do rio Doce.

O monitoramento poderá ser acompanhado no link do SACE (Sistema de alerta de eventos críticos) da CPRM observando as estações: Cachoeira dos Óculos, Belo Oriente, Governador Valadares, Tumiritinga, Colatina e Linhares.

Links do Sistema de Alerta da bacia do rio Doce

http://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#
<http://sace-doce.cprm.gov.br/sace-doce/>

Atenciosamente,

Artur Matos / Breno Guerreiro / Marlon Coutinho
Engenheiros Hidrólogos
Pesquisadores em Geociências
Superintendência de Belo Horizonte
Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM
www.cprm.gov.br

Até 11/01/16 foram emitidos:

- 72 boletins
- CEMADEN
- ANA, IGAM, IEMA
- Comitê
- Usuários
- 15 municípios
- Dados de monitoramento diário entre 25nov a 09dez – 7 pontos – 5 parâmetros: CE, OD, pH, Temperatura e Turbidez
- Previsão da Turbidez a partir de 13nov
- Acompanhamento hidrológico a partir de 23nov



Modelagem de Turbidez

Modelo baseado em:

- Diluição
- Retenção de sedimentos em reservatórios

Dados Utilizados:

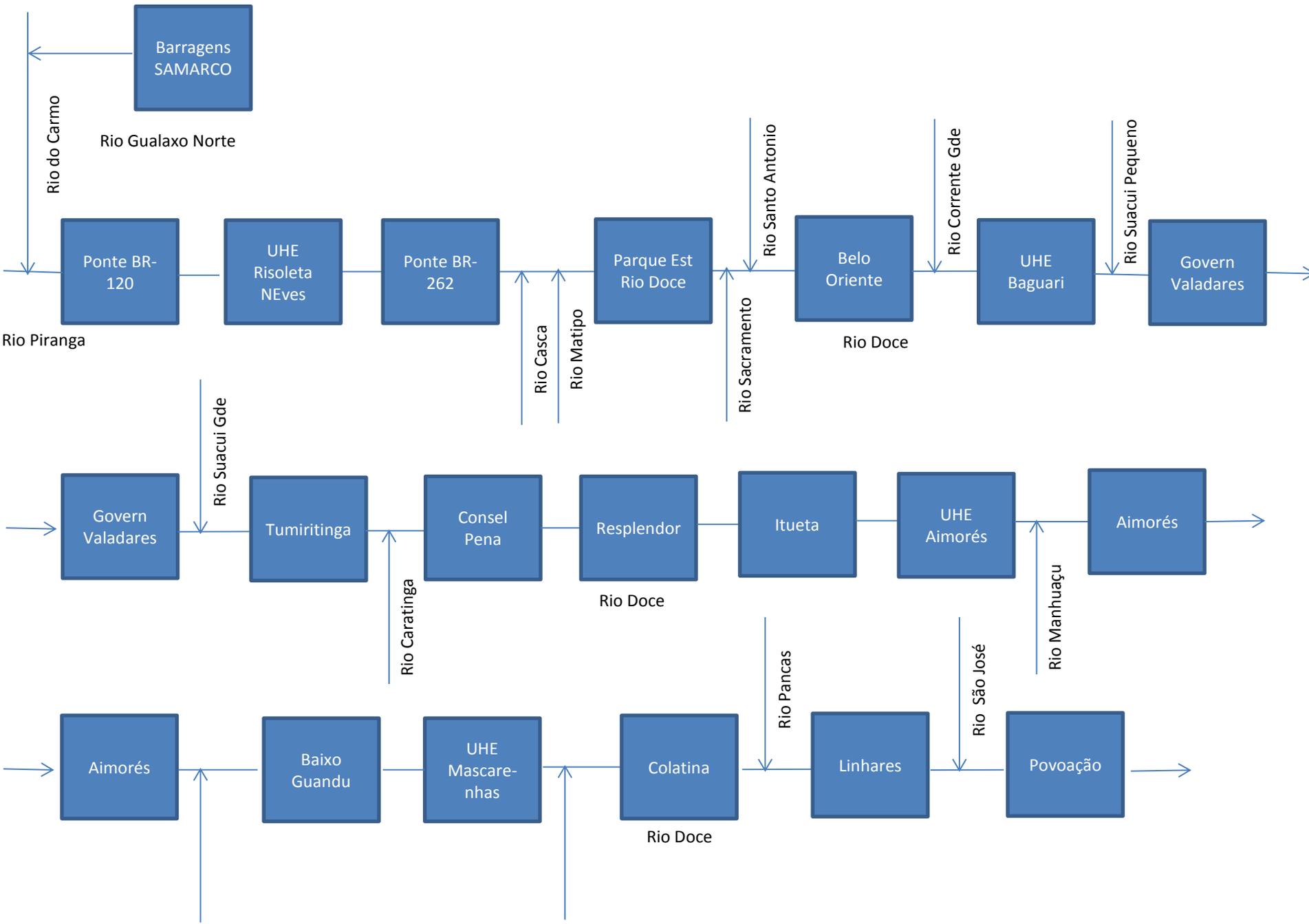
- Vazão;
- Turbidez:
 - Calibração MG:
 - CENIBRA: Ponte BR-120, Ponte BR-262 e Cenibra
 - COPASA: Ipatinga; Belo Oriente; Periquito, Alpercata, Tumiritinga, Resplendor e Itueta
 - Validação MG:
 - IGAM: BR-120, BR-262, Marliélia, Ipatinga, Belo Oriente, Periquito, Governador Valadares mont e jus, Tumiritinga, Conselheiro Pena, Resplendor e Aimorés
 - ES: foram usados dados de fontes diversas

Faixa de divulgação da previsão de Turbidez:

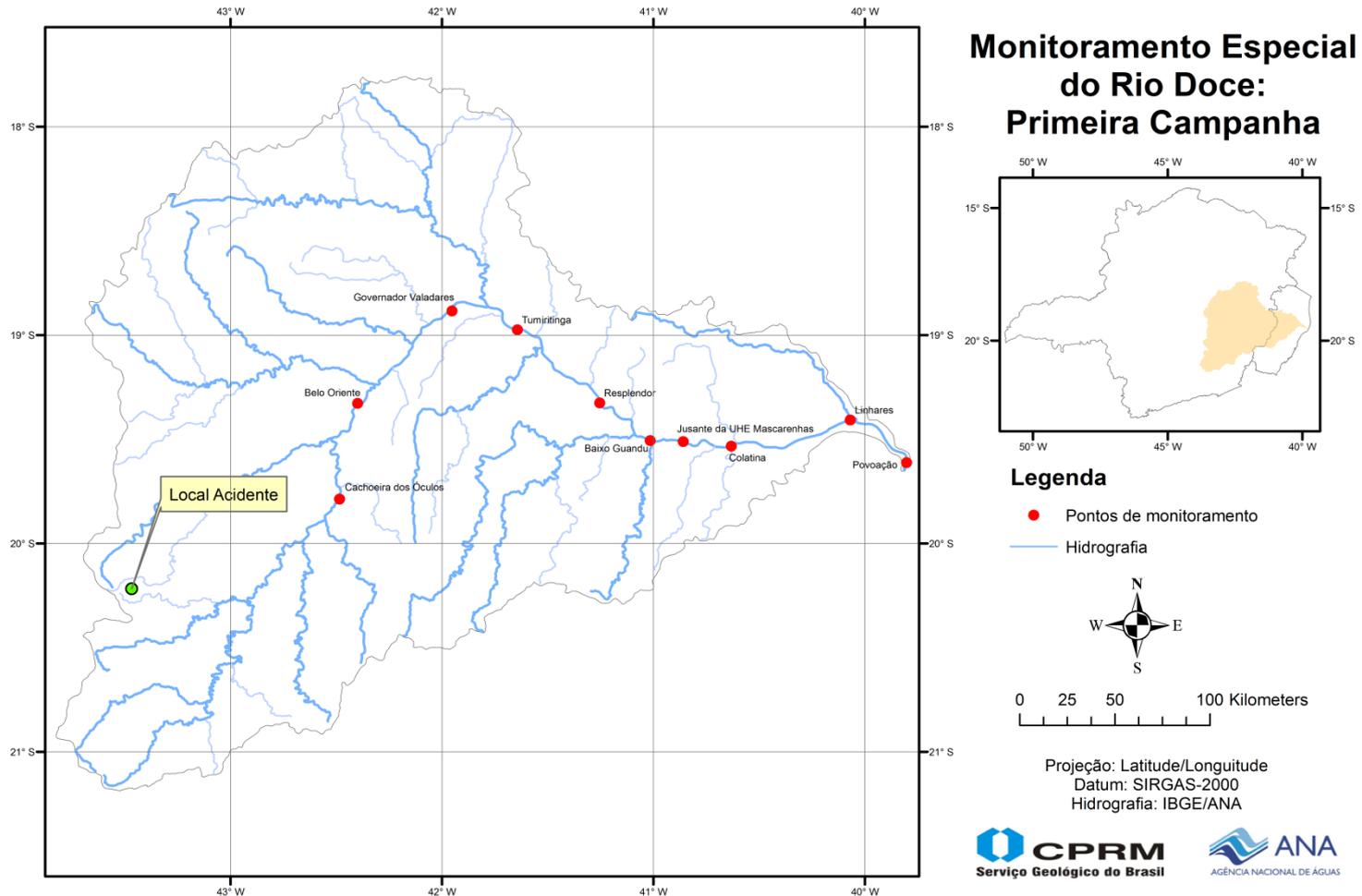
- <2.500 NTU – passível de tratamento em ETA convencional
- entre 2.500 a 10.000 NTU – passível de tratamento em ETA convencional de forma especial
- entre 10.000 a 50.000 NTU – passível de tratamento em ETA convencional por batelada
- Turbidez acima de 50.000 NTU – não é passível de tratamento em ETA convencional

O modelo foi calibrado para a situação pós a ruptura da barragem – com turbidez de centenas e dezenas de milhares de NTU.

Atualmente o modelo está sendo recalibrado para Turbidez da ordem de unidades de milhares de NTU.



Primeira campanha - Hidrologia



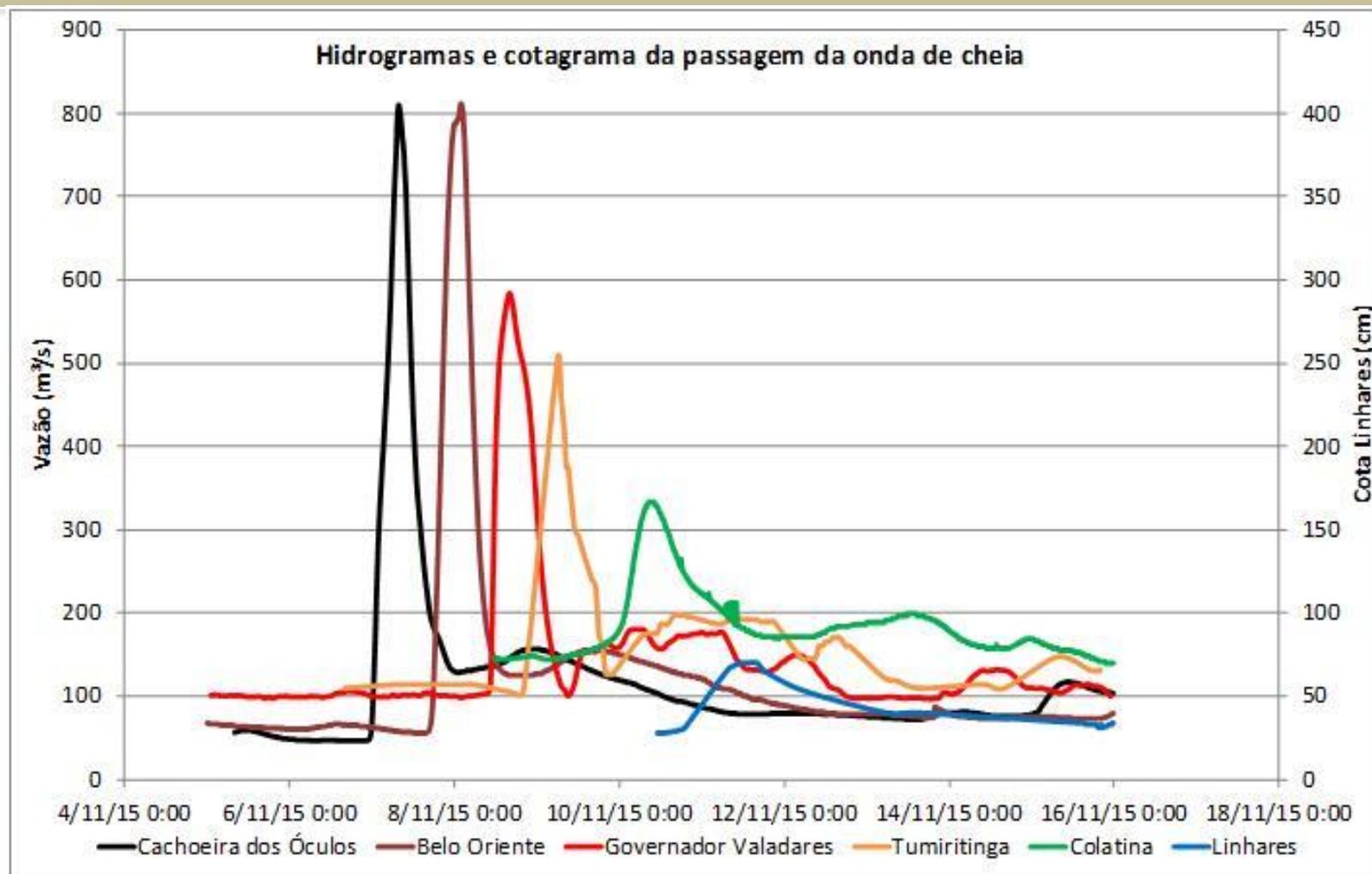
Período 07 a 23 de nov de 2015 - acompanhamento da onda da cheia decorrente da ruptura da barragem até a foz do rio Doce

Primeira campanha - Hidrologia

Atividades realizadas:

- Coleta de amostras de água a 30 cm da superfície, ~400mL
- Análises de parâmetros de qualidade da água *in loco*:
Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura e Turbidez.
- Leitura do nível do rio nas réguas limétricas;
- Medição de vazão com equipamentos e métodos indiretos.

Primeira campanha - Hidrologia



Passagem da onda de cheia: Volume 33Mm³, chegou na foz 11/11/15

Primeira campanha - Hidrologia

- Passagem da massa de água com elevada turbidez: chegou ao mar em 21/11/15
- aumento da turbidez e da condutividade elétrica e diminuição do OD (próximo a zero em Governador Valadares e Tumiritinga)
- não foram verificadas diferenças significativas para pH e da temperatura
- turbidez atingiu valores:
 - De centenas de milhares de NTU em Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente
 - Próximos a 120.000NTU em Governador Valadares
 - De 80.000NTU em Tumiritinga
 - Inferiores a 12.000NTU em Resplendor, Baixo Guandu, jusante da UHE Mascarenhas, Colatina, Linhares e Povoação.

Primeira campanha - Hidrologia

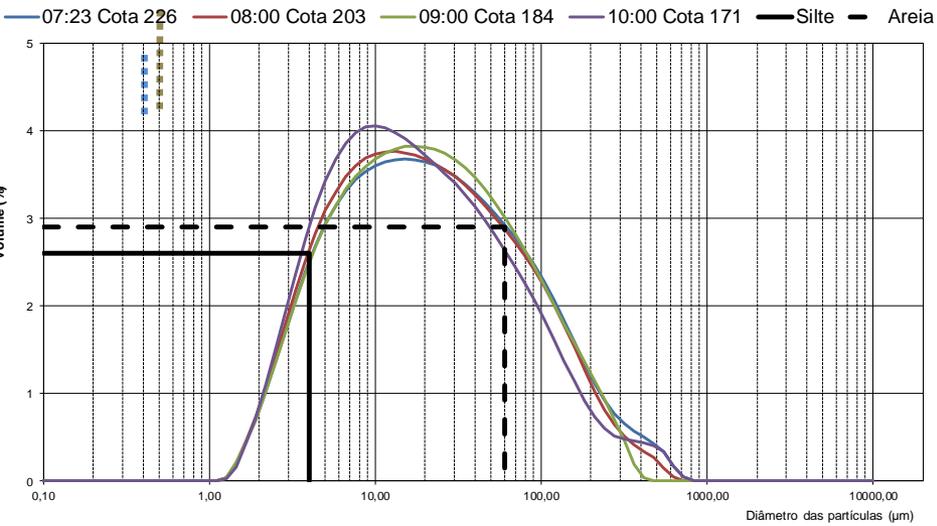
Análises de Laboratório – Granulometria

- (D50%) dos sedimentos em suspensão durante a passagem da água com elevada turbidez foi de aproximadamente:
 - 18 μ m em Cachoeira dos Óculos e Belo Oriente
 - de 7 a 9 μ m em Governador Valadares, Tumiritinga e Resplendor
 - de 3 a 6 μ m em Baixo Guandu, Jusante da UHE Mascarenhas, Colatina, Linhares
 - Em Povoação este diâmetro é maior, provavelmente devido a efeitos da maré.

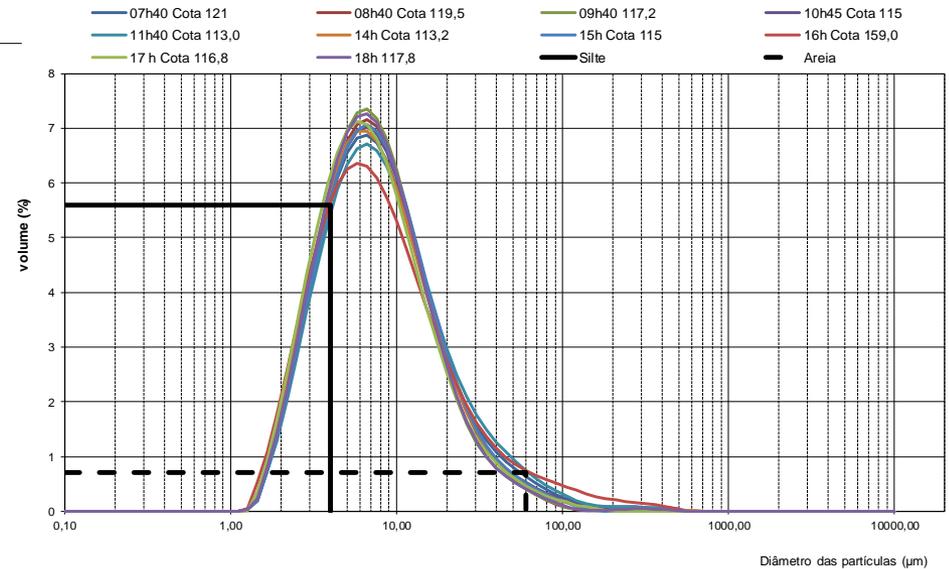
Primeira campanha - Hidrologia



Curvas Granulométricas - Belo Oriente 08/11/2015



Curvas Granulométricas - Governador Valadares 10/11/15



Primeira campanha - Hidrologia

Análises de Laboratório – Concentração de Sedimentos em Suspensão durante a passagem da massa de água com elevada turbidez atingiu valores:

- De 400 mil mg/L em Cachoeira dos Óculos;
- De 300 mil mg/L em Belo Oriente;
- De 50 mil mg/L em Governador Valadares;
- De 30 mil mg/L em Tumiritinga;
- Menor do que 8.000mg/L em Resplendor;
- Da ordem de 3.500mg/L em Baixo Guandu;
- De 2.000mg/L a jusante de Mascarenhas e Colatina;
- De 1.500mg/L em Linhares.

Primeira campanha - Hidrologia



Primeira campanha - Hidrologia

Estimativa de descarga sólida:

Estação	Descarga solida anual (t/ano)	Descarga sólida estimada com ruptura (t)
Cachoeira dos Óculos	1,2M	16,6M
Belo Oriente	-	10,2M
Governador Valadares	1,5M	1,5M
Tumiritinga	5,6M	0,72M
Colatina	5,0M	0,15M

Considerando a densidade específica aparente do rejeito de minério de ferro da ordem de $2t/m^3$, o volume de sedimentos registrado durante a passagem da massa de água com elevada turbidez foi:

- Cachoeira dos Óculos de $8,3Mm^3$,
- Belo Oriente de $5,1Mm^3$,
- Governador Valadares de $0,75Mm^3$.

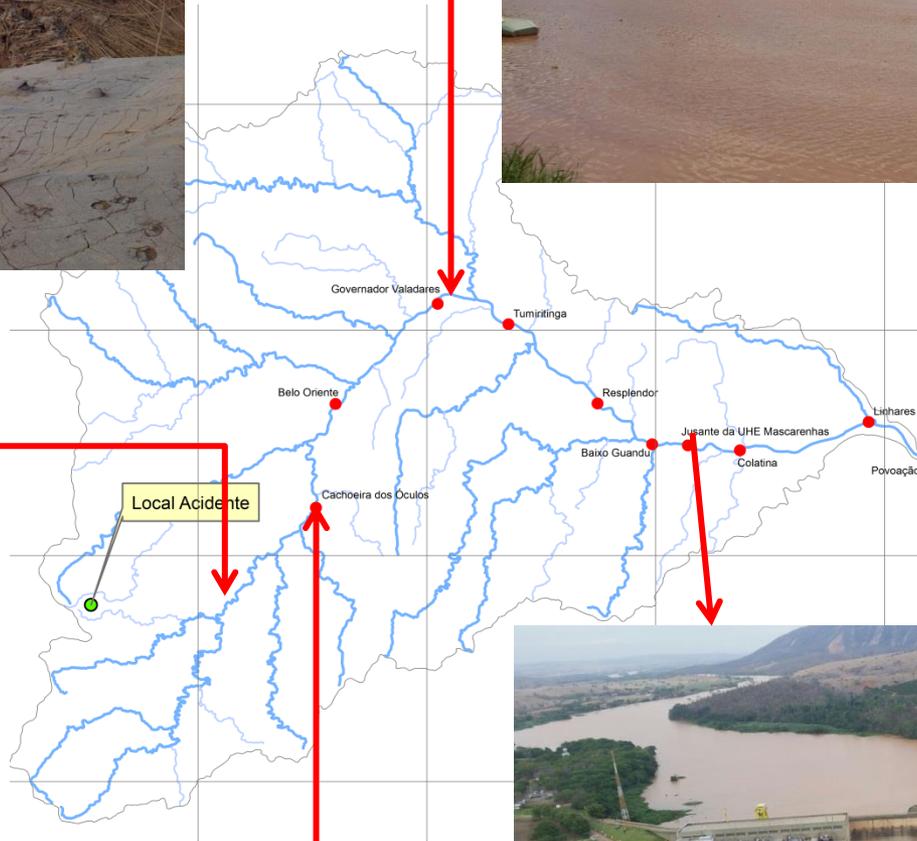
Primeira campanha - Hidrologia

- A onda da cheia não provocou inundação nas cidades localizadas na calha principal do rio Doce e atingiu a foz no dia 11/11/2015.
- A massa com elevada turbidez atingiu o mar no dia 21/11/2015.



Primeira campanha - Hidrologia

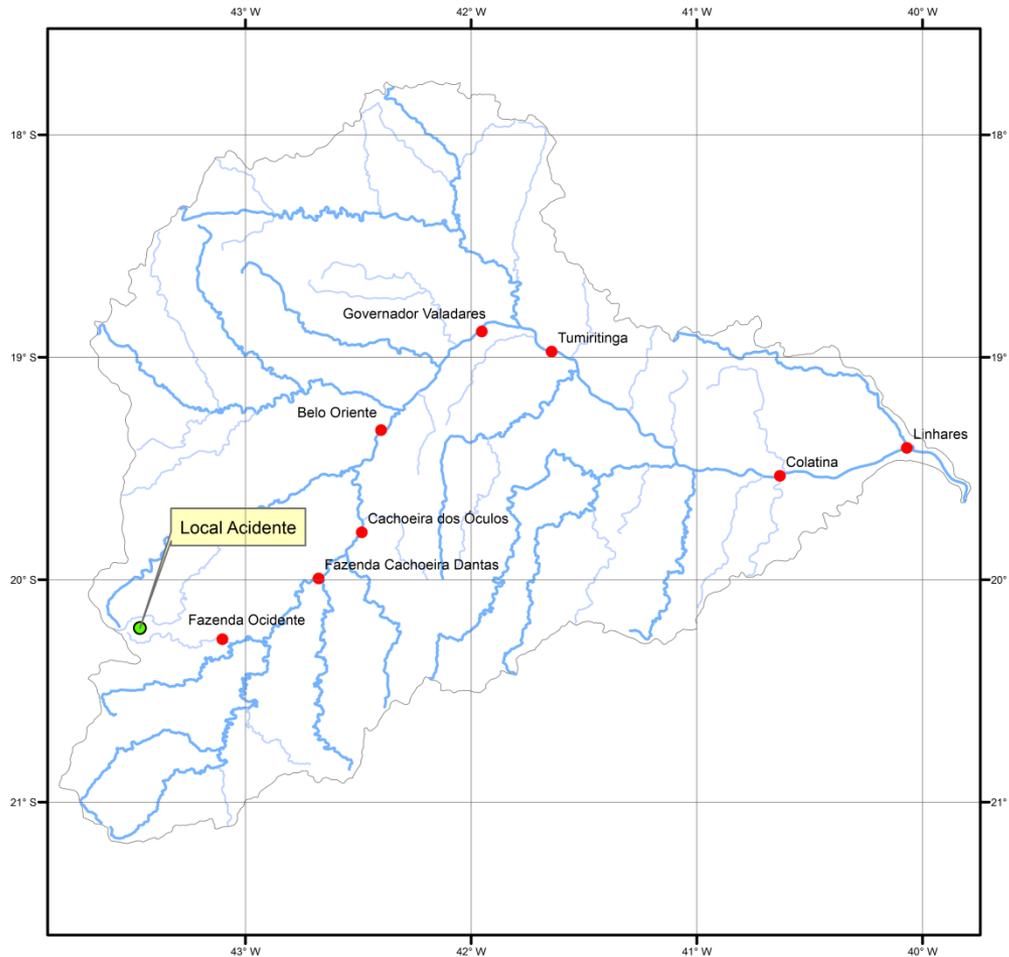
- Tanto a diminuição de turbidez, do diâmetro mediano, da concentração de sedimentos e da descarga sólida em suspensão das estações do rio Doce, no sentido de montante para jusante, evidenciam que houve a sedimentação da fração mais grossa dos sedimentos em suspensão ao longo da calha do rio Doce e nos reservatórios das hidrelétricas localizadas nesta calha.



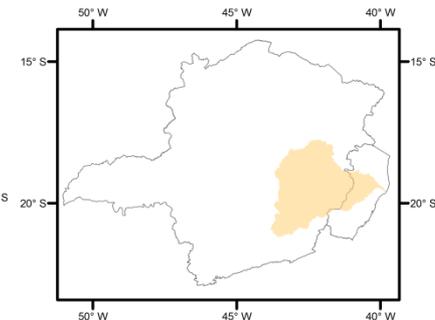
Segunda e Terceira campanha - Geoquímica

- **Segunda Campanha de campo de 12 a 23 de novembro de 2015** - para coleta de amostras de água e sedimento de corrente, desde a área da barragem na bacia do rio Gualaxo Norte até a foz no rio Doce;
- **Terceira Campanha de campo de 24 de novembro a 10 de dezembro de 2015**- para coleta de amostras diárias simultâneas de água para análise de parâmetros *in loco*, a cada dois dias para análise de água e a cada quatro dias para análise de sedimento de corrente, em 7 pontos da bacia desde a bacia do Gualaxo Norte até a foz do rio Doce;

Quarta campanha - Hidrologia



Monitoramento Especial do Rio Doce: Quarta Campanha



Legenda

- Pontos de Monitoramento
- Hidrografia



0 25 50 100 Kilometers

Projeção: Latitude/Longitude
Datum: SIRGAS-2000
Hidrografia: IBGE/ANA

 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

 **ANA**
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Período: 27 de novembro a 19 de dezembro

Quarta campanha - Hidrologia

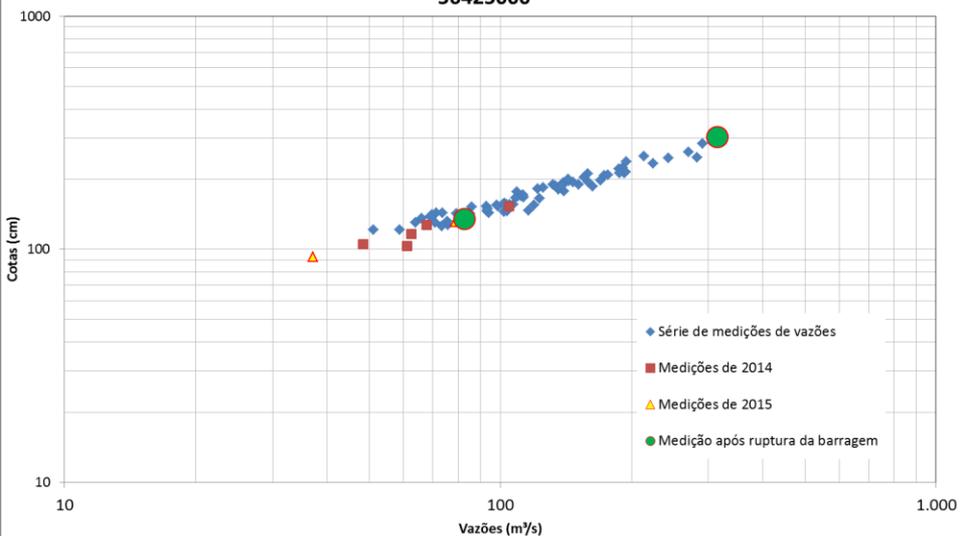
As atividades realizadas foram:

- Medição de descarga líquida;
- Levantamento de perfil transversal;
- Medição de descarga sólida em suspensão (amostras pontuais e integradas);
- Amostragem de água para realização de análise de qualidade da água;
- Levantamento de 5 parâmetros de qualidade da água *in loco em cada vertical*;
- Amostragem de sedimento de fundo.

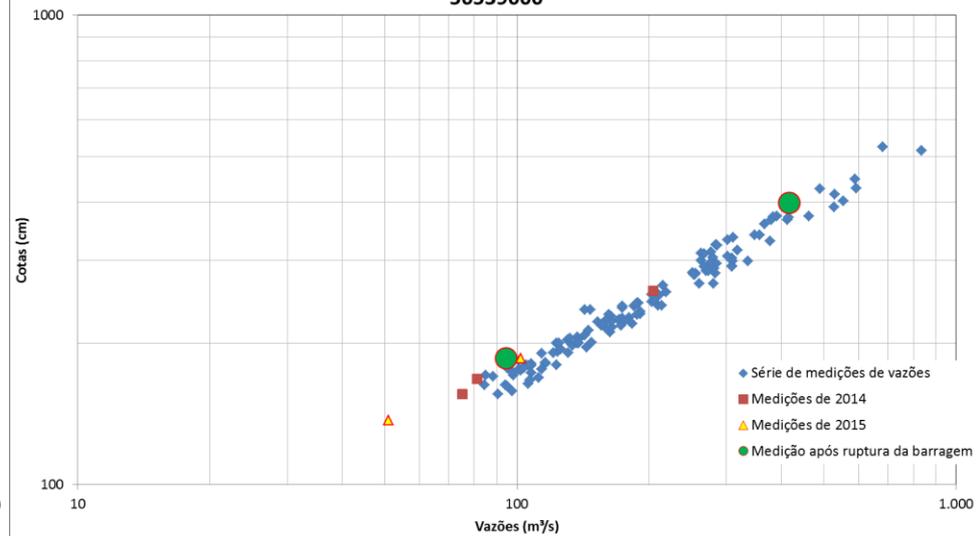


Quarta campanha - Hidrologia

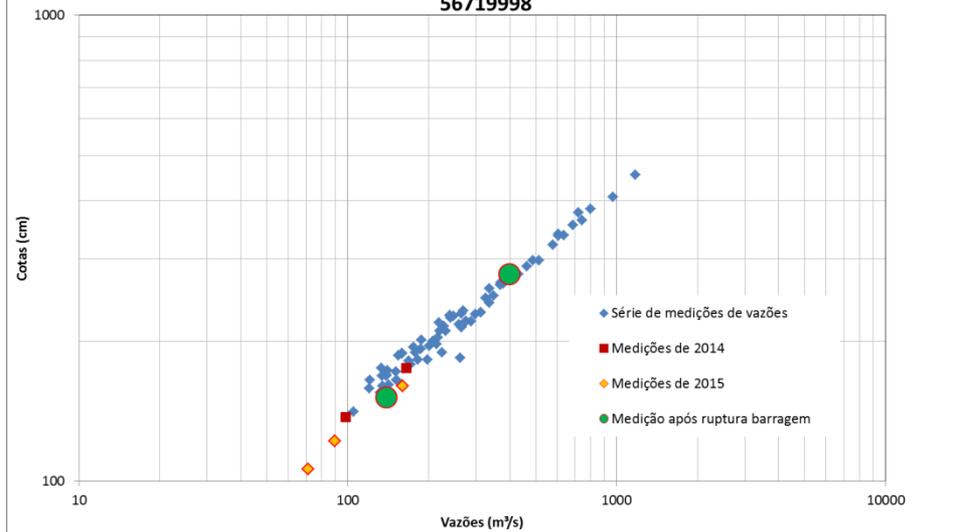
Rio Doce em Fazenda Cachoeira D'antas
56425000



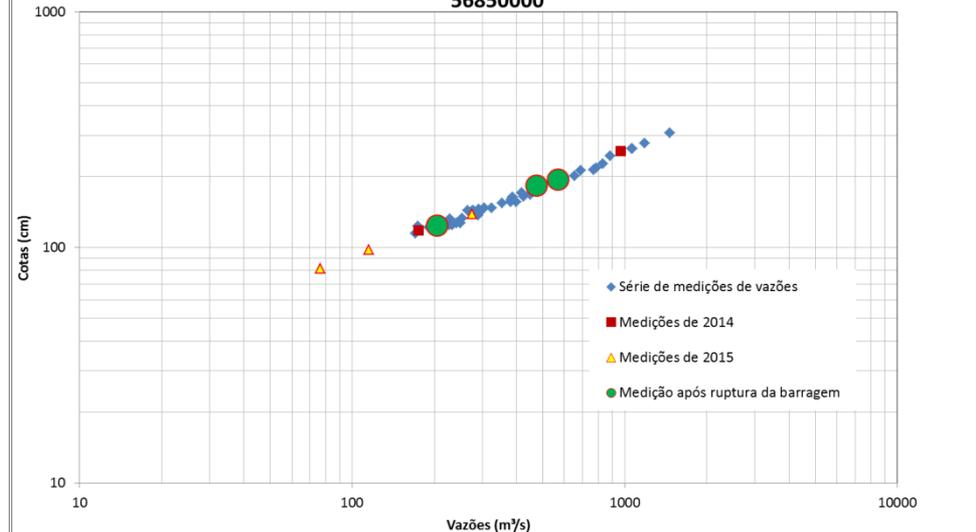
Rio Doce em Cachoeira dos Óculos Montante
56539000



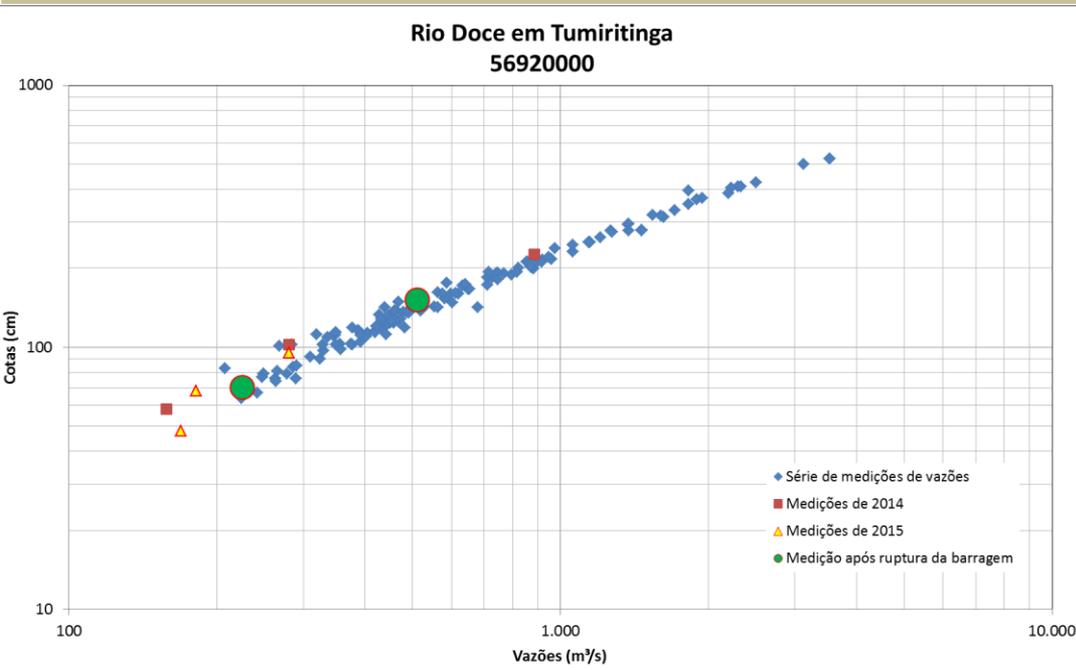
Rio Doce em Belo Oriente
56719998



Rio Doce em Governador Valadares
56850000



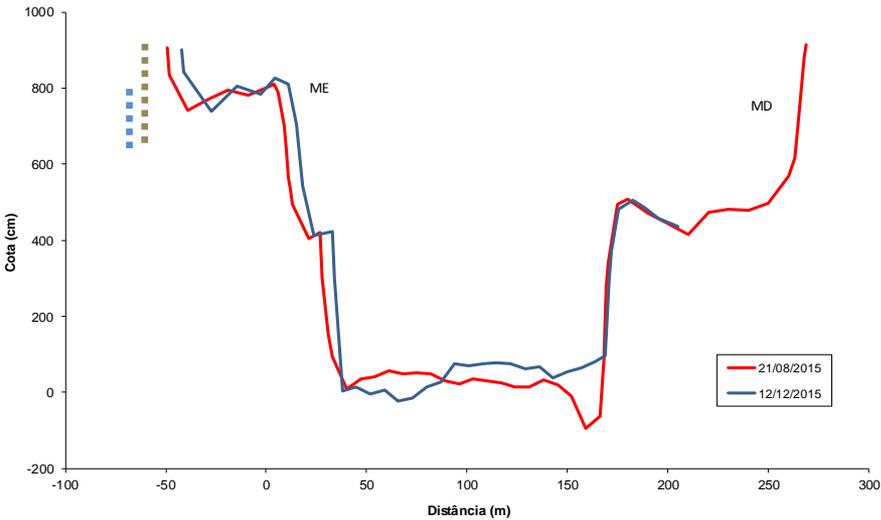
Quarta campanha - Hidrologia



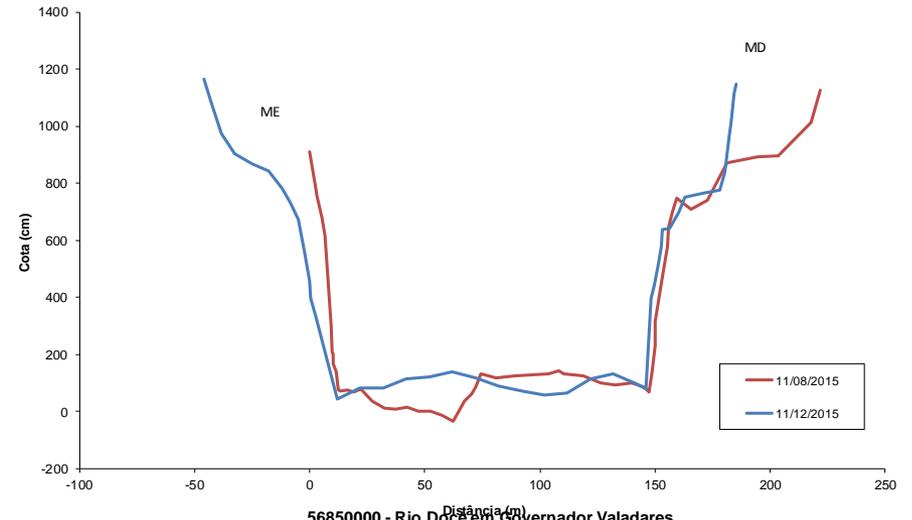
Não foram encontradas mudanças significativas na relação cota x vazão nas Estações fluviométricas do rio Doce

Quarta campanha - Hidrologia

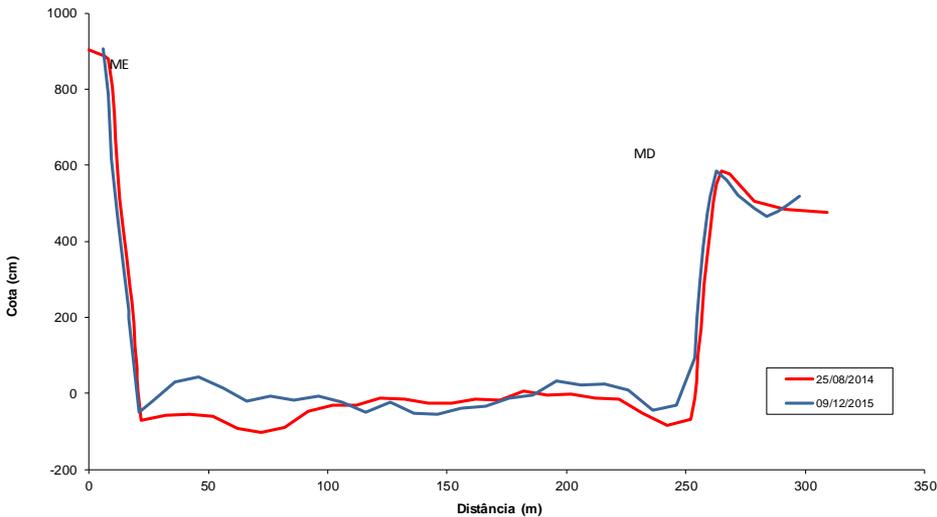
56425000 - Rio Doce em Fazenda Cachoeira D'Antas
Seção Transversal



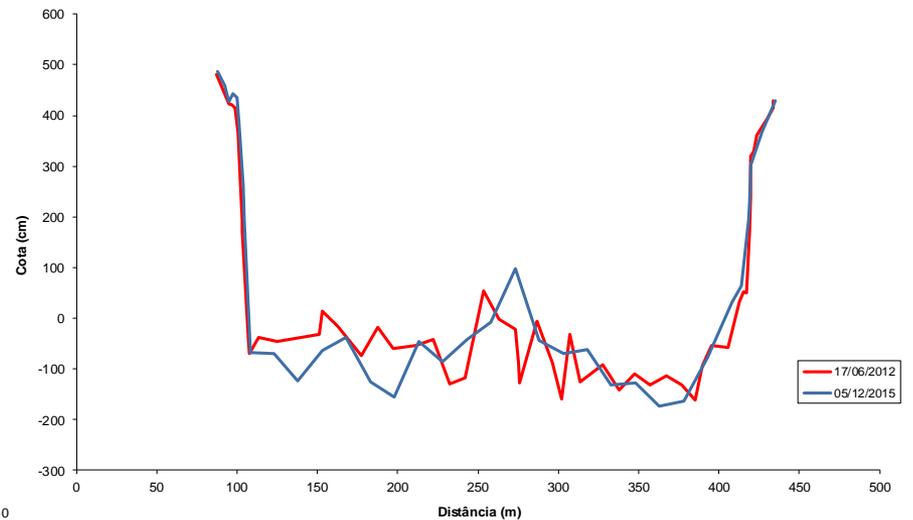
56539000 - Rio Doce em Cachoeira dos Óculos
Seção Transversal



56719998 - Rio Doce em Belo Oriente
Seção Transversal

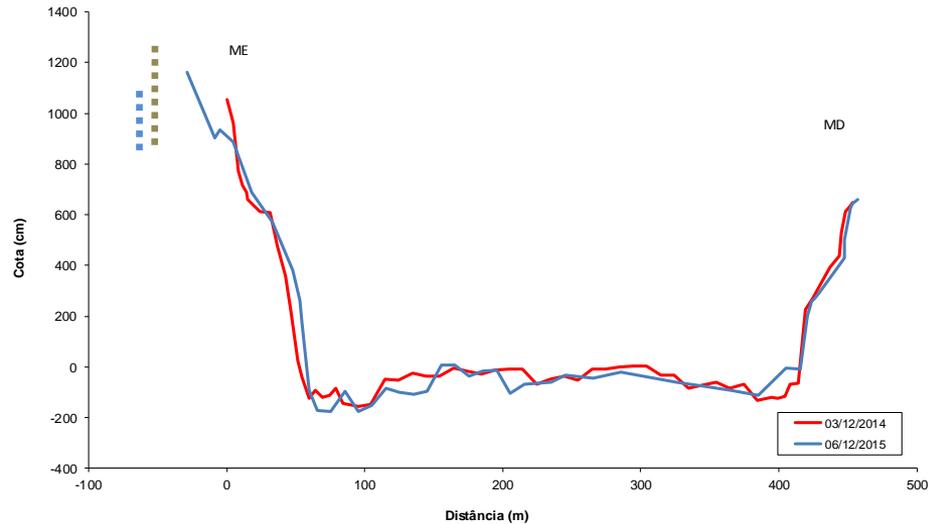


56850000 - Rio Doce em Governador Valadares
Seção Transversal

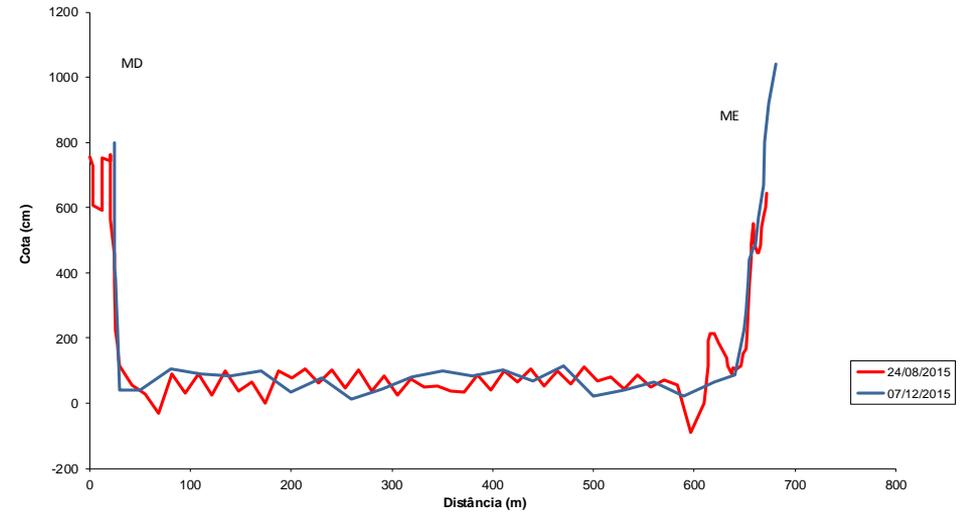


Quarta campanha - Hidrologia

56920000 - Rio Doce em Tumiritinga
Seção Transversal



56994500 - Rio Doce em Colatina
Seção Transversal



Não foram verificadas mudanças significativas nos perfis transversais do rio Doce nas estações fluviométricas

Quarta campanha - Hidrologia

Levantamento de 5 parâmetros de qualidade da água in loco:

- Não foram encontradas diferenças significativas entre a amostra pontual (30cm da superfície) e composta (5 verticais com integração na vertical) dos 5 parâmetros nas estações de Fazenda Cachoeira Dantas e Cachoeira dos Óculos
- CE e Turbidez são menores do que valores registrados durante passagem da onda da massa de água com elevada turbidez e OD é maior
- Valores de CE, OD, pH e temperatura já são compatíveis com valores normalmente registrados na RHN

Quarta campanha - Hidrologia

Análises de laboratório:

- Concentração de sedimentos em suspensão:
 - A maior diferença encontrada foi de 21% entre a C_{ss} da amostra pontual e da amostra composta
 - C_{ss} (<1000mg/L) muito menor do que a C_{ss} durante passagem da massa de água com elevada turbidez
 - C_{ss} com valores compatíveis com valores registrados durante cheias na operação da RHN

Quarta campanha - Hidrologia

- Granulometria:



- Não foram encontradas diferenças significativas entre D10% e D50% da amostra pontual e composta nas estações Faz Cachoeira Dantas, Cachoeira dos Óculos, Belo Oriente, Governador Valadares, Tumiritinga
- Não foram encontradas diferenças significativas entre D90% da amostra pontual e composta nas estações Governador Valadares, Tumiritinga
- Foram encontradas diferenças significativas (praticamente o dobro) entre D90% da amostra pontual e composta nas estações Faz Cachoeira Dantas, Cachoeira dos Óculos, Belo Oriente
- O D50% é menor do que o D50% registrado durante a passagem da massa de água com elevada turbidez nas estações Faz Cachoeira Dantas, Cachoeira dos Óculos, Belo Oriente, Governador Valadares, Tumiritinga

Quarta campanha - Hidrologia

- Ânions



- Brometo, Cloreto, Fluoreto, Fosfato, Nitrato, Nitrito e Sulfato
- Nas estações Faz Cachoeira Dantas, Cachoeira dos Óculos, Belo Oriente, Governador Valadares, Tumiritinga não foram diferenças significativas entre a amostra pontual e composta
- Concentrações diminuíram em relação segunda campanha – Geoquímica, somente Nitrato aumentou

Quarta campanha - Hidrologia

- Cálculo da Descarga Sólida

Estação	Data	Vazão (m ³ /s)	Descarga solida (t/d)	Descarga solida esperada sem ruptura (t/d)
Fazenda Cachoeira Dantas	28/11/15	82,8	6.690	250
	10/12/15	316	33.855	11.517
Cachoeira dos Óculos	29/11/15	94,9	6.330	148
	10/12/15	419	68.928	15.181
Governador Valadares	01/12/15	206	6.941	260
	14/12/15	478	13.464	2.076
Tumiritinga	02/12/15	226	8.006	107
	14/12/15	513	21.896	1.867
Colatina	07/12/15	749	31.839	4.790
	15/12/15	516	20.508	1.700

Quarta campanha - Hidrologia

Próximos Passos:

- Concluir análises de laboratório:
 - C_{ss}
 - Granulometria em suspensão
 - Granulometria fundo
 - Anions
 - Cations
 - Calculo da descarga sólida
 - Composição química do sedimento de corrente

Quinta campanha - Hidrologia

Período: 02 a 22 de dezembro de 2015

Recuperação de estações automáticas e telemétricas de chuva e nível:

- Cachoeira dos Óculos
- Belo Oriente
- Governador Valadares
- Colatina
- Ponte Nova
- Nova Era
- Naque Velho
- Vila Matias

Atividades Complementares - Hidrologia

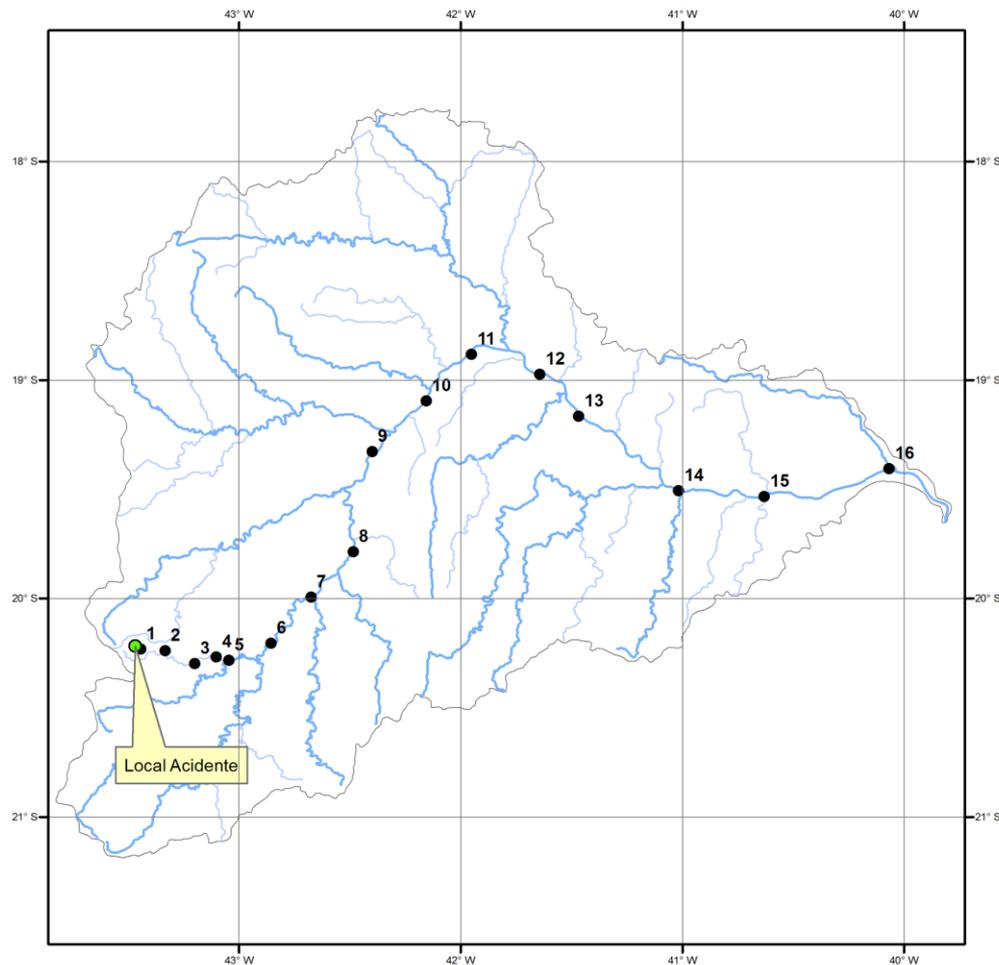
- Reinstalar estação convencional F - Fazenda Ocidente – rio Gualaxo
- Coletar dados de chuva diariamente na bacia do rio do Carmo: Fazenda Ocidente, Acaiaca e Fazenda Paraíso - ok
- Coletar dados de nível diariamente da estação F Fazenda Cachoeira Dantas - ok

Conclusões

- Técnicas
 - não há alteração da curva chave decorrente da ruptura da barragem.
 - não houve deposição significativa de sedimentos nas seções medidoras ;
 - Houve melhora na qualidade da água desde a ruptura da barragem.
 - A turbidez encontra-se ainda em valores elevados
 - A descarga sólida em suspensão, a partir dos valores registrados na quarta campanha, estão ainda muito acima dos valores registrados na operação da RHNacional,
- Institucionais
 - Diretorias integradas e comprometida
 - Parcerias institucionais (CPRM/ANA);
 - Equipe técnica e operacional motivada

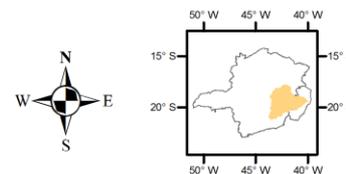


Próxima campanha – Hidrologia/Geoquímica



Monitoramento Especial do Rio Doce

ID	Código	Local	Cod. Adicional
1	EVA4004	Barragem Santarém	
2	EVA4008	Plantação de eucalipto a montante da cidade de Pedras	
3	EVA4003	Pedras	
4	56337000	Fazenda Ocidente	EDA0001, EVA4011
5	EDA0002	Barra Longa	RD071
6	EDA0003	Rio Doce	
7	56425000	Fazenda Cachoeira Dantas	EDA0004
8	56539000	Cachoeira dos Óculos	EDA0005, RD023
9	56719998	Belo Oriente	RD033
10	RD083	Fernandes Tourinho, Periquito	EDA0007
11	56850000	Governador Valadares	EDA0008, RD044
12	56920000	Tumiritinga	EDA0009, RD053
13	EDA0010	Conselheiro Pena	RD058
14	EDA0011	Baixo Guandu	RD067, P01
15	56994500	Colatina	EDA0012, P03
16	56998200	Linhares	EDA0013, P04



Escala 1:2.500.000
Projeção: Latitude/Longitude
Datum: SIRGAS-2000
Hidrografia: IBGE/ANA



Período 18 a 29 de jan de 2016 – amostragem conjunta entre as instituições, geoquímica e hidrologia

Próxima campanha – Hidrologia/Geoquímica

Atividades:

- Amostragem conjunta (CPRM, IGAM, IEMA) em Governador Valadares e Baixo Guandu
 - Em triplicata,
 - Coleta para os metais totais (listados na DN COPAM/CERH 01/08),
 - Coleta para os metais ferro, alumínio e cobre, com a filtração realizada em campo,
 - Amostragem de branco de campo,
 - Cada instituição deverá coletar em cada ponto 2 amostras, em triplicata, com as próprias metodologias de coleta e preservação. Uma amostra será encaminhada ao próprio laboratório e outra amostra para o laboratório da outra instituição.
- Geoquímica : coleta de amostras de água, sedimento e parâmetros de QA
- Hidrologia:
 - Medição de descarga líquida;
 - Medição de descarga sólida em suspensão (método IID). Coletar, também, no mínimo de 5 litros de água por estação (1 litro por vertical). Armazenar tudo em um galão no gelo;
 - Coleta dos parâmetros de qualidade da água em cada vertical.;
 - Amostragem de sedimento de fundo

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Frederico Cláudio Peixinho
Elizabeth Guelman Davis

www.cprm.gov.br

Frederico Cláudio Peixinho Engenheiro Civil, UFBA, 1972

Engenheiro Hidrólogo da CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Chefe do Departamento de Hidrologia da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.

Área de atuação: planejamento, coordenação e supervisão do programa de hidrologia na CPRM.

Elizabeth Guelman Davis Engenheira Civil, UFMG, 1985

Engenheira Hidróloga da CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Supervisora de Hidrologia na Superintendência Regional de Belo Horizonte da CPRM

Áreas de atuação e interesse: monitoramento hidrológico, chuvas intensas, climatologia e sistemas de alerta hidrológicos.