

**Análises realizadas *in situ* – Análises físico-químicas do Rio Doce e afluentes
sob influencia dos Rejeitos provenientes no Rompimento da Barragem de
Fundão da Empresa Samarco**

Dr. André Cordeiro Alves dos Santos

Dr^a. Eliane Pintor de Arruda

Dr^a. Flávia Bottino

Este relatório tem o intuito de fornecer uma visão geral do ecossistema, tanto para a população afetada pelo rompimento da barragem em Mariana/MG, como subsidiar outras análises e interpretação de resultados. Através de uma simples explanação dos resultados obtidos, visamos integrar a sociedade e os pesquisadores em um modelo de ciência para todos.

Todas as medições foram realizadas com uma sonda multiparâmetros (Horiba; Modelo U-52) nos diferentes pontos de amostragem. Foram realizadas 3 medições de cada variável físico-química para maior representatividade dos resultados. Os dados das 3 medidas são apresentados juntamente com média e desvio padrão, conforme tabela em anexo.

A temperatura da água é uma variável muito importante, pois interfere nas reações químicas essenciais para manutenção do equilíbrio em ecossistemas aquáticos, as quais permitem que a vida (microrganismos, algas, peixes e outros) se desenvolva. No geral, a temperatura da água do Rio Doce estava elevada, principalmente, nos pontos próximos à foz. Este é um resultado de grande relevância, pois as partículas dissolvidas na água (que podem ser indicadas pelo alto valor de turbidez e sólidos suspensos totais) aumentam a absorção de calor, afetando diversas reações metabólicas e a disponibilidade de oxigênio. Nos afluentes não afetados pela onda de rejeitos (pontos M2, J1 e rio Piranga) a temperatura manteve-se dentro da variação esperada para ecossistema de água doce tropical no período de verão.

A elevada turbidez da água, causada pela grande quantidade de partículas em suspensão, limita a penetração de luz, a qual é utilizada pelas algas para fotossíntese. A diminuição das condições de sobrevivência das microalgas afeta toda a cadeia alimentar, pois muitos organismos são dependentes destes organismos como fonte de alimento, inclusive peixes.

A fotossíntese é um processo importante nos ecossistemas aquáticos, pois contribui com o aumento do oxigênio na água. O oxigênio é um gás essencial para manutenção da vida aquática e para reações químicas de oxidação que degradam e disponibilizam diversos compostos na água. Considerando-se a elevada turbidez e concentração de sólidos totais, é possível inferir que o oxigênio dissolvido nas águas do Rio Doce, rio Gualaxo do Norte e Rio do Carmo (ponto com efluente da mineração – J3) não é, primariamente, originado pela fotossíntese e sim relacionado a processos de difusão ocasionados pela maior turbulência da água devido à declividade do rio. Essas condições aumentam, conseqüentemente, o potencial de oxi-redução.

O pH é outra variável fundamental no desenvolvimento e sobrevivência de espécies aquáticas, influenciando as reações químicas essenciais para manutenção da qualidade da água. A maioria dos ecossistemas aquáticos apresentam pH variando entre 6 e 8, inserindo o rio Doce e seus afluentes na faixa de pH esperada para rios de uma região tropical. O pH apresenta estreita relação com o potencial redox. Valores elevados de potencial redox indicam que há poucos elétrons na água para que reações de redução ocorram. No caso do rio Doce, afetado pelo rejeito de mineração, pode-se deduzir que substâncias como ferro (Fe) estão sob a forma de Fe^{3+} (óxidos e hidróxidos de ferro) devido às características oxidantes do meio. Isso se torna particularmente importante, pois o ferro precipita o fósforo para o sedimento, tornando esse nutriente indisponível para as algas, diminuindo, novamente os recursos para a fotossíntese com reflexo para a cadeia alimentar. O fósforo é um nutriente essencial para que microalgas e algas se desenvolvam e permitam o equilíbrio da cadeia alimentar, influenciando, inclusive a reserva pesqueira do ambiente.

Concluindo, o principal impacto que pode ser observado a partir destes dados é a alta turbidez e concentração de material em suspensão que afeta os organismos que fazem fotossíntese e são, na maioria das vezes, a base da cadeia alimentar aquática. A redução da penetração da luz por partículas em suspensão é causada pela grande quantidade de sedimento transportado pelo rio e é difícil prever sua redução a condições favoráveis à biota aquática em função das dificuldades de sedimentação (partículas muito finas) e do arraste, devido ao início do período de chuvas na região e da grande quantidade de material (lama) depositado na cabeceira e nas margens do leito do rio.

Apesar de ser tecnologicamente possível a retirada deste material em suspensão em água para abastecimento público, necessita-se de sistemas de tratamentos mais

avançados e, frequentemente, mais caros, impactando as concessionárias de serviço público e, conseqüentemente, a população consumidora final.

A integração desses resultados com as variáveis que ainda estão sendo analisadas (metais, nitrogênio, fósforo na água e no sedimento, bem como comunidades biológicas) permitirão futuras conclusões.

Tabelas com dados das três leituras, incluindo média e desvio padrão, realizadas com Horiba U-52 em diferentes pontos do Rio Doce e afluentes no período de 05/12/2015 a 9/12/2015.

Rio Gualaxo Montante do despejo (M2) - data da amostragem 05/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,276388837	Lat	43,431151578	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	25,24	25,3	25,32	25,29	0,04
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	8,37	8,15	7,88	8,13	0,25
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,111	0,111	0,112	0,11	0,001
pH	7,22	7,4	7,48	7,37	0,13
Potencial Redox (mV)	282	295	296	291,00	7,81
Turbidez (NTU)	202	193	195	196,67	4,73
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,072	0,072	0,073	0,07	0,001
Salinidade (ppt)	0,1	0,1	0,1	0,10	0,00

CMH - Rio do Carmo em Monsenhor Horta (J1) - data da amostragem 06/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,346916667	Lat	-43,296027778	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	21,26	21,59	21,6	21,48	0,19
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	9,38	9,35	9,29	9,34	0,05
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,133	0,133	0,133	0,13	0,000
pH	6,55	6,76	6,86	6,72	0,16
Potencial Redox (mV)	299	304	308	303,67	4,51
Turbidez (NTU)	467	471	470	469,33	2,08
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,086	0,086	0,086	0,09	0,000
Salinidade (ppt)	0,1	0,1	0,1	0,10	0,00

Paracatu de Baixo - Rio Gualaxo do Norte (J2) - data da amostragem 06/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,306446685	Lat	43,226204463	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	23,54	23,56	23,54	23,55	0,01
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	9,12	9,16	8,73	9,00	0,24
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,083	0,083	0,083	0,08	0,000
pH	7,46	7,47	7,53	7,49	0,04
Potencial Redox (mV)	284	286	285	285,00	1,00

Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,054	0,054	0,054	0,05	0,000
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Barra Longa - Rio do Carmo (J3) - 06/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,290860320	Lat	-43,054475473	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	26,07	25,9	25,9	25,96	0,10
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	7,05	7,35	7,26	7,22	0,15
Oxigênio Dissolvido (%)	88,3	91,9	90,8	90,33	1,84
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,087	0,079	0,076	0,08	0,006
pH	6,19	6,38	6,47	6,35	0,14
Potencial Redox (mV)	328	333	338	333,00	5,00
Turbidez (NTU)	703	654	714	690,33	31,94
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,057	0,051	0,049	0,05	0,004
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Cidade de Rio Doce - Rio Doce (J4) - data da amostragem 06/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,247805556	Lat	42,886000000	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	26,47	26,47	26,46	26,47	0,01
Oxigênio Dissolvido (mg L-1)	8,01	8,47	8,56	8,35	0,30
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,046	0,046	0,046	0,05	0,000
pH	7,23	7,14	7,1	7,16	0,07
Potencial Redox (mV)	278	291	296	288,33	9,29
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,000
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Cidade de Rio Doce - Junção do Rio Piranga com Rio Doce - data da amostragem 06/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,248403586	Lat	42,885802435	Long	
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	26,81	26,81	26,83	26,82	0,01
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	7,91	7,91	7,91	7,91	0,00
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00

Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,079	0,079	0,078	0,08	0,001
pH	6,5	6,5	6,89	6,63	0,23
Potencial Redox (mV)	253	253	234	246,67	10,97
Turbidez (NTU)	80,3	80,3	80,1	80,23	0,12
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,051	0,051	0,051	0,05	0,000
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

BR 262 - entre as cidades de Rio Doce e Ipatinga (J5) - data da amostragem 07/12/2015					
Coordenada Geográfica	-20,019819000	Lat	42,744726000	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	26,41	26,43	26,44	26,43	0,02
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,76	6,58	6,34	6,56	0,21
Oxigênio Dissolvido (%)	85,2	82,9	80	82,70	2,61
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,058	0,059	0,053	0,06	0,003
pH	6,29	6,57	6,66	6,51	0,19
Potencial Redox (mV)	321	321	321	321,00	0,00
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,038	0,038	0,034	0,04	0,002
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Ipatinga - Rio Doce (J10) - data da amostraem 07/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,476861111	Lat	42,475972222	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	28,63	28,63	28,6	28,62	0,02
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,54	6,5	6,45	6,50	0,05
Oxigênio Dissolvido (%)	85,2	84,7	84	84,63	0,60
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,062	0,062	0,062	0,06	0,000
pH	6,36	6,55	6,62	6,51	0,13
Potencial Redox (mV)	320	317	317	318,00	1,73
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,041	0,041	0,04	0,04	0,001

Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0
------------------	---	---	---	---	---

Naque - Rio Doce (J11) - data da amostragem 07/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,236833333	Lat	42,308083333	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	29,39	29,37	29,38	29,38	0,01
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,86	6,88	7,2	6,98	0,19
Oxigênio Dissolvido (%)	90,4	90,6	94,8	91,93	2,48
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,041	0,039	0,039	0,04	0,001
pH	5,87	6,27	6,37	6,17	0,26
Potencial Redox (mV)	344	345	351	346,67	3,79
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,027	0,026	0,025	0,03	0,001
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Governador Valadares - Rio Doce (J12) - data da amostragem 08/12/2015					
Coordenada Geográfica	-18,883133424	Lat	41,950998621	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	28,22	28,27	28,27	28,25	0,03
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,59	6,78	6,92	6,76	0,17
Oxigênio Dissolvido (%)	85,3	87,9	89,7	87,63	2,21
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,077	0,073	0,075	0,08	0,002
pH	5,8	6,46	6,22	6,16	0,33
Potencial Redox (mV)	324	303	307	311,33	11,15
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,05	0,048	0,049	0,05	0,001
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Galiléia - Rio Doce (J13) - data de amostragem 08/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,006500000	Lat	41,542527778	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão

Temperatura da água (°C)	27,24	27,23	27,37	27,28	0,08
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,94	7,41	7,19	7,18	0,24
Oxigênio Dissolvido (%)	88,5	94,5	91,8	91,60	3,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,097	0,097	0,094	0,10	0,002
pH	6,31	6,44	6,52	6,42	0,11
Potencial Redox (mV)	331	338	341	336,67	5,13
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,063	0,063	0,061	0,06	0,001
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Baixo Guandu (J14) - data de amostragem 08/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,507149641	Lat	-	41,015188235	Long
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	29,75	29,78	29,82	29,78	0,04
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,27	6,23	6,39	6,30	0,08
Oxigênio Dissolvido (%)	83	82	84,6	83,20	1,31
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,115	0,101	0,097	0,10	0,009
pH	6,13	6,57	6,66	6,45	0,28
Potencial Redox (mV)	327	332	335	331,33	4,04
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (gL ⁻¹)	0,075	0,065	0,063	0,07	0,006
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Colatina - Rio Doce (J15) - data da amostragem 08/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,510638889	Lat	-	40,554916667	Long
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	29,07	29,2	29,18	29,15	0,07
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,12	6,49	6,1	6,24	0,22
Oxigênio Dissolvido (%)	80,2	85,2	80,1	81,83	2,92
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,083	0,081	0,08	0,08	0,002
pH	6,06	6,75	6,9	6,57	0,45
Potencial Redox (mV)	354	359	360	357,67	3,21

Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,054	0,052	0,052	0,05	0,001
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Linhares - Rio Doce (J16) - data da amostragem 09/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,480750000	Lat	39,925611111	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	29,25	29,36	29,38	29,33	0,07
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	8,51	8,5	8,57	8,53	0,04
Oxigênio Dissolvido (%)	100	100	100	100,00	0,00
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,1	0,088	0,081	0,09	0,010
pH	5,8	6,46	6,6	6,29	0,43
Potencial Redox (mV)	337	353	357	349,00	10,58
Turbidez (NTU)	ULTRAPASSOU LIMITE MÁXIMO				
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,056	0,057	0,052	0,06	0,003
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Regência - Rio Doce (J17) - data da amostragem 09/12/2015					
Coordenada Geográfica	-19,644584993	Lat	39,824053610	Long	-
Variável	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio Padrão
Temperatura da água (°C)	28,63	28,66	28,67	28,65	0,02
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,32	6,03	5,78	6,04	0,27
Oxigênio Dissolvido (%)	82,3	78,6	75,4	78,77	3,45
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	0,09	0,096	0,095	0,09	0,003
pH	6,21	6,4	6,53	6,38	0,16
Potencial Redox (mV)	381	382	381	381,33	0,58
Turbidez (NTU)	1000	1000	1000	1000	0
Sólidos Suspensos Totais (g L ⁻¹)	0,065	0,063	0,062	0,06	0,002
Salinidade (ppt)	0	0	0	0	0

Métodos, limites de detecção, resolução e precisão das análises feitas utilizando Horiba U-52 no Rio Doce e afluentes.

Informações sobre a sonda Multiparâmetro Horiba Modelo U-52	Método de medida	Faixa	Resolução	Precisão
pH	Glass electrode method	pH 0 a 14	0.01 pH	± 0.1
Oxigênio Dissolvido	Polarographic method	0 mg L-1 a 50.0 mg L-1	0.01mg L-1	0 a 20mg L-1: ± 0.2mg L-1; 20 a 50mg L-1: ± 0.5mg L-1
Condutividade Elétrica	Four-AC-electrode method	0 mS cm-1 a 100 mS cm-1	000 a 0.999 mS cm-1: 0.001; 1.00 a 9.99 mS cm-1: 0.01; 10 a 99.9mS cm-1: 0.1	1% da escala completa
Salinidade	Electrical Conductivity conversion	0 ppt a 70ppt	0.1 ppt	±3 ppt
Sólidos Suspensos Totais (TDS)	Electrical Conductivity conversion	0 a 100gL-1	0.1% da escala completa	±5 gL-1
Temperatura	Platinum temperature sensor	10°C negativos a 55 °C positivos	0.01°C	sem informação
Turbidez	LED forward 30° transmission/scattering method	0 NTU a 800 NTU	0.1NTU	±1 NTU
Potencia Redox	Platinum electrode method	2000mV negativos a 2000mV positivos	1mV	±15mV