

NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 16/2022

Assunto: Depósito de sedimentos com indícios de rejeitos na porção capixaba do rio Doce, após as chuvas de janeiro de 2022.

1. INTRODUÇÃO

Em 05 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão no município de Mariana - MG, pertencente à empresa Samarco S.A. O rompimento ocasionou o extravasamento imediato de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro, causando impactos a jusante da referida estrutura. O material, liberado no córrego Santarém, atingiu o rio Gualaxo do Norte, até sua confluência com o rio do Carmo, que, junto com o rio Piranga, formam o rio Doce. Parte do volume de rejeitos ficou retido nos trechos a montante da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves (Candonga) e no próprio reservatório da UHE, enquanto outra parte passou pelo reservatório dessa UHE, seguindo pelo rio Doce em direção à foz.

Os rejeitos, ainda depositados na calha do rio Doce, continuam se locomovendo, e este transporte é observado de forma mais intensa no período chuvoso, uma vez que este período possibilita a ressuspensão de sedimentos depositados na planície de inundação e no leito principal do rio, os quais não estão definitivamente consolidados, tendo como destino final a foz do rio Doce.

Durante o período chuvoso 2021-2022, o qual foram registrados altos índices pluviométricos na bacia do rio Doce, principalmente no mês de janeiro, uma reportagem do jornal Bom Dia ES, veiculada no dia 03 de fevereiro de 2022, denunciou que a deposição de lama às margens do rio Doce no bairro Maria das Graças em Colatina “*seria rica em material originário do rompimento da barragem de Fundão, Mariana-MG, em 2015*”. A área em questão trata-se de uma propriedade particular de plantio de frutas e hortaliças para comercialização e necessária à subsistência dos residentes do local (Figuras 1 e 2). Diante do exposto, foi necessária a realização de vistoria no local para averiguação.



Figura 1: Vista superior da área objeto da denúncia. Fonte: Drone IEMA.



Figura 2: Vista de área de plantio de frutas e hortaliças com depósito de sedimentos. Fonte: Drone IEMA.

Neste sentido, cabe destacar que conforme o item 4 da Deliberação CIF nº 378, a *Fundação Renova* deverá providenciar apoio necessário à limpeza das áreas atingidas com lama e rejeitos, inclusive com a sua destinação ambientalmente adequada, e medidas de mitigação dos efeitos adversos da poluição atmosférica pela poeira.

Dessa forma, e em atendimento a solicitação da Secretaria Executiva do Estado do Espírito Santo, esta Nota Técnica apresenta o relato da vistoria técnica feita no local, bem como da adoção de medidas que consistem em amostragem de áreas com indícios de depósitos de sedimentos contendo rejeitos na porção capixaba do rio Doce e discussão dos resultados.

2. VISTORIA TÉCNICA

No dia 04 de fevereiro de 2022 foi realizada a vistoria pelos Agentes de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo, lotados na Coordenação de Enfrentamento da Crise Ambiental do Doce (ADARH / IEMA / CTECAD), no local (coordenadas UTM 329830.93m E / 7840775.71m S) onde houve deposição de sedimentos, a saber, uma propriedade particular de plantio de frutas e hortaliças localizada no bairro Maria das Graças, em Colatina/ES. Cabe ressaltar que a vistoria foi realizada após o nível da água do rio Doce abaixar.

De forma geral, a área vistoriada possuía indícios de depósito de sedimentos em diferentes proporções, sendo as áreas mais próximas do rio Doce em maior quantidade. Conforme demonstrado na Figura 3, no momento da vistoria foi identificado o nível que as águas oriundas da cheia do rio Doce alcançaram, causando diversos prejuízos aos proprietários do terreno vistoriado.



Figura 3: Indicativo do nível alcançado pela água durante a cheia no local.

No dia da vistoria, os técnicos observaram os sedimentos depositados na região e, visivelmente, possuíam componentes semelhantes ao minério de ferro e a superfície do solo apresentava veios de material particulado com brilho metálico (Figura 4). Essa característica foi visualizada em praticamente todo o terreno vistoriado, inclusive em áreas do entorno da área de cultivo (horta) e zona de erosão, como pequenos sulcos no solo. Diante dessa situação, levantou-se a necessidade de uma investigação por meio de análises laboratoriais, a fim de confirmar o tipo de material depositado no local.

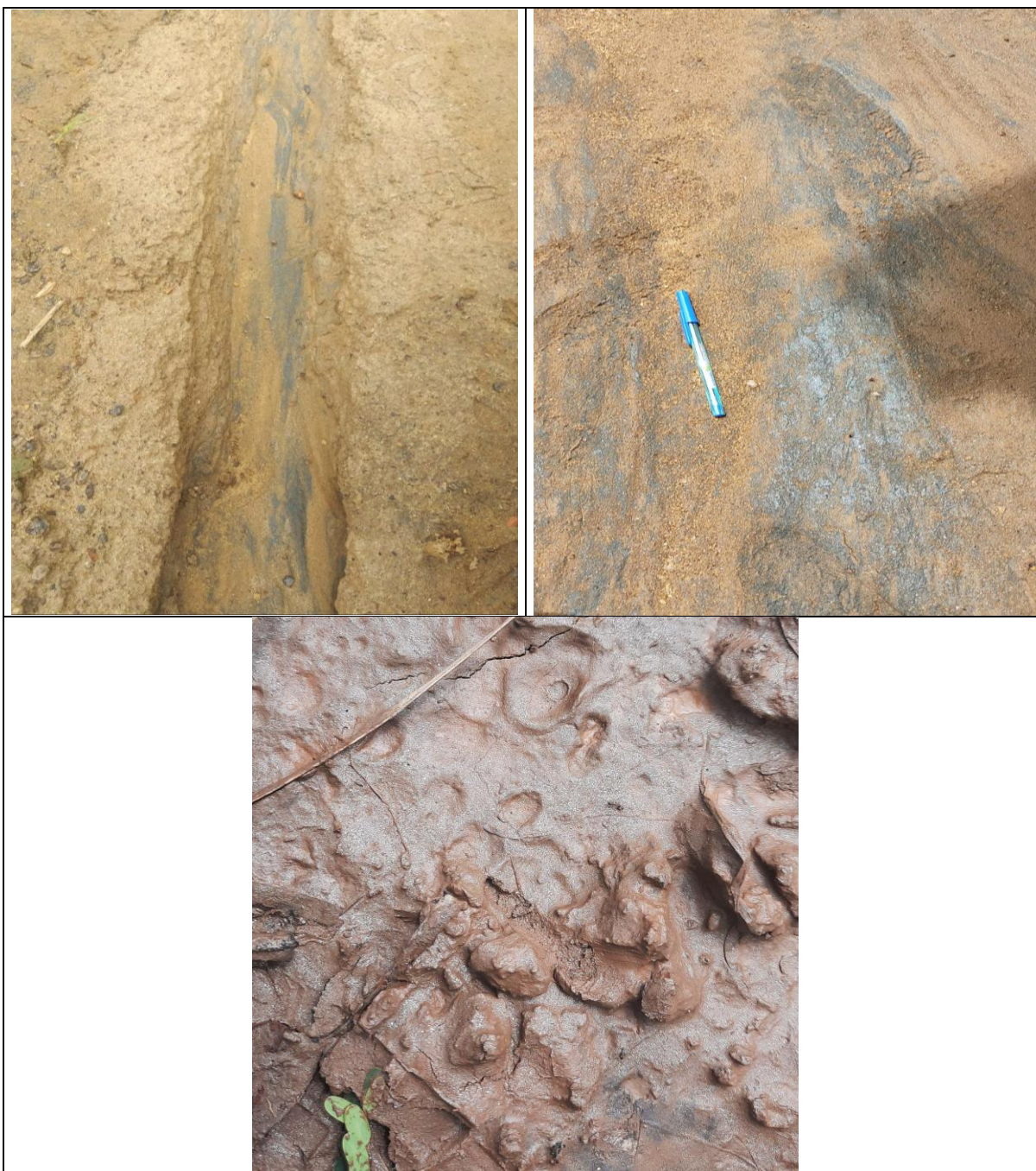


Figura 4: Material fino visualmente similar à minérios de ferro, com presença de material lamoso, com frações de silte e argila.

A partir dessas constatações, foi realizada uma comparação utilizando imagem aérea feita por drone em 04/02/2022 (Figura 5) durante a vistoria no local, com imagens aéreas disponibilizadas pela ferramenta *Google Earth*, nas datas de 09/07/2015, 11/03/2016 e 16/03/2019 (Figura 6). É possível observar na imagem mais recente (04/02/2022) um depósito anormal de sedimentos muito finos (silte, argila e areia fina), situação não observada após as cheias de 2016, por exemplo.



Figura 5: Imagem de drone feita em 04/02/2022.

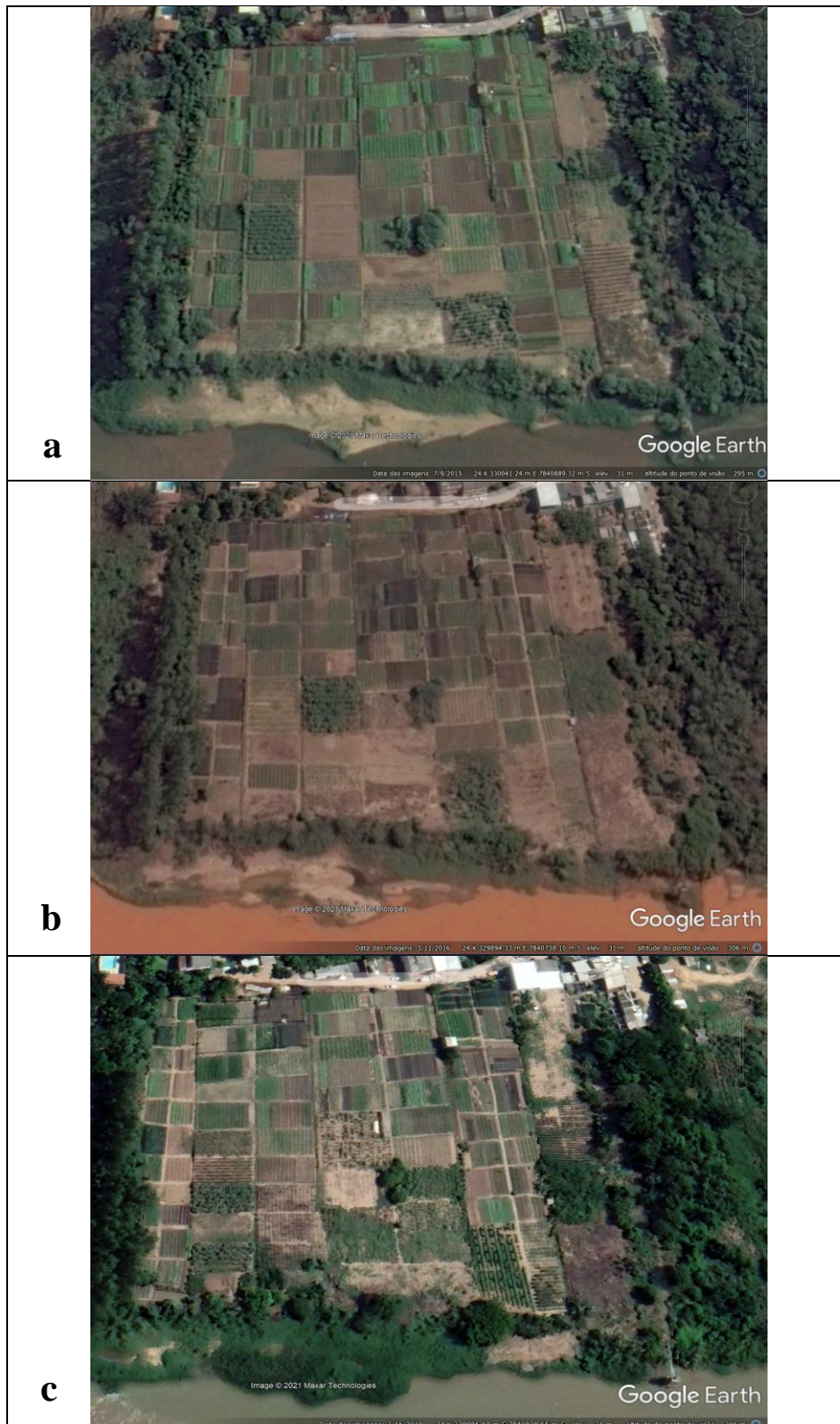


Figura 6: (a) Imagem aérea de 01/09/2015. (b) Imagem aérea de 11/03/2016. (c) Imagem aérea de 16/03/2019.
Fonte: *Google Earth*.

Diante da situação verificada em campo elaborou-se um Termo de Referência com o intuito de contratar laboratório acreditado para realização de coletas e análises de solo para investigação do impacto em áreas de deposição de sedimento às margens do rio Doce na porção capixaba, de forma a reportar e subsidiar a tomada de decisão do Comitê Interfederativo (CIF). Cabe ressaltar que não foram coletadas amostras de sedimentos apenas na área inicialmente vistoriada, onde teve a denúncia veiculada em jornal e sim ao longo da porção capixaba do rio Doce, onde constatou-se extravasamento da calha.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo e Amostragem

Observado a área de extrapolação da calha do rio Doce (porção capixaba) no período chuvoso de 2022, foram definidos 11 pontos amostrais. Para fazer a seleção destes, foram utilizadas também as fotos registradas durante um sobrevoo de helicóptero, entre os dias 15 e 16 de janeiro de 2022.

A coleta de amostras foi feita por laboratório contratado, via edital realizado pelo gerenciador Flasco, através do termo de parceria com o CIF. Essa se deu entre os dias 19 a 21 de julho de 2022 e foi acompanhada pelos técnicos da CTECAD / IEMA que compõem a CT-GRSA. Durante as atividades de campo foi constatada a necessidade de coletar amostras em outros três pontos adicionais, totalizando 14 pontos, conforme pode ser observado no Quadro 1. Esses pontos estão distribuídos entre o município de Colatina até a foz do rio Doce, município de Linhares, conforme pode ser observado na Figura 7. As fichas de campo se encontram no Apêndice I.

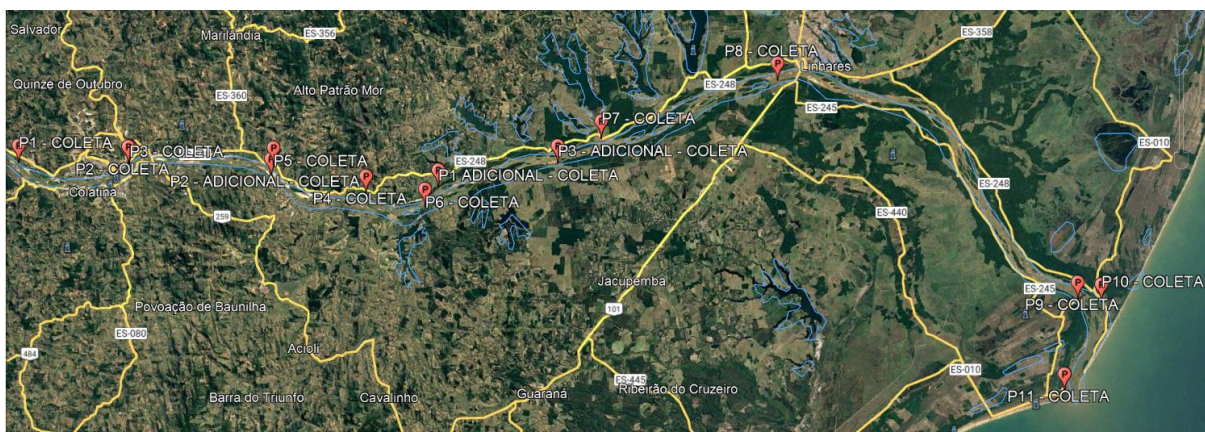


Figura 7: Distribuição dos pontos de coleta. Fonte: *Google Earth*.

Quadro 1 – Identificação das amostras coletadas e suas características.

Identificação	Coordenadas Médias UTM SIRGAS 2000 24k	Localidade
Ponto 1	320140.47 m E / 7840135.29 m S	Bairro Colúmbia – Colatina/ES, próximo ao colégio Edessa
Ponto 2	329830.93 m E / 7840775.71 m S	Horta do bairro Maria das Graças em Colatina/ES
Ponto 3	329921.45 m E / 7840822.69 m S	Ao lado da horta do bairro Maria das Graças em Colatina/ES
Ponto 4	350943.38 m E / 7839841.41 m S	Localidade de Bela Vista – Marilândia/ES
Ponto 5	342620.85 m E / 7841674.39 m S	Localidade de Boninsegna – Marilândia/ES.
Ponto 6	356206.83 m E / 7839115 m S	Próximo ao canal da Lagoa do Limão – Linhares/ES
Ponto 7	371190.93 m E / 7846273.40 m S	São Rafael – Linhares/ES
Ponto 8	386268.69 m E / 7852565.10 m S	Fazenda Experimental Incaper – Linhares/ES
Ponto 9	414232.24 m E / 7835516.38 m S	Comunidade Areal – Linhares/ES
Ponto 10	416328.52 m E / 7835487.55 m S	Fazenda Monsarás, Povoação – Linhares/ES
Ponto 11	413706.70 m E / 7827398.31 m S	Foz do rio Doce em Regência – Linhares/ES
Ponto 1 - Adicional	357231.85 m E / 7840860.95 m S	Humaitá –Linhares/ES
Ponto 2 - Adicional	342485.66 m E / 7840684.26 m S	Distrito Maria Ortiz – Colatina/ES
Ponto 3 - Adicional	367545.44 m E / 7843813.87 m S	Distrito de Ipiranga – Linhares/ES

A amostragem foi executada utilizando trado manual, retirando o solo/sedimento em profundidade de 0-20 cm e adotando-se o seguinte procedimento de amostragem:

- Registro na cadeia de custódia em tablet;
- Utilização de luvas;
- Limpeza da superfície da área retirando qualquer fragmento presente;
- Início da tradagem – Quando o trado atingia sua capacidade ou a profundidade de 20 cm, o solo/sedimento era removido lentamente e com cuidado do interior da amostra;
- Após a retirada do solo/sedimento utilizando trado, este era depositado em uma bandeja de aço inox para homogeneização, utilizando uma colher de aço inox. Após a homogeneização, a amostra era transferida para um frasco plástico com tampa;

- As amostras foram acondicionadas em caixa térmica sob refrigeração até a chegada ao laboratório para análise.

Cabe ressaltar que, quando a resistência mecânica do solo era alta no momento da coleta, utilizou-se uma cavadeira antes do trado. As fotos demonstrando o procedimento adotado em campo estão expostas na Figura 8.

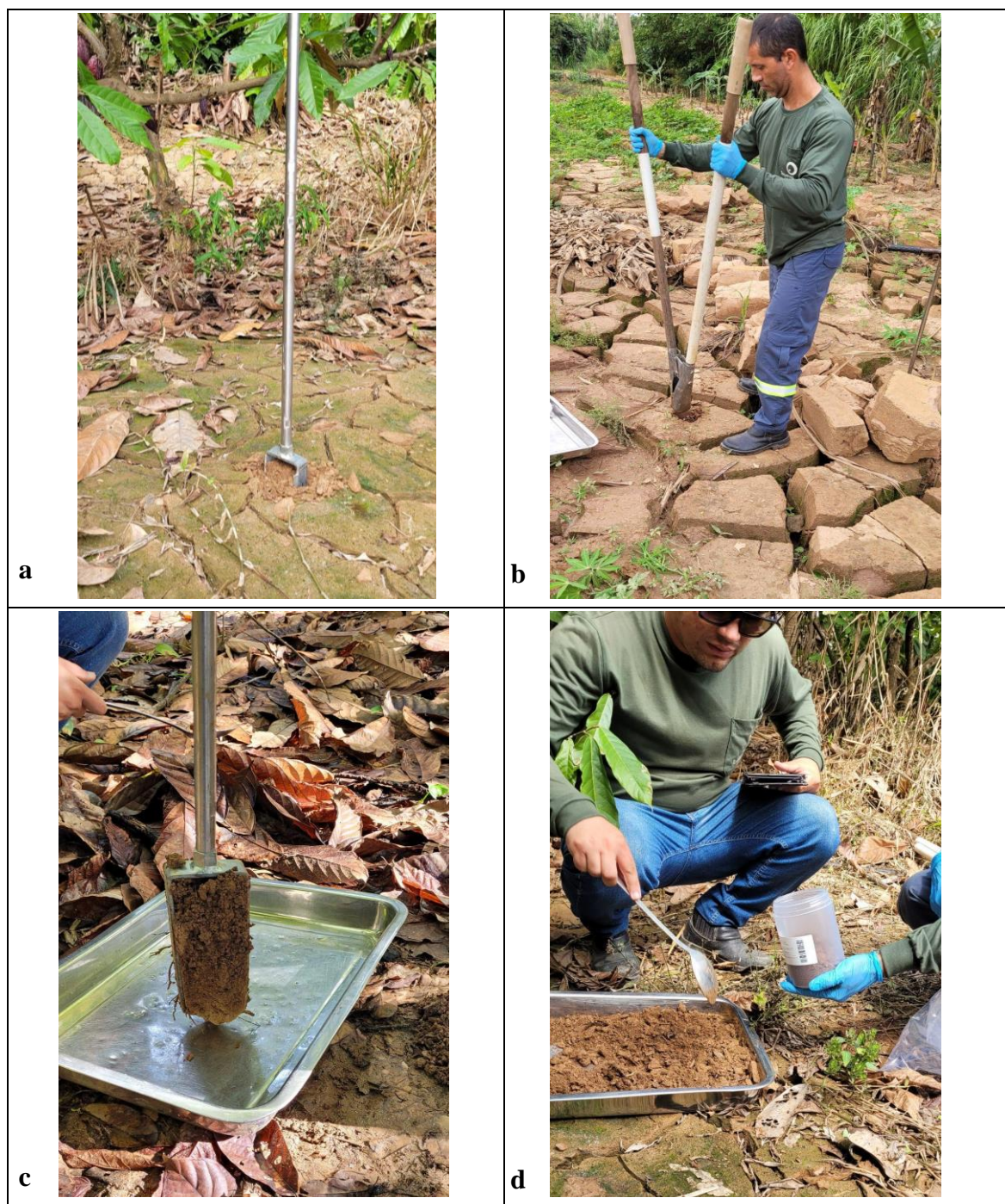


Figura 8: (a) Utilização de trado manual na amostragem. (b) Utilização de cavadeira, quando necessário e de luva para amostragem. (c) Tradagem na profundidade de 0-20cm. (d) Utilização de colher e bandeja de aço inox. Após homogeneização, transferência para frasco de plástico.

3.2. Determinação da Cor e Granulometria do Solo

A identificação das cores das amostras foi realizada com base da Carta Munsell de Cores para Solos (Munsell, 1979) em todas as amostras coletadas. Além disso, esses resultados foram inseridos nas fichas de campo de cada um dos pontos, conforme o Apêndice I.

Com relação às análises de granulometria dos solos, o laboratório contratado para realização das análises utilizou a metodologia EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solo 2017 e para as análises de fertilidade a metodologia utilizada foi a EMBRAPA (1998). Os metais foram analisados seguindo a metodologia USEPA, 3051 A.

4. RESULTADOS DAS ANÁLISES

4.1 Análise Laboratorial

Os resultados das amostras coletadas nos 14 pontos são apresentados no relatório analítico disponibilizado na íntegra no Anexo I. Os resultados das análises laboratoriais foram comparados com dados pretéritos, com o intuito de verificar se houve o incremento ou não na concentração dos metais nos pontos amostrados. Para fazer tais comparações os pontos amostrados foram agrupados pelo tipo de solo compatível.

Os valores obtidos por meio das análises laboratoriais foram então comparados com os Valores de Prevenção (VP) e Investigação (VI) Agrícola, da Resolução CONAMA n.º 420 e com os valores da situação PRÉ EVENTO, através dos dados brutos disponibilizados nos Planos de Manejo de Resíduos dos Trechos 15 e 16, da bibliografia denominada de Pacheco (2015) – Reanálise, conforme exposto nos Quadros 2 a 6.

Cabe destacar que os resultados da reanálise do trabalho de Pacheco são oriundos do esforço da Fundação Renova, que utilizando o material coletado por Pacheco (2015) e armazenadas até então, em 2020 realizou as análises através da metodologia USEPA 3051 A para, assim, se adequar aos valores referentes à Resolução CONAMA n.º 420.

Quadro 2 - Comparação de Resultados das amostras de solo do tipo Latossolo Amarelo coletadas nos pontos 1, 2, 3 e ponto 2 adicional com resultados de Pacheco Reanálise (2015) e Resolução CONAMA nº 420/2009

Parâmetros	Pacheco Reanálise (2015) - P9	Conama nº 420/2009 - Investigação Agrícola	Conama nº 420/2009 - Prevenção	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	P2 Adicional
	mg/kg						
Fósforo Total (P)	NA	-	-	506	672	717	541
Alumínio Total (Al)	6100	-	-	29900	40200	43200	31200
Antimônio Total (Sb)	2,66	Máx. 5,00	2,00	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Arsênio Total (As)	<1,00	Máx. 35	15,00	7,93	12,2	12,6	6,65
Bário Total (Ba)	3,73	Máx. 300	150,0	201	201	203	214
Berílio Total (Be)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Boro Total (B)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Cádmio Total (Cd)	<0,1	Máx. 3	1,3	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cromo Total (Cr)	35,7	Máx. 150	75,0	66,4	83,6	88,8	67,2
Cobalto Total (Co)	1,26	Máx. 35	25,0	15,0	16,7	17,5	14,7
Cobre Total (Cu)	33,4	Máx. 200	60,0	21,3	30,6	31,0	22,9
Ferro Total (Fe)	13800	-	-	49800	8800	84800	60400
Chumbo Total (Pb)	4,80	Máx. 180	72,0	19,8	27,1	27,9	18,7
Manganês Total (Mn)	55,2	-	-	884	1460	1350	868
Mercúrio Total (Hg)	0,0789	Máx. 12	0,5	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Molibdênio Total (Mo)	<1,00	Máx. 50	30,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel Total (Ni)	1,89	Máx. 70	30,0	< 0,50	21,4	22,6	17,9

Selênio Total (Se)	<1,00	-	5,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Prata Total (Ag)	<1,00	Máx. 25	2,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vanádio Total (V)	56,2	-	-	58,4	75,5	77,8	63,2
Zinco Total (Zn)	14,2	Máx. 450	300	65,4	71,6	74,8	69,6

Legenda:

NA: Não Analisado.

 Resultados de concentrações maiores que os valores encontrados no estudo pretérito Pacheco Reanálise (2015).

 Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009 e do estudo pretérito de Pacheco Reanálise (2015).

Quadro 3 - Comparação de Resultados das amostras de solo do tipo Latossolo Amarelo coletadas no ponto 5 com resultados de Pacheco Reanálise (2015) e Resolução CONAMA nº 420/2009

Parâmetros	Pacheco Reanálise (2015) - P20	Conama nº 420/2009 - Investigação Agrícola	Conama nº 420/2009 - Prevenção	Ponto 5
	mg/kg			
Fósforo Total (P)	NA	-	-	712
Alumínio Total (Al)	12700	-	-	44300
Antimônio Total (Sb)	<1,00	Máx. 5	2,00	< 0,50
Arsênio Total (As)	4,32	Máx. 35	15,00	13,0
Bário Total (Ba)	122	Máx. 300	150,0	209
Berílio Total (Be)	NA	-	-	< 0,50
Boro Total (B)	NA	-	-	< 0,50
Cádmio Total (Cd)	<0,1	Máx. 3	1,3	< 0,050
Cromo Total (Cr)	40,9	Máx. 150	75,0	92,7
Cobalto Total (Co)	11,5	Máx. 35	25,0	18,9
Cobre Total (Cu)	15,0	Máx. 200	60,0	30,5
Ferro Total (Fe)	33700	-	NA	53700
Chumbo Total (Pb)	16,0	Máx. 180	72,0	28,9
Manganês Total (Mn)	553	-	NA	1260
Mercúrio Total (Hg)	0,0506	Máx. 12	0,5	< 0,050
Molibdênio Total (Mo)	<1,00	Máx. 50	30,0	< 0,50
Níquel Total (Ni)	<1,00	Máx. 70	30,0	24,7
Selênio Total (Se)	<1,00	-	5,0	< 0,50
Prata Total (Ag)	<1,00	Máx. 25	2,0	< 0,50

Vanádio Total (V)	51,4	-	-	76,5
Zinco Total (Zn)	58,0	Máx. 450	300	75,0

Legenda:

NA: não analisado.



Resultados de concentrações maiores que os valores encontrados no estudo pretérito Pacheco Reanálise (2015).



Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009 e dos estudos pretéritos de Pacheco Reanálise (2015).

Quadro 4 - Comparação de Resultados das amostras de solo do tipo Latossolo Amarelo coletadas nos pontos 4, 6 e ponto 1 adicional com resultados de Pacheco Reanálise (2015) e Resolução CONAMA nº 420/2009

Parâmetros	Pacheco Reanálise (2015) - P10	Conama nº 420/2009 - Investigação Agrícola	Conama nº 420/2009 - Prevenção	Ponto 4	Ponto 1 Adicional	Ponto 6
	mg/kg					
Fósforo Total (P)	NA	-	-	696	192	518
Alumínio Total (Al)	8840	-	-	29600	8530	22100
Antimônio Total (Sb)	<1,00	Máx. 5	2,00	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Arsênio Total (As)	3,71	Máx. 35	15,00	10,6	8,18	9,62
Bário Total (Ba)	2,82	Máx. 300	150,0	194	51,5	206
Berílio Total (Be)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Boro Total (B)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Cádmio Total (Cd)	<0,1	Máx. 3	1,3	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Cromo Total (Cr)	21,3	Máx. 150	75,0	72,8	23,2	68,1
Cobalto Total (Co)	<1,00	Máx. 35	25,0	15,1	5,64	15,5
Cobre Total (Cu)	24,9	Máx. 200	60,0	23,7	5,87	24,5
Ferro Total (Fe)	5230	-	-	57500	21400	60200
Chumbo Total (Pb)	1,88	Máx. 180	72,0	23,3	6,22	19,9
Manganês Total (Mn)	26,3	-	-	984	237	995
Mercúrio Total (Hg)	0,132	Máx. 12	0,5	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Molibdênio Total (Mo)	<1,00	Máx. 50	30,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel Total (Ni)	1,52	Máx. 70	30,0	18,6	3,98	16,6

Selênio Total (Se)	<1,00	-	5,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Prata Total (Ag)	<1,00	Máx. 25	2,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vanádio Total (V)	61,4	-	-	67,9	16,5	60,8
Zinco Total (Zn)	11,6	Máx. 450	300	71,3	26,5	63,8

Legenda:

NA: não analisado.



Resultados de concentrações maiores que os valores encontrados no estudo pretérito Pacheco Reanálise (2015).



Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009 e dos estudos pretéritos de Pacheco Reanálise (2015).

Quadro 5 - Comparação de Resultados das amostras de solo do tipo Neossolo Flúvico coletadas nos pontos 7, 8, 10 e ponto 3 adicional, com resultados de Pacheco Reanálise (2015) e Resolução CONAMA nº 420/2009

Parâmetros	Pacheco Reanálise (2015) - P11	Conama nº 420/2009 - Investigação Agrícola	Conama nº 420/2009 - Prevenção	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 10	P3 Adicional
	mg/kg						
Fósforo Total (P)	NA	-	-	529	510	330	468
Alumínio Total (Al)	21500	-	-	48500	28600	20300	28100
Antimônio Total (Sb)	<LQ	Máx. 5	2,00	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Arsênio Total (As)	<LQ	Máx. 35	15,00	< 0,050	8,27	9,04	11,1
Bário Total (Ba)	242	Máx. 300	150,0	225	176	120	175
Berílio Total (Be)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Boro Total (B)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Cádmio Total (Cd)	<0,1	Máx. 3	1,3	<0,050	<0,050	< 0,050	< 0,050
Cromo Total (Cr)	63,2	Máx. 150	75,0	80,1	83,6	53,0	56,2
Cobalto Total (Co)	18,5	Máx. 35	25,0	18,4	16,1	11,2	12,1
Cobre Total (Cu)	49,6	Máx. 200	60,0	32,1	23,6	16,0	16,5
Ferro Total (Fe)	33100	-	-	42600	53000	36700	48700
Chumbo Total (Pb)	28,7	Máx. 180	72,0	37,2	26,6	15,2	14,7
Manganês Total (Mn)	549	-	-	748	889	574	604
Mercúrio Total (Hg)	0,177	Máx. 12	0,5	<0,050	<0,050	< 0,050	< 0,050
Molibdênio Total (Mo)	<LQ	Máx. 50	30,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Níquel Total (Ni)	16,3	Máx. 70	30,0	17,8	45,8	12,5	16,2
Selênio Total (Se)	<LQ	-	5,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50

Prata Total (Ag)	<LQ	Máx. 25	2,0	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Vanádio Total (V)	88,6	-	-	88,2	66,4	42,1	47,6
Zinco Total (Zn)	68,0	Máx. 450	300	77,6	65,5	51,3	54,8

Legenda:

NA: não analisado.



Resultados de concentrações maiores que os valores encontrados no estudo pretérito Pacheco Reanálise (2015).



Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009 e dos estudos pretéritos de Pacheco Reanálise (2015).



Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Quadro 6 - Comparação de Resultados das amostras de solo do tipo Neossolo Quartzarenico coletadas nos pontos 9 e 11 com resultados de Pacheco Reanálise (2015) e Resolução CONAMA nº 420/2009.

Parâmetros	Pacheco Reanálise (2015) - P22	Conama nº 420/2009 - Investigação Agrícola	Conama nº 420/2009 - Prevenção	Ponto 9	Ponto 11
	mg/kg				
Fósforo Total (P)	NA	-	-	384	572
Alumínio Total (Al)	6490	-	-	29200	49100
Antimônio Total (Sb)	<LQ	Máx. 5	2,00	< 0,50	< 0,50
Arsênio Total (As)	5,13	Máx. 35	15,00	9,17	16,4
Bário Total (Ba)	61,8	Máx. 300	150,0	176	160
Berílio Total (Be)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50
Boro Total (B)	NA	-	-	< 0,50	< 0,50
Cádmio Total (Cd)	<0,1	Máx. 3	1,3	< 0,050	< 0,050
Cromo Total (Cr)	23,1	Máx. 150	75,0	60,5	86,1
Cobalto Total (Co)	6,97	Máx. 35	25,0	14,2	15,9
Cobre Total (Cu)	7,93	Máx. 200	60,0	17,6	28,6
Ferro Total (Fe)	15900	-	-	38400	63000
Chumbo Total (Pb)	7,71	Máx. 180	72,0	17,6	29,9
Manganês Total (Mn)	242,0	-	-	702	591
Mercúrio Total (Hg)	<0,05	Máx. 12	0,5	< 0,050	591
Molibdênio Total (Mo)	<LQ	Máx. 50	30,0	< 0,50	< 0,50
Níquel Total (Ni)	8,76	Máx. 70	30,0	19,9	23,8
Selênio Total (Se)	<LQ	-	5,0	< 0,50	< 0,50
Prata Total (Ag)	<LQ	Máx. 25	2,0	< 0,50	< 0,50
Vanádio Total (V)	24,9	-	-	47,7	88,7
Zinco Total (Zn)	44,3	Máx. 450	300	65,5	73,3

Legenda:

NA: não analisado.

Resultados de concentrações maiores que os valores encontrados no estudo pretérito Pacheco Reanálise (2015).

Resultados de concentrações maiores que os da Resolução CONAMA nº 420/2009 e dos estudos pretéritos de Pacheco Reanálise (2015).

Diante dos resultados apresentados nos Quadros 2 a 6, pode-se observar que houve incremento dos elementos Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Ferro (Fe), Chumbo (Pb), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Vanádio (V) e Zinco (Zn) nas amostras de solos quando comparados com os dados pretéritos de Pacheco - Reanálise (2020).

Diante desses resultados, nota-se uma evidência de aumento das concentrações de parâmetros químicos, quando observados dados pré e pós rompimento da barragem de Fundão, considerando os sedimentos depositados após as cheias de janeiro de 2022.

Sabe-se que, tanto na natureza como na composição dos rejeitos oriundos da barragem de Fundão, é possível identificar os elementos Alumínio, Ferro e Manganês, em concentrações diversas. Nesse sentido, no estudo de Segura *et al.* (2016) foram coletadas amostras de solos ao redor de Bento Rodrigues, vila localizada nas proximidades do local do rompimento da barragem de Fundão, para fornecer dados preliminares sobre o perfil químico e de citotoxicidade dos resíduos da mina de ferro da Samarco. Os resultados apontaram alta fração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Chumbo (Pb).

Em resultados obtidos para amostras de solo/rejeitos coletadas em Fundão e Candonga pelo Grupo EPA, em 2019, nota-se maiores frações dos elementos Alumínio (Al), Bário (Ba), Boro (B), Cádmiio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Vanádio (V) e Zinco (Zn).

Ademais, é importante reforçar que a mistura de rejeitos e sedimentos atualmente carregados em direção a Foz do rio Doce é a soma dos compostos provenientes do rejeito e de todo o material antes depositado ao longo dos corpos hídricos atingidos e remobilizados com a energia do EVENTO.

Assim, o incremento nas concentrações dos metais em depósitos extracalha do rio Doce, obtidos nos 14 pontos amostrados na porção capixaba, quando relacionados e comparados a estudos pretéritos e estudos baseados na composição do rejeito, podem ser consideradas evidências da presença de rejeito provenientes do *EVENTO* de rompimento da barragem.

Baseando-se na legislação CONAMA 420/2009, os valores de concentrações dos elementos avaliados mantiveram abaixo dos VI e as concentrações que estiveram acima dos VP foram: Bário (Ba) e Cromo (Cr) - Quadro 2 e 3; Bário (Ba) - Quadro 4; Bário (Ba), Cromo (Cr) e Níquel (Ni) - Quadro 5; Arsênio (As), Bário (Ba) e Cromo (Cr) - Quadro 6. Diante disso, conforme o estabelecido na resolução CONAMA 420/2009 os solos coletados nos pontos de amostragem identificados nesta Nota Técnica são de Classe 3 pois apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI. Cabe ressaltar que o VP é a concentração limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais conforme o art. 3º da Resolução CONAMA 420/2009.

5.2 Granulometria

Na Figura 16 são apresentados os resultados de granulometria obtidos em cada ponto de amostragem analisado.

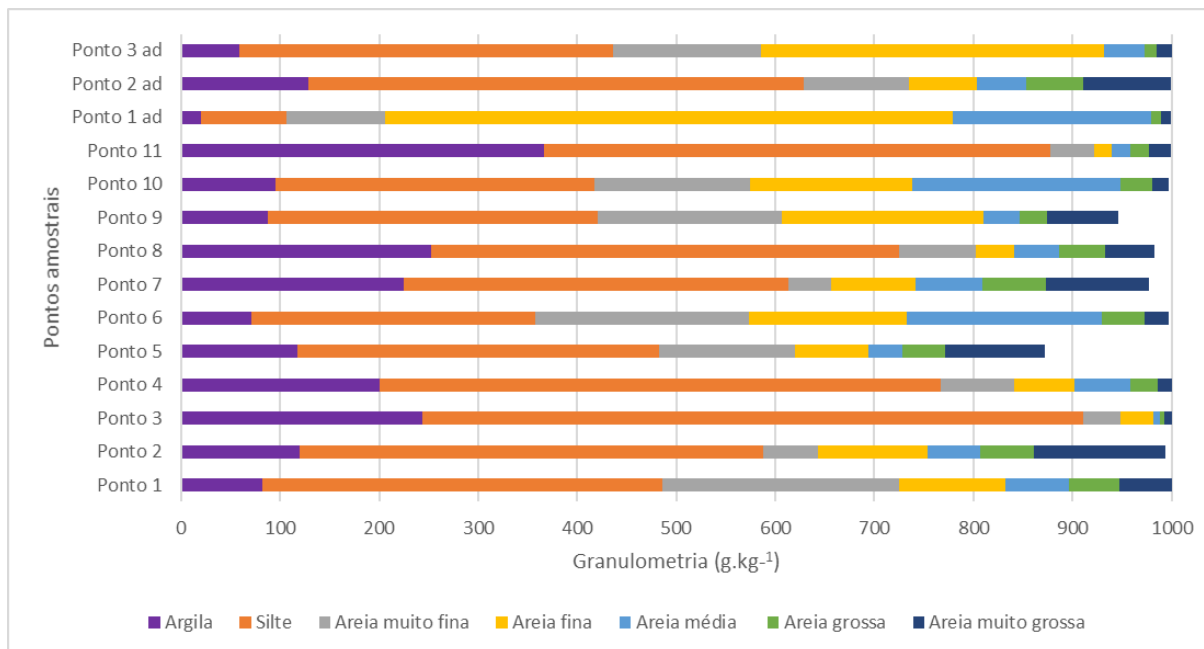


Figura 16: Resultados de granulometria.

De maneira geral, a granulometria de amostras de rejeitos vai da fração argila a areia fina. Conforme JACOBS CH2M (2018) e D'AGOSTINO (2008), amostras com a maior proporção granulométrica entre argila e silte é característica do rejeito de mineração. A partir dos resultados apresentados na Figura 16, é possível observar a predominância da fração silte e argila nos pontos P1, P2, P3, P4, P7, P8, P11, P2 (ad) e P3 (ad). O resultado de granulometria das amostras nesses pontos amostrados e o incremento na concentração dos metais que estão na composição do rejeito nesses mesmos pontos - Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Boro (B), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Chumbo (Pb), Cádmi (Cd), Cromo (Cr), Vanádio (V) e Zinco (Zn) - observados nos Quadros 2-6, podem ser indicativos da presença de rejeito proveniente do *EVENTO* de rompimento da barragem nas regiões amostradas.

Em estudo realizado pela Fundação Renova no Plano de Manejo de Resíduos no Trecho 13 e 14 tem-se uma comparação de resultados granulométricos obtidos no PMR comparando amostras coletadas na área afetada pelas cheias de 2020, identificadas com e sem indícios de rejeito. Nessa comparação, as amostras de solos com maior teor de silte foram identificadas com indícios visuais da presença de rejeito, devido à semelhança visual com a textura do rejeito. Seguindo esse fundamento, observa-se que em todos os pontos o teor de silte é elevado, trazendo mais uma evidência para este estudo de indícios de rejeitos nos pontos amostrados.

O ponto de propriedade 13653-S01, amostrado no Trecho 13 dentro do Plano de Manejo de Resíduos, apresentou na camada de 0,45 até 0,56, características de indícios de resíduo, onde a fração granulométrica foi na maior parte de silte e argila, com pouca umidade e duro. Diante disso, pode-se chegar à mesma conclusão para as amostras de solo dos pontos P1, P2, P3, P4, P7, P8, P11, P2 (ad) e P3 (ad) do presente estudo devido a semelhança nas características do solo do ponto 13653-S01 apresentado no Trecho 13 do PMR. A Figura 17 apresenta a amostra de solo no ponto 13653-S01 de propriedade do PMR no Trecho 13, onde se identificou indícios de resíduos, e o ponto P4, amostrado neste estudo de sedimentação como base de comparação visual relacionando granulometria do solo.

Posto isto, tem-se que os resultados das concentrações de metais juntamente com os de granulometria, em comparação com estudos executados pré/pós rompimento, apontam evidências da presença de resíduos na porção capixaba do rio Doce.

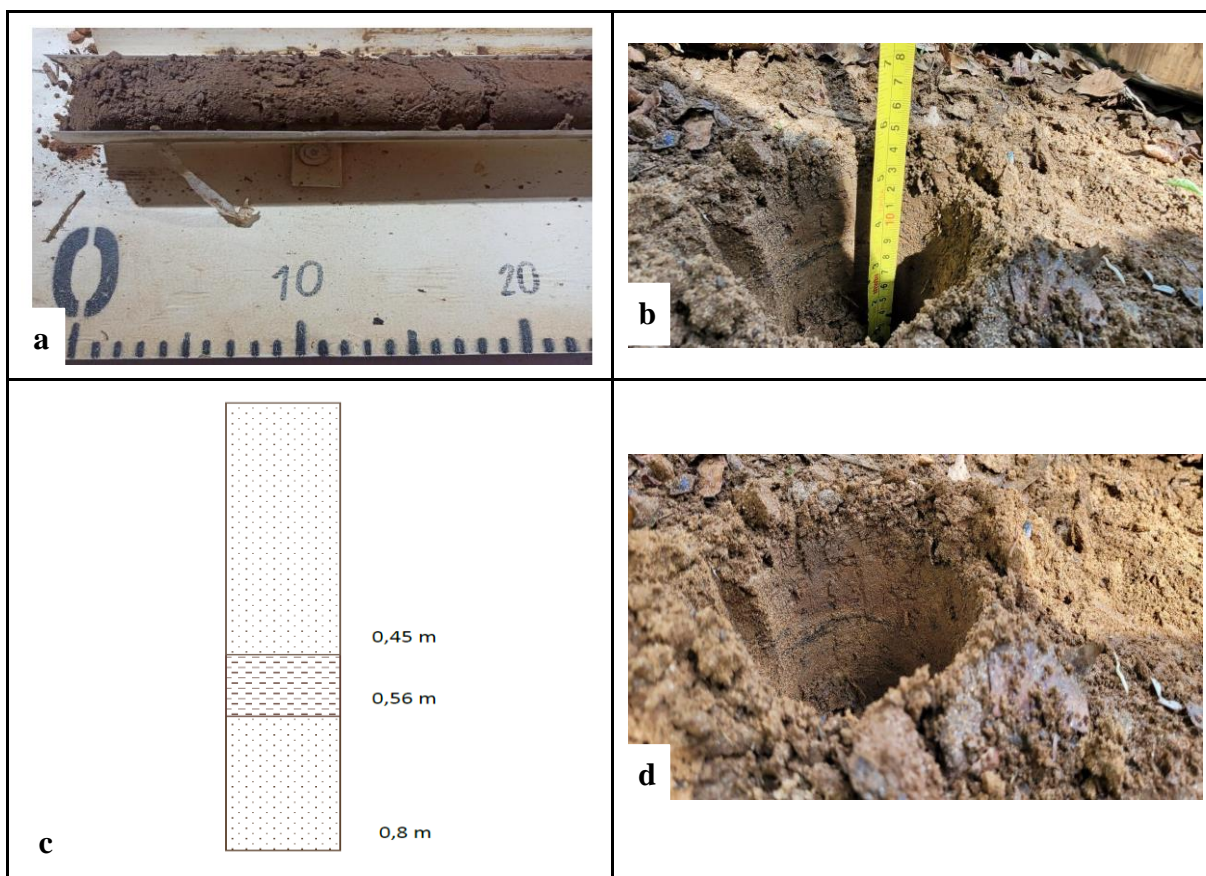


Figura 17: (a) Solo de propriedade (13653-S01) com indícios de resíduo apresentado no PMR do Trecho 13 e 14 pela Fundação Renova; (b) Perfil do solo de propriedade (13653-S01) com indício de resíduo no PMR Trecho 13 e 14; (c) Perfil do solo de propriedade (13653-S01) (d) Solo do ponto P4 amostrado neste estudo com indícios de resíduo.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme relatado, em janeiro de 2022, foram registrados altos índices pluviométricos na bacia do rio Doce, que resultaram na extrapolação da cota de cheia. Nesse contexto, após uma reportagem do jornal Bom Dia ES, foi realizada uma vistoria no bairro Maria das Graças em Colatina/ES, em uma propriedade particular de plantio de frutas e hortaliças, para averiguação de uma situação de uma possível deposição de sedimentos no local. No momento da vistoria, foi possível observar indícios de depósito de rejeitos em diferentes proporções no local, além disso, a superfície do solo apresentava veios de material particulado com brilho metálico.

Diante da situação verificada, foram realizadas análises de solo em 14 pontos, para investigação do impacto nas áreas de deposição às margens do rio Doce, na porção capixaba. Os resultados de concentrações de metais e de granulometria abordados nesta Nota Técnica comparados com estudos pré/pós rompimento evidenciaram que há indícios de rejeito oriundos do *EVENTO* nos pontos amostrados, destacando o incremento de metais potencialmente tóxicos.

Diante disso, recomenda-se o monitoramento contínuo das áreas, com apresentação de um plano de trabalho até a efetivação do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) da Análise de Risco à Saúde Humana (ARSH).

De acordo com o item 4 da Deliberação CIF n° 378, é necessário o atendimento imediato aos atingidos pela cheia de 2022, com a remoção do material depositado e sua destinação para locais apropriados para atendimento dos Programas da Fundação Renova, como a Extensão da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER).

Por fim, recomenda-se que a Nota Técnica seja direcionada para Instituições de Justiça para que estas tomem as devidas ações quanto aos novos impactos ou a extensão daqueles já ocasionados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'AGOSTINO, Luiz Fernando. Praias de barragens de rejeitos de mineração: características e análise da sedimentação. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

JACOBS CH2M. Relatório Técnico Volume 7 – Aplicação do Plano de Manejo de Resíduos nas Lagoas de Espírito Santo (Projeto Piloto) – Revisão 00. São Paulo. Junho, 2018.

GRUPO EPA. Relatório de Avaliação da Qualidade do Rejeito Presente na Barragem do Fundão, em Mariana - MG, e na Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (Aterro de Candonga), em Rio Doce – MG. Fundação Renova. Maio/2019.

SEGURA, F.R., et al. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). Environmental Pollution, v. 218, p. 813-825, 2016.

Vitória, 04 de novembro de 2022.

Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:

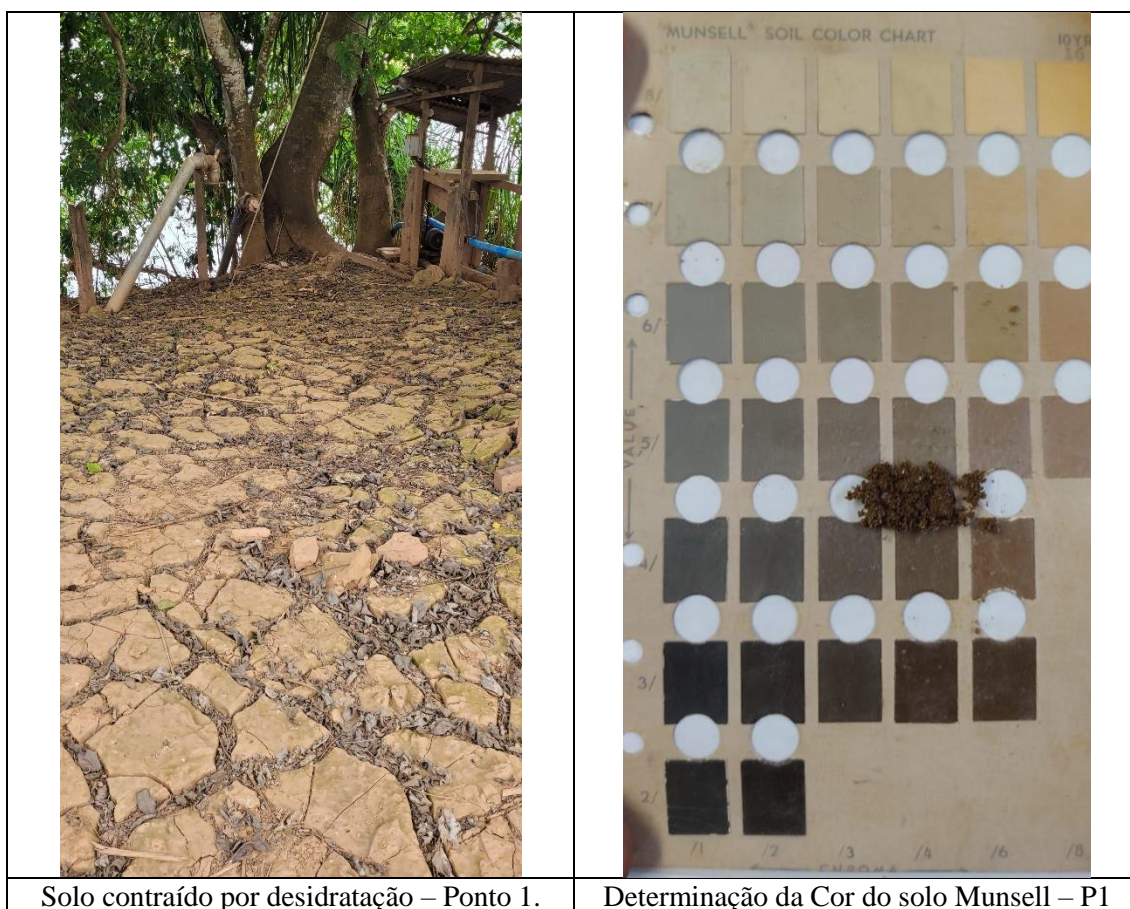
- Adelino da Silva Ribeiro Neto (IEMA/ES);
- Ana Kelly Simões Rocha (IEMA/ES);
- Eduardo Perini (IEMA/ES);
- Emilia Brito (IEMA/ES);
- Jessica Luiza Nogueira Zon (IEMA/ES);
- Thales Del Puppo Altoé (IEMA/ES);

Thales Del Puppo Altoé
Instituto Estadual de Meio Ambiente - IEMA/ES
Coordenação da CT-GRSA

APÊNDICE I – FICHAS DE CAMPO

A. Ponto 1

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 1	Data	19/07/2022
Local	Bairro Colúmbia – Colatina/ES, próximo ao colégio Edessa		
Coord. UTM	320140.47 m E	Contexto	Extracalha
	7840135.29 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	27 cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-27cm	Solo com predominância das frações silte e areia fina contraído por desidratação com alto grau de compactação. Tabela de cores Munsell: 10YR 5/6	



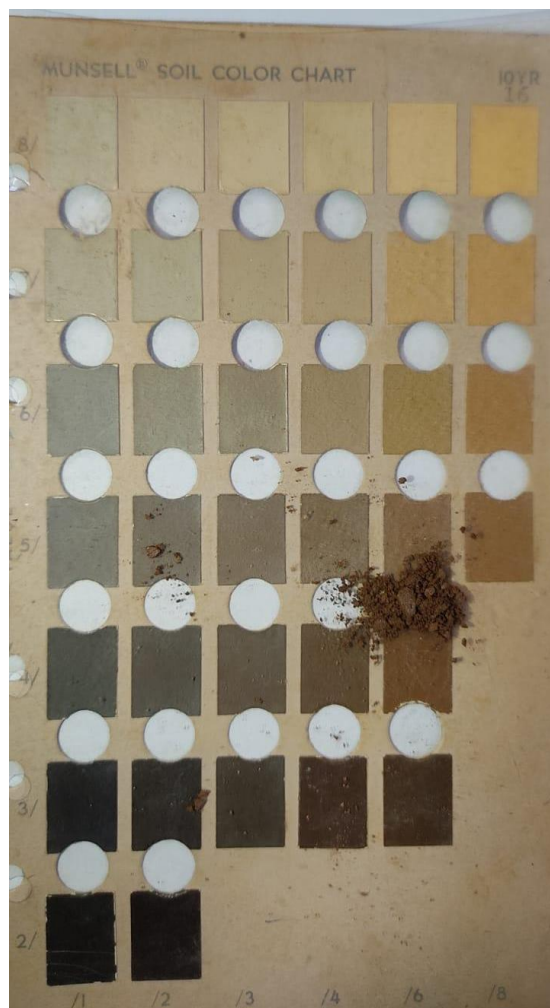
B. Ponto 2

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 2	Data	19/07/2022
Local	Horta do bairro Maria das Graças em Colatina/ES		
Coord. UTM	329830.93 m E	Contexto	Extracalha
	7840775.71 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	28 cm	Instrumento Utilizado	Trado

Camada	Profundidade	Descrição da camada
1	0-28cm	Solo úmido com predominância das frações argila e silte com gretas de contração (formação de placas). Tabela de cores Munsell: 10YR 3/4



Formação de placas



Determinação da Cor do solo Munsell – P2

C. Ponto 3

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 3	Data	19/07/2022
Local	Ao lado da horta do bairro Maria das Graças em Colatina/ES		
Coord. UTM	329921.45 m E	Contexto	Extracalha
	7840822.69 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20 cm	Instrumento Utilizado	Trado

Camada	Profundidade	Descrição da camada
1	0-20cm	Solo com predominância das frações argila e silte, compactado e contraído por desidratação - gretas de contração (formação de placas). Tabela de cores Munsell: 10YR 3/4



Formação de placas



Determinação da Cor do solo Munsell – P3

D. Ponto 4

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 4	Data	20/07/2022
Local	Localidade de Bela Vista – Marilândia/ES		
Coord. UTM	350943.38 m E	Contexto	Extracalha
	7839841.41 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	0-20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	20 cm	Solo úmido com predominância das frações argila e silte com formação de placas. Tabela de cores Munsell: 7.5YR 4/4	



Solo úmido argiloso com formação de placas



Determinação da Cor do solo Munsell – P4

E. Ponto 5

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 5	Data	20/07/2022
Local	Localidade de Boninsegra – Marilândia/ES		
Coord. UTM	342620.85 m E	Contexto	Extracalha
	7841674.39 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo úmido com predominância das frações argila, silte e areia fina com formação de placas espessas. Tabela de cores Munsell: 10YR 3/4.	



Solo úmido argiloso



Determinação da Cor do solo Munsell – P5



Formação de placas espessas no solo

F. Ponto 6

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 6	Data	19/07/2022
Local	Próximo ao canal da Lagoa do Limão – Linhares/ES		
Coord. UTM	356206.83 m E	Contexto	Extracalha
	7839115 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo úmido com predominância das frações silte, areia muito fina, areia fina e areia média com camada de argila na porção superficial com formação de placas. Tabela de cores Munsell: 10YR 5/6	



Solo úmido arenoso com camada superficial de argila



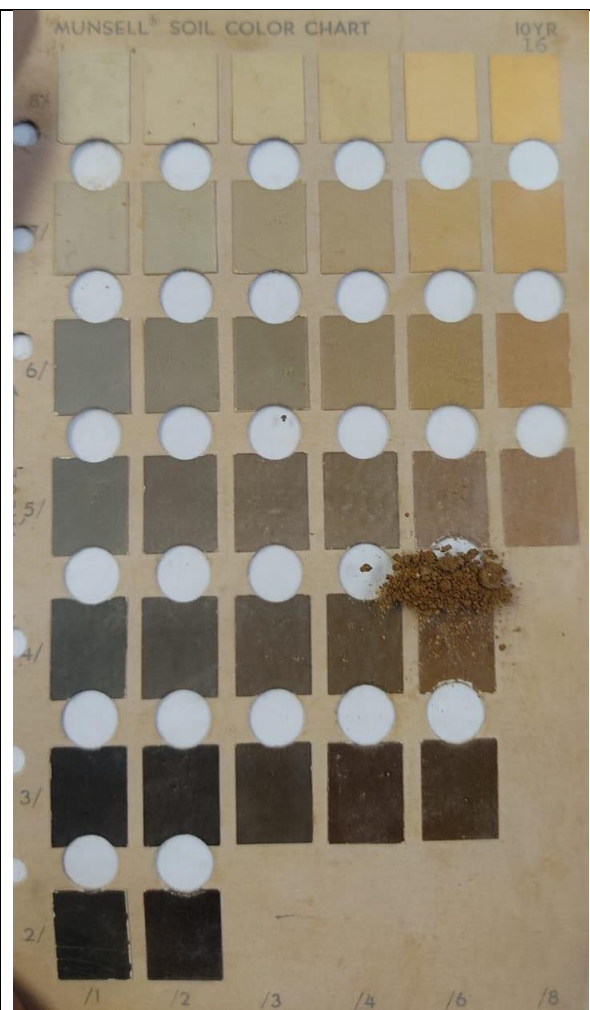
Determinação da Cor do solo Munsell – P6

G. Ponto 7

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 7	Data	20/07/2022
Local	São Rafael – Linhares/ES		
Coord. UTM	371190.93 m E	Contexto	Extracalha
	7846273.40 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20 cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo com predominância das frações argila e silte compactado, contraído por desidratação - gretas de contração. Tabela de cores Munsell: 10YR 4/6.	



Solo arenoso compactado



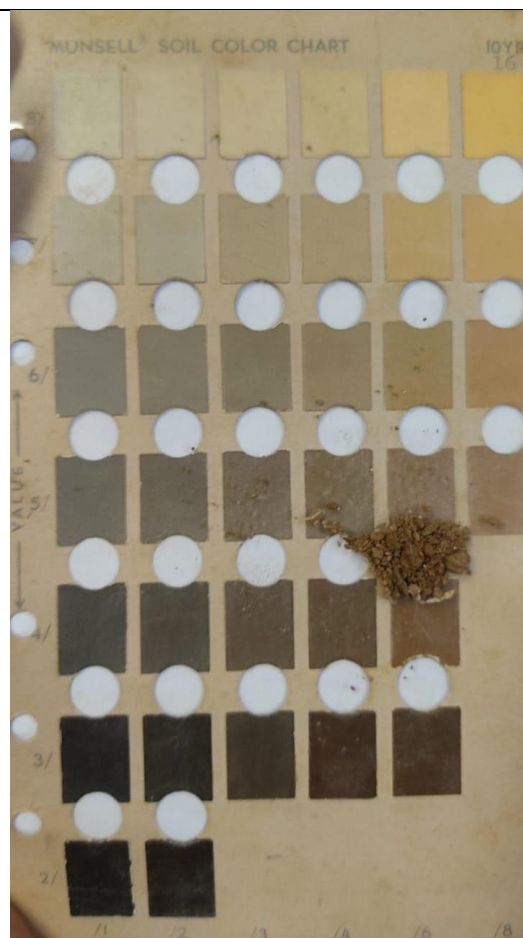
Determinação da Cor do solo Munsell – P7

H. Ponto 8

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 8	Data	21/07/2022
Local	Fazenda Experimental Incaper – Linhares/ES		
Coord. UTM	386268.69 m E	Contexto	Extracalha
	7852565.10 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo com predominância das frações argila e silte contraído por desidratação - gretas de contração. Tabela de cores Munsell: 10YR 4/6.	



Solo arenoso

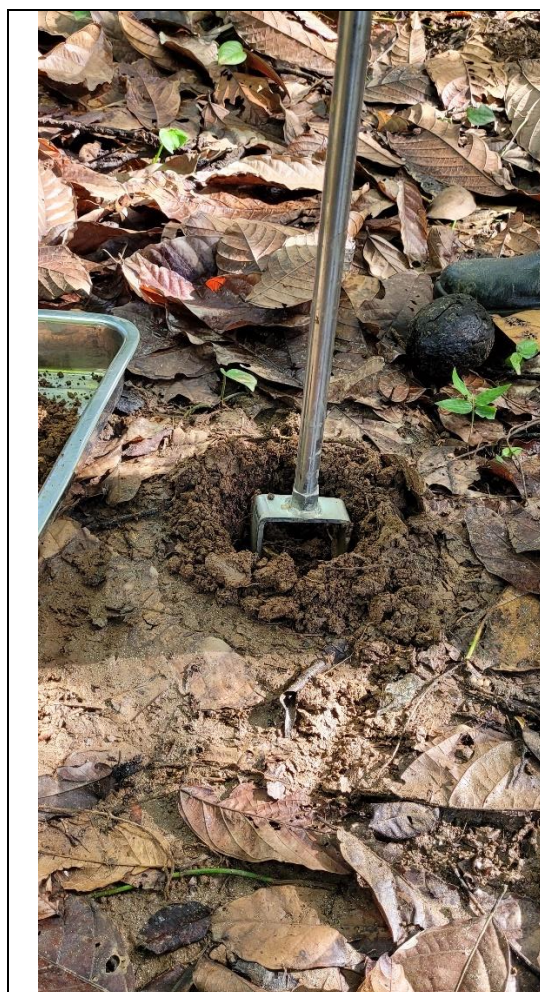


Determinação da Cor do solo Munsell – P8

I. Ponto 9

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 9	Data	21/07/2022
Local	Comunidade Areal – Linhares/ES		
Coord. UTM	414232.24 m E	Contexto	Extracalha
	7835516.38 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	18cm	Instrumento Utilizado	Trado

Camada	Profundidade	Descrição da camada
1	0-18cm	Solo úmido com predominância das frações silte, areia muito fina e areia fina com camada de argila na porção superficial (cerca de 1cm) com formação de placas. Tabela de cores Munsell: 10YR 3/6.



Solo úmido arenoso



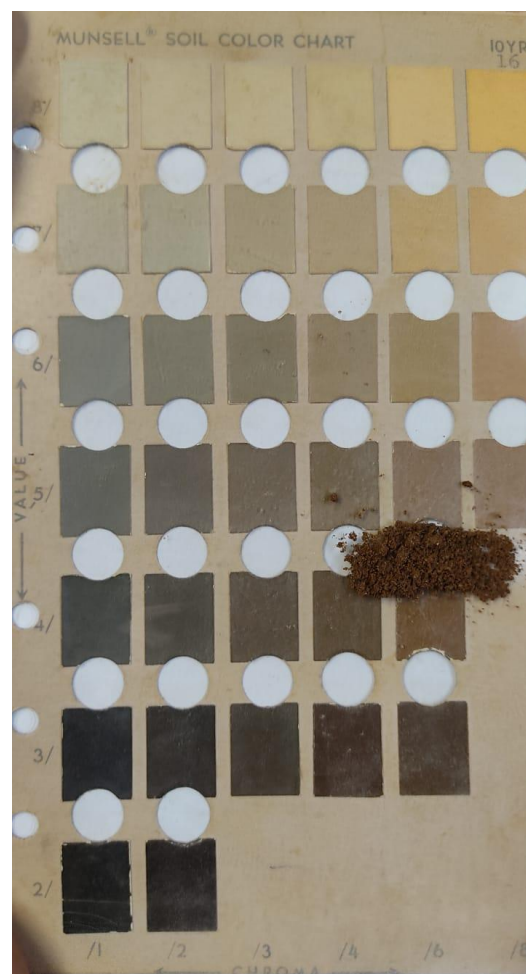
Determinação da Cor do solo Munsell – P9

J. Ponto 10

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 10	Data	20/07/2022
Local	Fazenda Monsarás, Povoação – Linhares/ES		
Coord. UTM	416328.52 m E	Contexto	Extracalha
	7835487.55 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo úmido com predominância das frações silte e areia média. Marrom alaranjado. Tabela de cores Munsell: 10YR 4/6.	



Solo úmido arenoso



Determinação da Cor do solo Munsell – P10

K. Ponto 11

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 11	Data	21/07/2022
Local	Foz do rio Doce em Regência – Linhares/ES		
Coord. UTM	413706.70 m E	Contexto	Extracalha
	7827398.31 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20 cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo com predominância de argila e silte compactado e com muita presença de matéria orgânica. Tabela de cores Munsell: 2.5Y 4/4.	

	
<p>Solo argiloso com presença de matéria orgânica</p>	<p>Determinação da Cor do solo Munsell – P11</p>

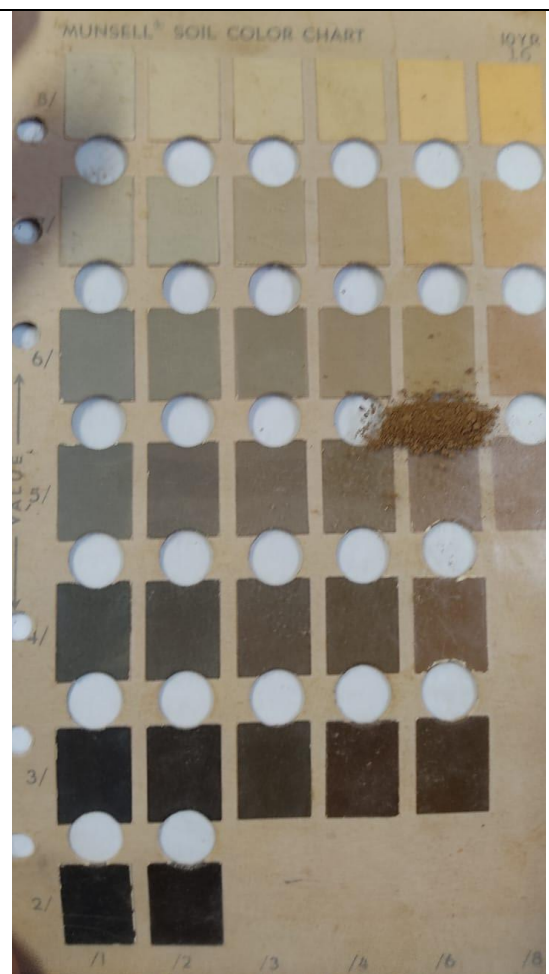
L. Ponto 1 Adicional

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 1 Adicional	Data	20/07/2022
Local	Humaitá –Linhares/ES		
Coord. UTM	357231.85 m E	Contexto	Extracalha
	7840860.95 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado

Camada	Profundidade	Descrição da camada
1	0-20cm	Solo úmido com predominância fração areia fina e areia média com camada de argila na porção superficial. Tabela de cores Munsell: 10YR 4/4.



Solo úmido arenoso


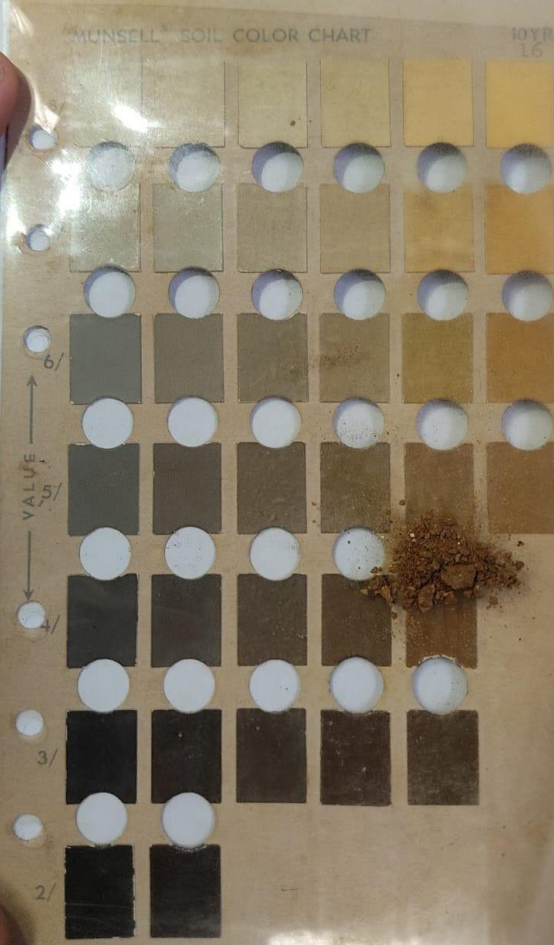


Determinação da Cor do solo Munsell – P1 Adc.

M. Ponto 2 Adicional

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 2 Adicional	Data	20/07/2022
Local	Distrito Maria Ortiz – Colatina/ES		
Coord. UTM	342485.66 m E	Contexto	Extracalha
	7840684.26 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado

Camada	Profundidade	Descrição da camada
1	0-20cm	Solo siltoso e altamente compactado, contraído por desidratação - gretas de contração. Tabela de cores Munsell: 10YR 4/6.

	
<p>Solo argiloso altamente compactado, contraído por desidratação</p>	<p>Determinação da Cor do solo Munsell – P2 Adc.</p>

N. Ponto 3 Adicional

Fomulário de Campo			
Identificação do Ponto	Ponto 3 Adicional	Data	21/07/2022
Local	Distrito de Ipiranga – Linhares/ES		
Coord. UTM	367545.44 m E	Contexto	Extracalha
	7843813.87 m S	Empresa responsável pela coleta	Tommasi
Profundidade coletada	20cm	Instrumento Utilizado	Trado
Camada	Profundidade	Descrição da camada	
1	0-20cm	Solo úmido siltoso e arenoso com camada de argila na porção superficial com formação de placas. Cor marrom alaranjado. Tabela de cores Munsell: 0-5cm: 10YR 4/6 / 5-20cm:10YR 3/6	



Solo úmido arenoso.



Determinação da Cor do solo Munsell – P3 Adc.

ANEXO I – RELATÓRIO ANALÍTICO