



INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

NOTA TÉCNICA Nº 4/2020/CT-FLOR/GABIN

PROCESSO Nº 02001.102962/2017-74

INTERESSADO: DIRETORIA DE USO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE E FLORESTAS

1. ASSUNTO

1.1. O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão em 05 de novembro de 2015 teve consequências sociais, econômicas e ambientais, na vegetação das áreas de preservação permanente (APP), bem como de seus substratos, e em áreas não protegidas, com pastos e cultivos nas propriedades afetadas, além de unidades de conservação e suas zonas de amortecimento. Em março de 2016, foi assinado o TTAC, que definiu 260 cláusulas com ações reparatórias e compensatórias, entre as quais, destacamos as que compõem o Programa de Recuperação da Área Ambiental 1, o PG 25, que está sendo implementado pela Fundação Renova juntamente com outros programas:

*“SEÇÃO II:**RESTAURAÇÃO FLORESTAL E PRODUÇÃO DE ÁGUA*

SUBSEÇÃO II.1: Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando as seguintes medidas de cunho reparatório.

CLÁUSULA 158: “Caberá à FUNDAÇÃO efetuar a revegetação inicial, emergencial e temporária, por gramíneas e leguminosas, visando a diminuição da erosão laminar e eólica, com extensão total de 800 ha (oitocentos hectares) e conclusão até o último dia útil de junho de 2016, de acordo com o programa aprovado pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS”.

CLÁUSULA 159: “Deverá, também, recuperar 2.000 ha (dois mil hectares) na ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, de acordo com o programa aprovado pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS”.

CLÁUSULA 160: “Deverá ser feita pela FUNDAÇÃO a regularização de calhas e margens e controle de processos erosivos nos Rios Gualaxa do Norte, Carmo e Doce no trecho a montante da UHE Risoleta Neves, a ser aprovado pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS, com conclusão até o último dia útil de dezembro de 2017”.

(TTAC, 2016, p.72 e 73)

1.2. Para o cumprimento da cláusula 158, as ações, pelo caráter emergencial, foram executadas pela empresa Samarco e posteriormente passadas à Fundação Renova (agosto/2016).

1.3. A Samarco contratou duas empresas para as sementeiras emergenciais. As atividades de revegetação das planícies e margens de rios e outras áreas afetadas, entre o distrito de Bento Rodrigues e o município de Santa Cruz do Escalvado, foram iniciadas em 8 de dezembro de 2015 pela empresa Agroflor Engenharia e Meio Ambiente. A segunda empresa, RG Bioengenharia, iniciou as sementeiras um pouco mais tarde, no dia 17 de fevereiro de 2016, na fazenda de Bicas e procedeu à revegetação de uma área total de 680,35 hectares (RG Bioengenharia, 2016).

1.4. As ações determinadas na cláusula 158 são tratadas no PG 25, um programa que visa a recuperação da Área Ambiental 1 e inclui também as ações previstas nas cláusulas 159 e 160 do TTAC. Portanto, o programa abrange aspectos emergenciais, como obras nos leitos e margens dos cursos d'água e a recuperação dos substratos, e outras de médio prazo, como a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) por meio do plantio de mudas de espécies de fanerófitas endêmicas da região. O último é objeto da cláusula 159, que abrange uma área com maior extensão, 2.000 hectares, com outro cronograma. Os esforços atuais concentram-se no cumprimento dessa cláusula, cujo prazo findou em março de 2020.

2. OBJETIVO

2.1. O objetivo deste documento é avaliar o cumprimento da cláusula 158, especificamente a revegetação emergencial, uma das medidas de cunho reparatório executadas pela Samarco/Fundação Renova.

3. ANÁLISE

HISTÓRICO

3.1. Em novembro de 2015, a Samarco contratou a empresa Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos para desenvolver um plano de recuperação ambiental para as áreas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, o qual se iniciou com o levantamento dos impactos ambientais.

3.2. O plano de recuperação é composto por diversos programas de cunho reparatório, implementados nas áreas atingidas. O programa de revegetação inicial e emergencial foi desenvolvido para estabelecer rapidamente uma cobertura

vegetal contínua, ainda que temporária, nas encostas, planícies aluviais e mesmo nos corpos d'água afetados (caso do reservatório de Santarém), primeira etapa do processo de recuperação da Área Ambiental 1.

3.3. A formação de uma cobertura vegetal herbácea e contínua teve por objetivo minimizar a erosão e a carreamento dos rejeitos expostos para os cursos d'água, minimizando assim impactos adicionais na qualidade das águas. Destinou-se também a reduzir o arraste eólico e o conseqüente impacto de alteração de qualidade do ar, que teria maior potencial de ocorrer no período de estiagem. Como descreve a própria Fundação Renova:

3.4. *“Em uma primeira etapa do processo de recuperação foi realizada uma revegetação emergencial em 808 hectares utilizando-se um mix de gramíneas e leguminosas herbáceas de crescimento rápido, visando inicialmente ao controle de processos erosivos em virtude do escoamento superficial, considerando que o evento ocorreu na estação de chuvas. Adicionalmente, técnicas de reabilitação por meio da reconformação topográfica do terreno, seguido pelo disciplinamento dos sistemas de drenagem e revegetação por meio de técnicas de bioengenharia foram implementadas e tornaram-se alternativas altamente viáveis em curto e médio prazo para controlar processos erosivos em rejeitos dispostos no ambiente, e dessa forma reduzir o impacto de qualidade da água associado a sólidos em suspensão”. (FUNDAÇÃO RENOVA, 2019, p. 2)*

3.5. O planejamento e execução das atividades de revegetação emergencial para cumprimento da cláusula 158 estão descritos no *Relatório Final das atividades de Revegetação Inicial, Emergencial e Temporária (Cláusula 158 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta)* (SAMARCO, 2016).

3.6. Em 11 de julho de 2016, Deliberação CIF Nº 11 adota a Operação Águas, do Ibama, como estratégia para gerenciar o atendimento às cláusulas 158, 159 e 160, aprovando as medidas previstas no relatório da fase Hélios da operação. Entre 2016 e 2018, o Ibama realizou as seis vitorias¹ com objetivo de acompanhar as ações adotadas pela Samarco e, a partir de agosto de 2016, pela Fundação Renova. Os relatórios, com recomendações e orientações para ajustes nas ações, foram disponibilizados para a Fundação Renova.

3.7. Em 19 de julho de 2016, 19 dias após o término do prazo indicado na cláusula 158, a Samarco apresentou uma notificação ao Comitê Interfederativo (CIF), informando uma mudança no cronograma de atividades e o adiamento da apresentação do relatório final para até o último dia útil do mesmo mês.

3.8. Os resultados alcançados foram apresentados pela Samarco ao CIF em 29 de julho de 2016 (FUNDAÇÃO RENOVA, 2019), aproximadamente um mês após o prazo previsto no TTAC. O relatório final informa que foram executadas sementeiras emergenciais até o dia 21 de julho de 2016 pelas empresas contratadas, em um total de 835,22 hectares (área medida em campo). A carta enviada ao CIF, junto com o relatório final traz as seguintes justificativas para o atraso: *“No dia 01 de julho, a Samarco protocolou perante este Comitê, um conjunto de documentos preliminares, com as informações sobre o plantio de gramíneas e leguminosas efetuadas até 17 de junho de 2016. Trata-se de relatório parcial para dar ciência a este I. Comitê de que até o dia 17 de junho, haviam sido revegetados 694,05 ha”.*

3.9. Não obstante, em 26 de setembro de 2016, foi publicada a deliberação CIF nº 26, que notifica a Fundação Renova sobre o descumprimento da cláusula 158, sendo consignado prazo de 15 dias para apresentação de justificativas referentes ao descumprimento de prazo.

3.10. Em 30 de setembro de 2016, a Fundação Renova elaborou um ofício, destinado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), requerendo que fosse disponibilizada a nota técnica nº 02, mencionada na deliberação CIF nº 26, para que pudessem entender as razões técnicas que embasaram a declaração de descumprimento da cláusula 158. Em 05 de outubro do mesmo ano, em outro ofício, a Fundação Renova reitera o pedido de disponibilização da nota técnica nº 02, e apresenta um breve histórico das ações realizadas para o atendimento da cláusula 158 do TTAC. Finalmente, em 17 de outubro de 2016, a nota técnica nº 02 foi enviada à Fundação Renova, no ofício nº 02001011686/2016-55 CIF/IBAMA.

3.11. Em 31 de julho de 2018, dois anos após concluídas as sementeiras emergenciais, há uma nova manifestação da CTFOR/CIF sobre o tema, a deliberação CIF nº 186/2018 que aprovou os relatórios da Operação Águas do Ibama (Fase Argos VI e Fase Olhos D'Água), das vitorias das ações determinadas nas cláusulas 158, 159 e 160 do TTAC, determinando que a Fundação Renova promovesse os ajustes e atendesse às recomendações contidas nos relatórios.

3.12. Em resposta, no dia 30 de agosto de 2018, a Fundação Renova enviou o relatório de cumprimento da deliberação CIF nº 186/2018, intitulado *“Relatório com evidências de ações implementadas nos tributários identificados como G4 pelo IBAMA_ Operação Águas Fases V e VI.”* [02001.001577/2016-20 (CIF) Nº IBAMA: 02001.004154/2016-61 (CTFlor)].

3.13. Também em 2018, a Fundação Renova protocolou o relatório Monitoramento das ações prioritárias – Resultados do 1º ano de monitoramento, elaborado pela empresa Golder Associates (2018), o qual traz os dados de quatro campanhas de monitoramento da área em recuperação, realizadas entre janeiro de 2017 e abril de 2018. O relatório traz o monitoramento da evolução da produção de biomassa vegetal, decorrente das ações de reabilitação implementadas, usando as propriedades dos substratos e as taxas de erosão em planícies de inundação como indicadoras da qualidade das ações. Destaca que o período chuvoso de 2016/2017, com maiores volumes de chuvas, favoreceu o desenvolvimento da cobertura vegetal a partir dos bancos de sementes remanescentes das sementeiras emergenciais. Dentre as propriedades avaliadas dos substratos, que podem indicar o efeito de curto prazo das sementeiras emergenciais, destacam-se o carbono da biomassa microbiana e os teores de matéria orgânica, que aumentaram. Outras propriedades, físicas, como estrutura,

densidade e porosidade, e químicas dos substratos, como os teores de nutrientes e as indicadas pela Capacidade de Troca Catiônica (CTC), requerem avaliações de longo prazo para indicar alterações significativas.

3.14. Em janeiro de 2019, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) elaborou a Nota Técnica (NT) GTECAD/FLORA 001/2019, com a análise do mesmo relatório. A NT confirmou a eficiência do método utilizado, tanto da representatividade do esforço de amostragem e a sazonalidade dos dados, quanto da qualidade do mapeamento. A NT aponta que houve crescimento da cobertura vegetal, demonstrada pela avaliação dos indicadores índice de cobertura vegetal (ICV) e biomassa total, e conclui que *“o mix de sementes apresentou crescimento satisfatório sobre o rejeito, após tratamento do substrato”*. A NT trouxe também consideração acerca das mudanças registradas nos valores de biomassa. Ao contrário do padrão identificado ao longo das amostragens, em algumas áreas amostradas, onde os proprietários procederam ao plantio de gramíneas forrageiras após as sementeiras emergenciais, os valores de biomassa registrados foram maiores no período seco do que no período chuvoso. Uma das explicações possíveis, segundo a NT, é a supressão da vegetação nas áreas monitoradas, resultado do pastoreio seguido da rebrota do capim. A nota faz ainda uma importante observação: Tanto o relatório de monitoramento quanto o relatório da Operação Watu Fase VII (SEMAD-MG) destacam a pouca diversidade de espécies e significativa ocupação por espécies exóticas, fatos que podem não representar um prejuízo na fase de ações emergenciais, mas que devem ser monitorados e corrigidos quando da execução dos processos de recuperação previstos na cláusula 159.

3.15. A FEAM (MG) também realizou vistorias na área, pela Operação WATU, destinada a monitorar e caracterizar as áreas que seriam trabalhadas no âmbito do Plano de Manejo de Rejeitos. Na fase VI da operação (SEMAD, 2018), a FEAM destacou que a Fundação Renova deveria intervir em áreas onde as equipes de campo verificaram falhas, como cercas rompidas, presença de animais domésticos em áreas de preservação permanente (APPs) e plantio de espécies exóticas. Recomendou, ainda, que as ações relacionadas ao plantio das espécies nativas deveriam estar alinhadas com o Plano de Manejo de Rejeitos, acompanhado pela Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA), e com as diretrizes estabelecidas pela Câmara Técnica Restauração Florestal e Produção de Água (CT-FLOR), no âmbito do Programa 25.

A ÁREA DA REVEGETAÇÃO EMERGENCIAL

3.16. Segundo relatório da Golder Associates (2016), as áreas revegetadas foram selecionadas *“pela proximidade das comunidades com os depósitos de rejeitos, áreas com acesso viário e áreas em APP, ou onde a erosão foi considerada possível. A fase inicial do programa foi realizada em 200 ha nas proximidades das comunidades de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira e Barra Longa, assim como em uma área próxima à Hidrelétrica de Bicas. ... “Em fase posterior, uma área de 600 ha em APP de rios e córregos afetados pelo rompimento da barragem entre a comunidade de Bento Rodrigues e a Barragem de Candonga, foi selecionada pela importância que as APPs têm sobre a ecologia dos cursos de água, incluindo o fato de ser o caminho natural do escoamento superficial até os cursos d’água.”* (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

3.17. Segundo a Fundação Renova (2019), pela ausência de informações preliminares da área, como o levantamento do uso e ocupação do solo em momento anterior ao evento, algumas áreas inicialmente consideradas prioritárias para a revegetação não puderam receber as ações do programa emergencial, por não serem passíveis ou apresentarem restrições, como é o caso dos acessos, áreas edificadas e outras áreas ocupadas, ou por dispensarem a ação emergencial, caso das áreas com regeneração natural. Tais áreas totalizavam 300,62 hectares. Por isso, as áreas inicialmente previstas foram ajustadas, abrangendo áreas menos prioritárias (i.e. mais afastadas dos cursos d’água ou de comunidades).

3.18. A quantificação e delimitação das áreas trabalhadas, i.e. as tabelas de controle da revegetação emergencial e o dado espacial georreferenciado, no formato *shapefile* [1], de responsabilidade da Samarco, foram fornecidas pela Fundação Renova. Conforme esclarecimentos prestados pela Fundação Renova, o *shapefile* contendo a referência geográfica das áreas revegetadas foi criado pela empresa ERG, contratada pela Samarco, responsável pelo levantamento das áreas, realizado com uma Estação Total [2] durante os trabalhos das empresas Agroflor e RG.

3.19. A Tabela 1, a seguir, apresenta as áreas revegetadas, as superfícies medidas *in loco*, considerando as distâncias e angulações do terreno (808,49 ha), e suas projeções planas (794,33 ha) (Fundação Renova, 2019)⁴. A área total tem 808 hectares, medidos no terreno, um pouco maior que a recomendada no TTAC. As áreas inicialmente previstas e as efetivamente trabalhadas são apresentadas no Anexo 1.

3.20. A diferença entre as áreas é puramente cartográfica, relacionada ao método de coleta, tratamento e apresentação das informações espaciais [3].

3.21. A cláusula 158 do TTAC não define se os 800 hectares devem ser medidos em campo ou calculados a partir de projeção plana das áreas medidas. Todavia, a área medida, os 808,49 hectares, é a que melhor representa a realidade, pois é o produto dos levantamentos realizados pela ERG e considera a topografia do terreno.

Tabela 1 - Resumo das áreas objetos da revegetação inicial emergencial conduzida pela Samarco (Fundação Renova, 2019) ⁴

Classes	Áreas (ha)	
	Projeção plana	Superfície (medida)
Revegetação Agroflor	143,78	145,9
Revegetação RG	518,38	528,88
Sobreposição de plantio	94,54	95,82
Sobreposição de plantio tributários - Agroflor	5,64	5,67
Sobreposição de plantio tributários - RG	11,57	11,73
Sobreposição tributários - Agroflor e RG	6,17	6,23
Revegetação tributários	14,25	14,25
Total	794,33	808,48

DISCUSSÃO

3.22. Como exposto no item anterior, as informações apresentadas pela Samarco e pela Fundação Renova nos permitiram a avaliação espacial (análise topológica e quantitativa) dos dados. Observou-se a integridade topológica do dado espacial, sem sobreposições.

3.23. Os monitoramentos tiveram início meses após a conclusão das sementeiras emergenciais, quando os usos e/ou a cobertura vegetal de muitas porções da área afetada já eram outros. É caso, por exemplo, da construção dos diques S3 e S4, onde de 42,12 ha de área foram semeados durante a revegetação emergencial e, posteriormente, inundados.

3.24. No início de 2017, portanto, já não era possível verificar em campo todas as áreas semeadas. Mesmo a análise de imagens de sensoriamento remoto da época (por meio da identificação de alvos, detecção de padrão espacial, textura, tonalidade, assinatura espectral etc.) era limitada, sem um controle de campo, que permitisse distinguir claramente as diferentes formações herbáceas que dominavam (e ainda dominam) as planícies aluviais.

3.25. As vistorias da Operação Águas foram iniciadas já no final das sementeiras emergenciais e temporárias. As análises são qualitativas e basearam-se em inspeções visuais, em pontos de observação concentrados nos tributários do rio Gualaxo do Norte, cujos vale e planície foram os mais severamente afetados pelo material mobilizado no rompimento da barragem do Fundão. Os relatórios são produtos de observações posteriores às sementeiras emergenciais, quando parte da cobertura vegetal já havia sido alterada pelos proprietários ou pela mudança de uso, como é o caso das áreas do reservatório de Santarém e das a montante dos diques S3 e S4. Os dois primeiros relatórios (fases Hélio e Argos) concluíram que em 20,41% do total de áreas vistoriadas, não houve sementeira direta nos rejeitos – o que pode ser reflexo da dificuldade de desenvolvimento das plantas no substrato, conforme discutido a seguir. Na Fase Argos IV, em agosto de 2017, não constaram plântulas em 11% das áreas vistoriadas e concluíram que as áreas não foram objetos de sementeiras, recomendando que as deficiências na execução das ações emergenciais fossem solucionadas junto com o plantio de mudas de espécies nativas nas áreas de preservação permanente.

3.26. À parte a *área total* objeto da revegetação emergencial, discutida e confirmada no item anterior, os monitoramentos e resultados apresentados por outras empresas e instituições e as vistorias realizadas pela Ramboll permitiram concluir sobre os benefícios das sementeiras nos terrenos recobertos pelos rejeitos. Além das áreas ainda dominadas pelas espécies empregadas nas sementeiras, registraram-se áreas com a vegetação em processo de regeneração, mudas usadas na recuperação das áreas de preservação permanente e áreas cultivadas.

3.27. Com efeito, as ações emergenciais, tanto as sementeiras de gramíneas e leguminosas como as obras nos leitos e planícies, foram fundamentais para minimizar a incidência de processos erosivos, permitindo a regeneração natural da vegetação, o estabelecimento de espécies florestais pioneiras ou da fase inicial da sucessão secundária, além da retomada de atividades produtivas nas propriedades atingidas, como o cultivo de milho, cana e capineiras.

3.28. Prado e colaboradores (2019), avaliaram a diversidade total de fungos e a estrutura da comunidade de fungos micorrízicos nas áreas em recuperação e mostraram que o número de esporos e o número de espécies aumentaram junto com o processo de revegetação.

3.29. Outros estudos comprovam, ao revelarem as restrições dos substratos, os benefícios das sementeiras emergenciais nos terrenos recobertos pelos rejeitos.

3.30. Schaefer e colaboradores (2017) informam que, após cinco meses do desastre, os depósitos de rejeitos compactados permaneciam com restrições físicas à revegetação. De maneira geral, os depósitos (“Tecnossolo”) são quimicamente pobres, mas as restrições físicas seriam ainda maiores que as químicas. Ainda segundo os autores, as condições pioraram após a passagem da estação chuvosa e quente, quatro meses após o desastre, em razão do assentamento e selamento do material detrítico, formando uma crosta duríssima, restringindo a penetração das raízes das plantas. Nas áreas amostradas, os autores registraram um valor médio muito baixo da CTC, 2,96, teores baixos e pouco variáveis de matéria orgânica, e concentrações relativamente elevadas de sódio (Na), as últimas possivelmente associadas aos rejeitos.

3.31. Santos e colaboradores (2019) também registraram nas áreas estudadas teores de sódio elevados, de 150 mg.kg⁻¹, pH alcalino (médio de 8,0) e a presença de eteramina, usada no beneficiamento de minério de ferro, em concentrações de até 57,8 mg.kg⁻¹, que teriam um efeito tóxico na microbiota.

3.32. Guerra e colaboradores (2017) compararam solos de áreas não afetadas com os sedimentos da área afetada. As concentrações de manganês (Mn) variaram nas amostras de solos (controle) de 78 a 1568 mg.kg⁻¹ (média = 579 mg.kg⁻¹) e nas dos sedimentos, entre 123 e 2410 mg.kg⁻¹ (média = 904 mg.kg⁻¹). Concluíram que, apesar dos solos da região, em razão do material de origem, já possuírem elevados teores de manganês, as concentrações nos depósitos de rejeitos aumentaram. Ainda, com relação ao manganês, análises realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em amostras dos substratos da área afetada sugerem a toxicidade dos rejeitos, que resultou na mortalidade de algumas espécies em condições controladas (Embrapa, 2018), fato que pode ter contribuído para as dificuldades iniciais das sementeiras e plantios.

3.33. Esses e outros estudos, que revelam as restrições dos depósitos de rejeitos ao estabelecimento de plantas, indicam também o benefício das sementeiras emergenciais, que permitiram a colonização dos substratos por espécies pioneiras e o avanço da regeneração natural, o plantio de mudas de fanerófitas não pioneiras e a retomada dos usos agrícola e pecuário da área.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

4.1. Como exposto, a *revegetação inicial, emergencial e temporária, por gramíneas e leguminosas*, foi conduzida pela Samarco em 808 hectares da Área Ambiental 1, entre dezembro de 2015 e julho de 2016. O objetivo principal da revegetação determinada na cláusula 158, contribuir com a minimização da erosão laminar (deflúvio) e eólica dos rejeitos expostos, foi, portanto, cumprido. Recomenda-se, por isso, o encerramento da cláusula 158.

4.2. As sementeiras iniciais não apenas contribuíram para minimizar a ação de processos erosivos, como também para melhorar a condição dos substratos, permitindo as ações de recuperação posteriores, tanto da vegetação nativa, como das áreas produtivas.

4.3. As sementeiras emergenciais, bem como as obras nos leitos e planícies fluviais, representam etapas iniciais e fundamentais do PG 25. São as ações posteriores, previstas nas cláusulas 159, que merecem ser melhoradas e acompanhadas, como sugerem as avaliações dos órgãos ambientais (IEMA, 2019, IBAMA, 2018 e SEMAD, 2018), cujas conclusões são corroboradas pelos *experts* do Ministério Público (Ramboll e Lactec). Reforçando que a cláusula 159 se refere à restauração florestal, processo que requer o isolamento a partir de um cercamento eficiente e que, ao longo do tempo, será responsável pelo controle das espécies invasoras.

4.4. O monitoramento das áreas em recuperação deve se estender até março de 2026, como previsto no PG 25, ou até que os processos erosivos induzidos pelos usos atuais ou pelas obras emergenciais (no âmbito do Plano de Manejo de Rejeitos) sejam minimizados e que se formem corredores arbóreos autossustentáveis nas áreas de preservação permanente. Assim, uma vez que expiraram os prazos determinados nas cláusulas 158, e a mesma podendo encerrar-se, de maneira alguma significa que as áreas trabalhadas emergencialmente serão abandonadas em seu estado atual. É imperativo a continuidade do monitoramento dos resultados e de ações como controle de espécies invasoras, cercamento impedindo a invasão de animais domésticos, o controle de processos erosivos e eventuais ações necessárias para a reparação integral dos danos, que deve ser reforçado por deliberação do CIF. Recomenda-se que o monitoramento contenha informações das estações seca e chuvosa, e que as manutenções e correções sejam realizadas sempre que solicitadas pela CT-Flor.

Nota Técnica Elaborada por Fernando Camargo da Silva e Flavia Toledo Ramos, representantes do Ministério Público Federal (Pesquisador da Consultoria Lactec, e Coordenadora de Projetos da Consultoria Ramboll, respectivamente).

Nota Técnica Aprovada.

(assinado eletronicamente)

ÊNIO FONSECA

Coordenador da CT-Flor

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMBRAPA. Estabelecimento de Espécies Arbóreo-Arbustivas no Rejeito de Minério de Ferro da Barragem do Fundão em Mariana-MG, tratado com Calcário, Fertilizantes e Microrganismos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 170, 2018.
- FUNDAÇÃO RENOVA. Relatório com evidências de ações implementadas nos tributários identificados como G4 pelo IBAMA_ Operação Águas Fases V e VI. Minas Gerais, 2018.
- GOLDER ASSOCIATES. Plano De Monitoramento Das Intervenções Prioritárias: Relatório De Resultados Do 1º Ano De Monitoramento. Belo Horizonte, 2018.
- GOLDER ASSOCIATES. Plano de Recuperação Ambiental. Belo Horizonte, 2016.
- GOLDER ASSOCIATES. Relatório de Serviços de Monitoramento Ambiental das Intervenções. Belo Horizonte, 2019.
- GOVERNO FEDERAL; GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS; GOVERNO DO ESTADO ESPÍRITO SANTO; SAMARCO MINERAÇÃO S/A; VALE S/A; BHP BILLITON BRASIL Ltda. Dispõe sobre o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta – TTAC. Brasília, 2016.
- GUERRA, M.B.B.; TEANEY, B.T.; MOUNT, B.J.; ASUNSKIS, D.J.; JORDAN, B.T.; BARKER, R.J.; SANTOS, E.E.; SCHAEFER, C.E.G.R. Post-catastrophe Analysis of the Fundão Tailings Dam Failure in the Doce River System, Southeast Brazil: Potentially Toxic Elements in Affected Soils. Minas Gerais: Water Air Soil Pollut, 228, 2017.
- IBAMA. Relatório Fase Hélios Operação Águas, anexo IV “Mapas e Fotografias dos Pontos Vistoriados pela Equipe Santarem”. Brasília, 2016.
- IBAMA. Relatório Geral de Vistoria Operação Águas – Fase Argos Etapa VI. Brasília, 2018.
- IEMA, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Espírito Santo: Nota Técnica GTECAD/FLORA 001/2019. 2019.
- PRADO, I. G. de O.; SILVA, M. C. S.; PRADO, D. G. O; KEMMELMEIER, K.; PEDROSA, B.G.; SILVA, C.C.; KASUYA, M.C.M. Revegetation process increases the diversity of total and arbuscular mycorrhizal fungi in areas affected by the Fundão dam failure in Mariana, Brazil. Applied Soil Ecology, V. 141, 84- 95, 2019.
- RAMBOLL. Dossiê Da Restauração Florestal. São Paulo, 2019.
- RG BIOENGENHARIA. Relatório: Serviço para contenção de sedimentos por meio de vegetação. 2016.
- SAMARCO. Relatório Final – Programa de Revegetação Inicial, Emergencial e Temporária (Cláusula 158 do termo de transação e de Ajustamento de Conduta), protocolado junto ao Comitê Interfederativo – CIF. Minas Gerais, 2016.
- SANTOS, O. S. H. , AVELLAR, F. C.; ALVES, M.; TRINDADE, R.C.; MENEZES, M. B.; FERREIRA, M.C.; FRANÇA, G.S.; CORDEIRO, J.; SOBREIRA, F. G.; YOSHIDA, I. M.; MOURA, M.P.; BAPTISTA, M.B.; SCOTTI, M. R. Understanding the Environmental Impact of a Mine Dam Rupture in Brazil: Prospects for Remediation. Journal of Environmental Quality. V. 48:439–449, 2019.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; SANTOS, E.E.; SOUZA, C.M.; DAMATO NETO, J.; FERNANDES FILHO, E.I.; DELPUPO, C. Cenário histórico, quadro fisiográfico e estratégias para recuperação ambiental de Tecnosolos nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão, Mariana, MG. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico. V. 24, N. 1/2, 2017.
- SEMAP. Operação Watu Fase VI - Relatório da fiscalização dos trechos prioritários e não prioritários de recuperação atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão. Minas Gerais, 2018.

[1] O dado georreferenciado corresponde ao dado com a localização geográfica das áreas revegetadas, digitalmente expressas em polígonos, tomada em campo. Os polígonos foram fornecidos no formato shapefile, que pode ser definido da seguinte maneira, “*um shapefile é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas. É armazenado como um conjunto de arquivos relacionados e contém uma classe de feição. [...]*” (PORTAL ESRI, acessado em março/2020). Os shapefiles são usados nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), os quais permitem o tratamento, a análise e a apresentação de informações espaciais.

[2] A Estação Total é um equipamento que permite a realização de medições precisas em campo, pelo armazenamento das medidas dos ângulos e distâncias dos pontos alvos, resultando, após o processamento destes dados em softwares topográficos, em um levantamento topográfico planialtimétrico da área, isto é, no mapeamento local contendo as medições das projeções horizontais (dos limites) e verticais (altimétricas) da superfície do terreno.

[3] A Cartografia é a ciência responsável pela representação da superfície terrestre e, normalmente, suas técnicas têm o desafio de simular, da forma realística, os aspectos naturais ou sociais, considerando suas escalas de apresentação e dimensões reais. A representação de elementos tridimensionais (com largura, altura e profundidade) em planos gráficos bidimensionais (como monitor, papel) pode impor ao trabalho limitações, mais ou menos significativas, exigindo-se do executor e leitor a capacidade de avaliar criticamente os dados e resultados gerados.

⁴ Fundação Renova; Esclarecimento de dúvidas e questionamentos referentes às cláusulas 158 e 160 do TTAC do PG 25 – Programa de Recuperação da Área Ambiental 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. Novembro/2019



conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ibama.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador **8141466** e o código CRC **4A284037**.
