Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais
PJe - Processo Judicial Eletrônico

24/01/2024

Número: **5036254-74.2020.8.13.0024**

Classe: **[CÍVEL] PROCEDIMENTO COMUM CÍVEL**
Órgão julgador: **2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte**
Última distribuição : **04/03/2020**
Valor da causa: **R$ 2.000.000.000,00**
Processo referência: **5071521-44.2019.8.13.0024**
Assuntos: **Mineração, Barragem em Brumadinho, Barragem em Mariana**
Segredo de justiça? **NÃO**
Justiça gratuita? **SIM**
Pedido de liminar ou antecipação de tutela? **NÃO**

Partes	Advogados
DEFENSORIA PUBLICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (AUTOR)	
Ministério Público - MPMG (AUTOR)	
ESTADO DE MINAS GERAIS (AUTOR)	
	SERGIO PESSOA DE PAULA CASTRO (ADVOGADO) **LYSSANDRO NORTON SIQUEIRA (ADVOGADO)** **MARIO EDUARDO GUIMARAES NEPOMUCENO JUNIOR (ADVOGADO)**
VALE S/A (RÉU/RÉ)	
	OCTAVIO BULCAO NASCIMENTO (ADVOGADO) **FLAVIO MARCOS NOTINI DE CASTRO (ADVOGADO)** **ANA JULIA GREIN MONIZ DE ARAGAO (ADVOGADO)** **HUMBERTO MORAES PINHEIRO (ADVOGADO)** **MARCOS LUIZ DOS MARES GUIA NETO (ADVOGADO)**

Outros participantes	
DEFENSORIA PUBLICA DA UNIAO EM MINAS GERAIS (TERCEIRO INTERESSADO)	
MINISTERIO PUBLICO DA UNIAO (TERCEIRO INTERESSADO)	
PAULA DE MOREIRA GUIMARAES (TERCEIRO INTERESSADO)	

Documentos

Id.	Data da Assinatura	Documento	Tipo
6832958005	09/11/2021 16:16	Entrega de Relatório Final	Manifestação
6833313034	09/11/2021 16:16	Entrega Relatório Final Sub02	Manifestação
6833313039	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_1-pdf	Laudo Pericial
6833313041	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_2-pdf	Laudo Pericial
6833313042	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_3-pdf	Laudo Pericial
6833667993	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_4-pdf	Laudo Pericial
6833667996	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_5-pdf	Laudo Pericial
6833667997	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_6-pdf	Laudo Pericial
6833667998	09/11/2021 16:16	RELATORIO_SUB02_parte_7-pdf	Laudo Pericial

Exmo. Sr. Juiz da 2ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte,

Autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

A Coordenação do Projeto Brumadinho-UFMG vem perante V. Exa. apresentar o relatório final de atividades do Subprojeto 02, que teve por objeto o mapeamento de uso e cobertura de solo em três momentos distintos da bacia, e foi Coordenado pelo Professor Doutor Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega, do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

Além do relatório final que se junta, também foram entregues em secretaria impressões dos mapas e um HD Externo contendo todos os dados coletados e utilizados no desenvolvimento do Subprojeto 02. Esses dados foram entregues em Secretaria em função da impossibilidade de carregá-los diretamente no Sistema PJe.

Os quesitos apresentados pelas partes e a prestação de contas pela FUNDEP constam em anexo do relatório.

Em função do dever de sigilo e discrição no tratamento das informações relacionadas ao processo, junta-se com sigilo, para que seja tornado público conforme juízo de conveniência e oportunidade de V. Exa.

Termos em que pedem juntada, seguindo à disposição para eventuais esclarecimentos que se julgar necessários.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Fabiano Teodoro Lara

Ricardo Machado Ruiz

Coordenação do Projeto Brumadinho-UFMG

sobre a composição das classes de cobertura e de uso do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão no tocante a área ocupada pelas mesmas, ao derramamento/espalhamento da lama de rejeitos, a caracterização quanto a área de preservação e as transições de classes mensurada n três momentos do estudo.

2.2. Objetivos

O Subprojeto 02 teve o objetivo geral identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS[2], processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente posterior o rompimento; e (3) no ano seguinte ao rompimento, conforme definiu a Chamada Pública Interna Induzida Nº 02/2019 do Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Minas Córrego Feijão" (Projeto Brumadinho-UFMG).

2.2.1. Objetivos específicos

- Identificar, mapear e quantificar as áreas impactadas pelo desastre, a partir da classificação supervisionada de imagens de alta resolução espacial, utilizando programas de processamento digital de imagens na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, em três momentos: (1) antes do rompimento (entre dezembro de 2018 e 25/jan/2019); (2) imediatamente após o rompimento (após 25/jan/2019 até 01/fev/2019); e (3) 2020, um ano após o ocorrido;

- Aferir a qualidade cartográfica do mapeamento considerando a normativa legal brasileira vigente para o Padrão de Exatidão Cartográfica (tradicional e digital), bem como os indicadores de qualidade temática dos mapas gerados; o que é aqui de fundamental importância por meio da aferição dos resultados, de modo a garantir que

[2] Acrônimo de Global Navigation Satellite System, e se refere a um sistema de constelações de satélites orbitando em torno da Terra que transmitem dados de posicionamento e tempo para dispositivos receptores na superfície ou atmosfera, como por exemplo instrumentos GPS de medição topográfica e smartphones. Os receptores então usam esses dados para determinar a localização e o tempo.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

os cálculos, bem como simulações e/ou prevenção de catástrofes sejam efetivas e eficazes;

- Apresentar cartas temáticas, tabulação de informações e relatórios detalhados de modo a demonstrar o espectro da continuidade espacial e temporal e a dinâmica do uso e cobertura da terra na sub-bacia;

- Elaborar diagnóstico através das informações oriundas dos mapeamentos do uso e cobertura da terra para subsidiar o monitoramento das condições da sub-bacia para a proposição de ações de reparação aos atingidos e recuperação do meio ambiente;

- Treinar um algoritmo de reconhecimento de padrões baseado em inteligência artificial (deep learning) para a área de estudo e utilizá-lo para a classificação da cobertura e uso da terra nas imagens orbitais multispectrais;

- Calcular as métricas relativas à cada classe mapeada, quantificando as áreas das classes as métricas da paisagem e perfis de transformação multitemporal, demonstrando os resultados em tabelas de atributos e em planilhas e gráficos inseridos no relatório;

- Gerar e disponibilizar documentos cartográficos que possam ser utilizados pelas demais equipes do Projeto Brumadinho - UFMG; fortalecendo ainda mais a necessidade de se produzir um material confiável e que vai ser utilizado como referência para outros trabalhos na região;

- Criar base de dados em formato compatível com a Infraestrutura de Dados Espacial contratada na Chamada Pública Interna Induzida Nº 01/2019;

- Atender as demandas específicas do Juízo frente às mudanças no uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

3. Processos e produtos elementares

Os processos e produtos elementares apresentados nesta seção correspondem a etapas vitais n mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, e que foram dimensionadas no escopo da proposta da Chamada #2 para assegurar a qualidade dos dados a confiabilidade das informações cartográficas deles derivados. Desta forma, estão apresentadas nesta seção as etapas subsequentes necessárias à garantia da qualidade dos produto cartográficos, como o apoio geodésico, o levantamento aéreo complementar com drone e o controle de qualidade do mapa temático.

3.1. Aquisição e Preparação dos dados

A investigação contou com imagens orbitais multiespectrais de alta resolução[3] e com modelos digitais de terreno[4] oriundos de aerolevantamento com sensor laser e que foram utilizados para a devida ortorretificação[5] das imagens, especificados abaixo:

- imagem composta do satélite Peiades de cenas capturadas em 15/12/2018 e 23/12/2018 (T1), com resolução espacial de 0,5m, resolução radiométrica de 11 bits (2048 níveis de cinza) e resolução espectral de 4 bandas, referentes às regiões do azul, verde e vermelho (abrangendo todo o espectro visível) e uma banda do infravermelho próximo, que facilita a visualização da vegetação, a qual revela de forma muito clara a mancha de lama depositada no fundo do vale;

- imagem do satélite GeoEye-1 capturada em 29/01/2019 (T2), 4 dias após o rompimento da barragem, com resolução espacial de 0,5m, resolução radiométrica de 11 bits e resolução espectral de 4 bandas;

---

[3] Imagens capturadas por satélites onde cada pixel (menor elemento da imagem) representa uma área de 1m² medido no terreno. As imagens possuem também diferentes camadas espectrais, responsáveis pela captura de informações em pelo menos 4 faixas distintas do espectro eletromagnético (azul, verde, vermelho e infravermelho)

[4] Superfície numérica composta por valores de elevação do terreno, utilizada por exemplo para a correção geométrica das imagens aéreas e orbitais, bem como para cálculos de volume, declividade e modelos hidrológicos.

[5] Processo de correção geométrica das imagens aéreas e orbitais para padronização da escala cartográfica e compatibilidade das mesmas para com os mapas.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

- imagem do satélite WorldView-3 capturada em 05/04/2020 (T3), com características espaciais, espectrais, radiométricas semelhantes a imagem anterior (T2);
- Modelo Digital de Terreno oriundo de aeroperfilamento por laser realizado entre os anos de 2012 e 2016, com resolução espacial de 0,66m e 32 bits;
- Modelo Digital de Terreno oriundo de aeroperfilamento[6] por laser realizado em 26 de janeiro de 2019, com resolução espacial de 0,66m e 32 bits;
- Modelo Digital de Terreno oriundo de aeroperfilamento por laser realizado em 08 de março de 2020, com resolução espacial de 0,66m e 32 bits.

A preparação dos dados incluiu em um primeiro momento a delimitação da sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão e adição das áreas referentes as ETAFS. De posse da então definida área de estudo, foi possível proceder com os respectivos recortes geográficos das imagens orbitais para satisfazer a área de estudo, bem como estabelecer critérios de distribuição espacial dos pontos de apoio geodésico para controle de qualidade posicional do projeto e planejamento do aerolevantamento por drone e da respectiva distribuição dos pontos de controle temático.

3.1.1. Delimitação da área de estudo

A delimitação da sub-bacia foi motivada pela baixa aderência entre os limites da sub-bacia provenientes da base de dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas, derivado de bases cartográficas em escala 1:50.000, e a morfologia do relevo passível de mapeamento através dos Modelos Digitais de Terreno (MDT) utilizados no presente projeto. Desta forma, para garantir a qualidade cartográfica dos produtos compatíveis à escala 1:10.000, recorreu-se a ferramentas morfométricas de modelagem digital de superfície para determinar o polígono da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão.

Para a delimitação utilizou-se o MDT anterior ao rompimento da barragem (oriundo de um mosaico de aerolevantamentos com sensor laser (LIDAR) datados entre 2013 e 2016 e com resolução espacial (GSD) de 50cm. As ferramentas utilizadas foram o Fill, para preenchimento

[6] Processo de levantamento da superfície do terreno e dos obstáculos dispostos sobre a mesma (edificações, vegetação, postes, cabos, veículos, etc) que utiliza instrumentos capazes de calcular a distância entre a aeronave e os diferentes pontos imageados na superfície através de feixes de laser.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

de depressões, o Flow Direction para determinação das linhas de drenagem e o Basin para cáculo do polígono envolvente da bacia, da tollbox Hydrology do Spatial Analyst da plataforma ESRI ArcGIS. O polígono calculado para a sub-bacia apresentou área de 3321,86ha, pouco superior aos 3208,15ha da sub-bacia proveniente do IGAM (ottocodificação N. 7496732). Contudo, a inclusão das duas Estações de Tratamento de Afluentes Fluviais (ETAF), uma localizada próximo a foz do ribeirão Casa Branca e a outra localizada na margem oposta do rio Paraopeba próximo a foz do riveirão Ferro-Carvão, aumentou a área de estudo. Considerando então o limite calculado da sub-bacia e as áreas respectivas das duas ETAFs, foi acrescentado uma faixa de adicional de tolerência de 100m (buffer), resultando em um polígono com área de 3932,43ha. A Figura 1 ilustra os polígonos supracitados.

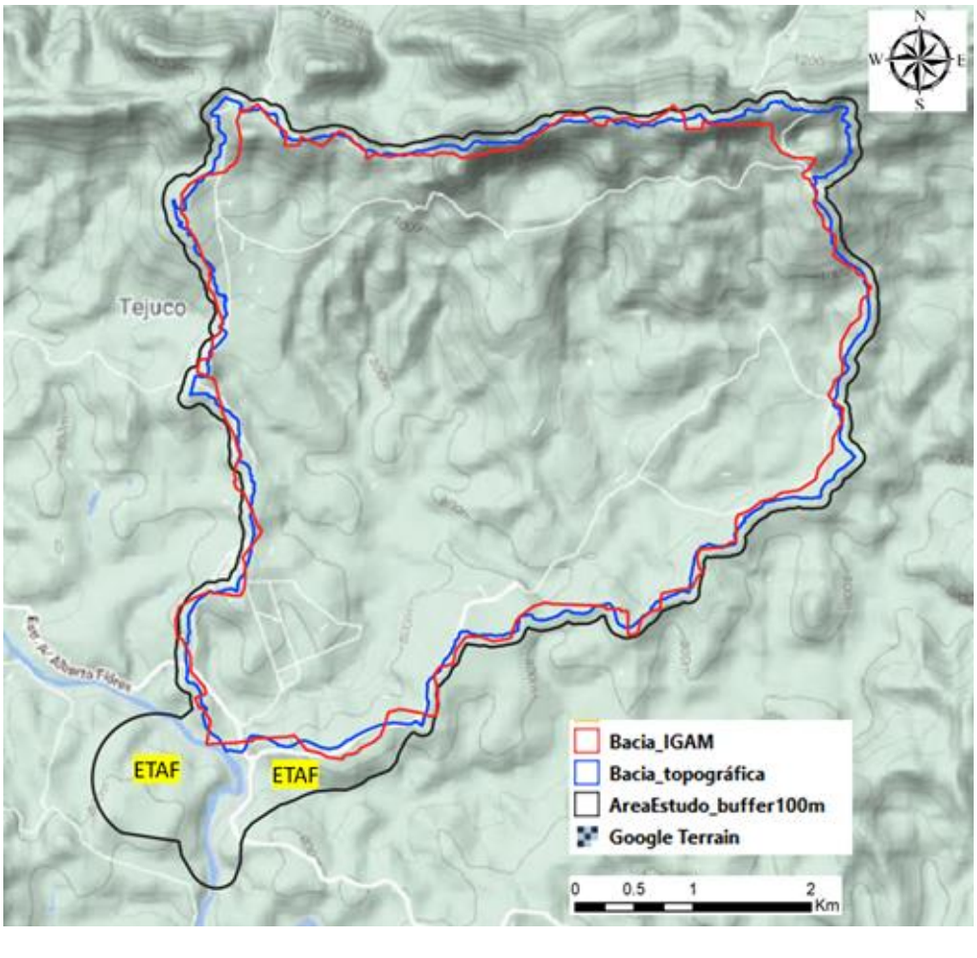


Figura 1 – Representação dos polígonos da sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão e da delimitação da área de estudo a qual comporta um buffer de 100m sobre o polígono que envolve a sub-bacia topográfica e as Estações de Tratamento de Águas Fluviais

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

3.1.2. Preparação das imagens, modelo digital de superfície e mapas de declividade

Uma vez definido o polígono da área de estudo, este foi utilizado para recorte dos dados geográficos para início do mapeamento. O recorte geográfico dos dados recorreu a ferramentas elementares como Raster_Clip da plataforma ESRI arcGIS e do QGIS. Os pixels externos à área de estudo foram rotulados como NoData, o que na prática os desconsidera qualquer que for o geoprocessamento a que a imagem for submetida. A operação foi iniciada pela imagem T3 (Figura 2) posto a necessidade de planejar as operações de campo e de fomentar o processo de validação das classes de cobertura do solo a partir da cena mais recente. Na sequência formam recortadas as demais imagens e os MDTs.

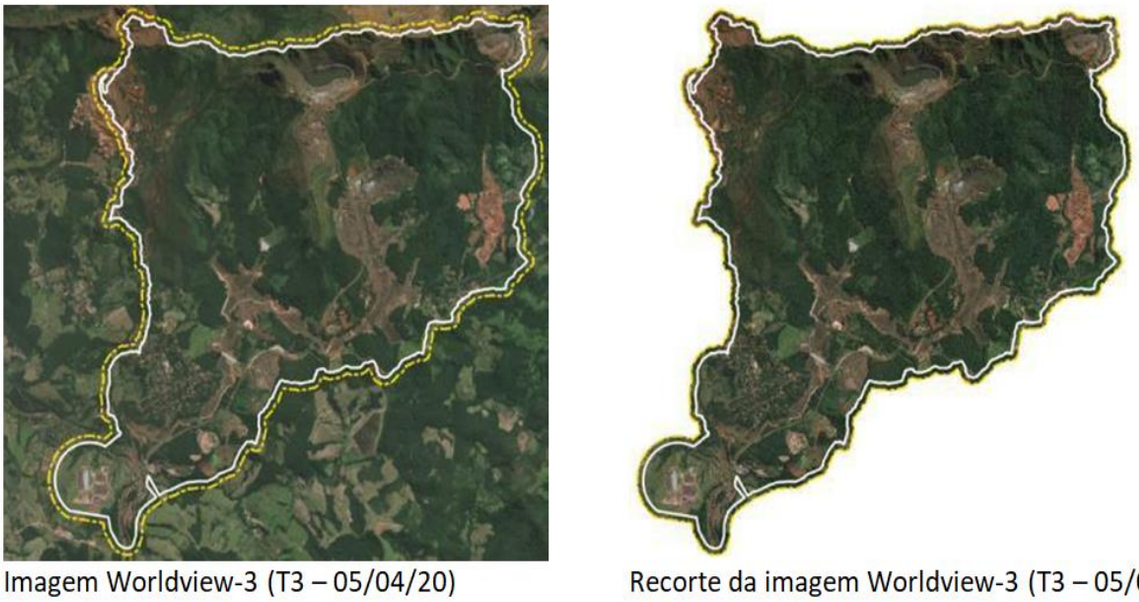


Imagem Worldview-3 (T3 – 05/04/20) Recorte da imagem Worldview-3 (T3 – 05/04/20)

Figura 2 – Imagem Worldview-3 (05/04/2020) antes e após o recorte.

Sendo o mapeamento e quantificação das Áreas de Preservação Permanentes (APPs), um dos objetivos do Subprojeto #2, e considerando que esse mapeamento é uma tarefa independente do mapeamento das classes de cobertura e de uso do solo em desenvolvimento, foi iniciada uma série de processamentos suplementares, sobretudo apoiados nos MDTs de alta resolução disponíveis para uso no presente projeto, com destaque para o cálculo das superfícies de declividade do terreno, que recorreu a ferramenta Surface_Slope da Toolbox Spatial Analyst do ESRI arcGIS. A Figura 2 ilustra os MDTs e respectivos mapas de declividade de terreno para as três datas consideradas no estudo.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

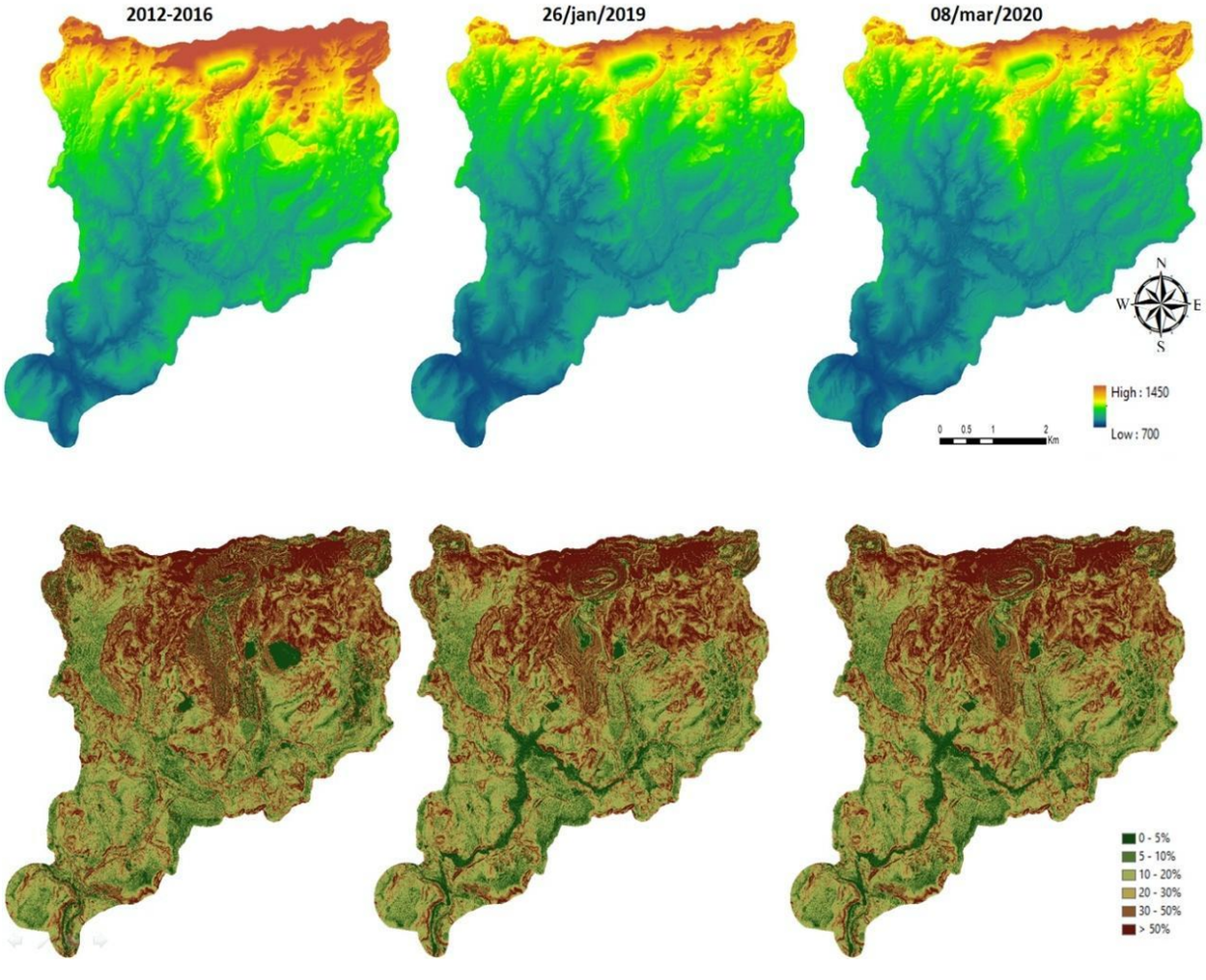


Figura 3 – Modelos digitais de terreno e mapas de declividade da superfície topográfica na área de estudo para as três datas em análise.

As superfícies de declividade possibilitaram ao subprojeto 02 caracterizar as APPS e proveram apoio a interpretação de dados precisos de hidrografia, mais especificamente dos cursos d'água, bem como da precisa caracterização morfológica da superfície topográfica para o perfeito entendimento das áreas de encosta, dos topos de morro e de fundos de vale que apoiaram interpretações e análises dos subprojetos 08 e 60.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

3.2. Apoio geodésico[7]

Nesta seção estão descritos os procedimentos destinados para apurar os pontos de apoio posicional levantados em campo e a qualidade das medidas rastreadas com GNSS.

3.2.1. Considerações iniciais sobre as atividades de campo

As atividades nos limites da propriedade da Vale S.A seguiam protocolos de segurança que impactaram a programação pré-estabelecida, a começar pelo deslocamento interno que dependia de um segundo veículo da empresa operando como “batedor”, conduzido por funcionário em toda a extensão da bacia ou localidade. Em segundo lugar, pelo regime de turnos, sendo que matutino iniciava, a depender do que fora acordado a véspera, às 08:00h e se estendia até às 11:30h. Após o almoço seguia a etapa derradeira até às 16:30h, com dilatação nestes limites de tempo a depender da disponibilidade dos agentes e condição climática favorável. Houve, no entanto, flexibilizações nestes turnos de forma a otimizar as operações de levantamento. Nas áreas externas a mineradora, a equipe operou em horários ainda mais flexibilizados, chegando a realizar medições durante o período noturno.

3.2.2. Metodologia do apoio geodésico

O transporte de medidas altimétricas (altitude ortométrica) a partir de referências de nível (RRNN) do IBGE, inicialmente proposto como objeto parcial do levantamento geodésico, foi substituído pelo emprego dos valores de elevação extraídos do MDT proveniente do perfilamento laser contratado pela Vale S.A, e que foi disponibilizado ao CTC com o presente subprojeto em curso.

Para o apoio geodésico foi utilizado um par de receptores GNSS modelo T300 da COMNAV com capacidade de rastrear diferentes constelações de satélites. O equipamento atendeu com propriedade as demandas de registros geodésicos na área do projeto. Considerando o compromisso maior do projeto em garantir qualidade posicional para um mapeamento em escala 1:10.000, os métodos estáticos-rápidos com duração do rastreamento de até 20 min/ponto

[7] Operação de levantamento no terreno que utiliza de técnicas precisas de medições angulares, lineares e de posicionamento para determinar a posição de pontos na superfície da Terra ou abaixo da mesma, considerando os parâmetros de curvatura da Terra e Referência Geodésica (Datum) para a elaboração de bases cartográficas.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

e o levantamento cinemático corrigido em tempo real (RTK) prevaleceram dentre os utilizados no levantamento dos pontos. O desenho metodológico adotado foi amparado na Resolução - PR No. 22, de 21-07-83 publicado pelo IBGE e que trata das Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em território brasileiro (https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101677.pdf) e pelo o serviço on-line para pós-processamento de dados GNSS, conhecido por profissionais que atuam com topografia, geodésia e demais áreas que necessitam de posicionamento de precisão como Posicionamento por Ponto Preciso (PPP): IBGE-PPP (https://www.inde.gov.br/pdf/bservico1602.pdf) detalhado na Tabela 1.

GNSS T300 da COMNAV	
Método de posicionamento	Precisão
Estático	Horizontal: 2.5 mm + 1 ppm RMS
	Vertical: 5 mm +1 ppm RMS
Real Time Kinematic (RTK)	Horizontal: 10 mm + 0.5 ppm RMS
	Vertical: 20 mm + 0.5 ppm RMS
DGNSS diferencial	Horizontal: 0.25 m +1 ppm RMS
	Vertical: 0.5 m + 1 ppm RMS
Constelação	Frequência
GPS	L1 C/A, L1/L2 P, L5
BeiDou	B1, B2, B3
GLONASS	L1/L2
Softwares de processamento	
Compass Receiver Utility (CRU) v.1.7.3	Conversão de formato de arquivo original(.cnb) em RINEX(.21O)
Windows Mobile Device Center (WMD) v. 6.1.6965	Comunicação de arquivos entre a coletora e o PC

Tabela 1- Especificações técnicas dos equipamentos e procedimentos do levantamento de campo.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

Houve o registro de pontos de apoio geodésicos com os rastreadores de sinais de satélites de duas formas; método RTK e o método estático-rápido[8] ilustrado pela Figura 4. O primeiro método consistiu na disposição de dois receptores com finalidades distintas. Um dos receptores (base) foi colocado em uma posição estratégica - geralmente, no ponto mais elevado sem obstáculos naturais ou artificiais, na sub-bacia Ferro-Carvão de tal modo que pudesse difundir as correções diferenciais, em tempo real, ao segundo aparelho (volante). O dispositivo volante (rover) foi responsável por capturar as coordenadas posicionais de cada localidade previamente sinalizada ou pontos notáveis; como interseções viárias, cruzamento de calçamentos ou vias férreas. Ao final de cada dia de rastreio, os registros armazenados no receptor base foram enviados ao portal do IBGE e processados pelo que se convencionou tratar por PPP e, consequentemente, atualizando e reformando as coordenadas originais no receptor volante.

A segunda estratégia visou agilizar a captura de pontos com os dois receptores similares operando de forma idêntica como volante. Em posições distintas e simultâneas, os equipamentos seguiam fazendo os registros geodésicos. Ao final do qual, tinham o mesmo destino do primeiro método. Obtendo as coordenadas de processamento PPP.

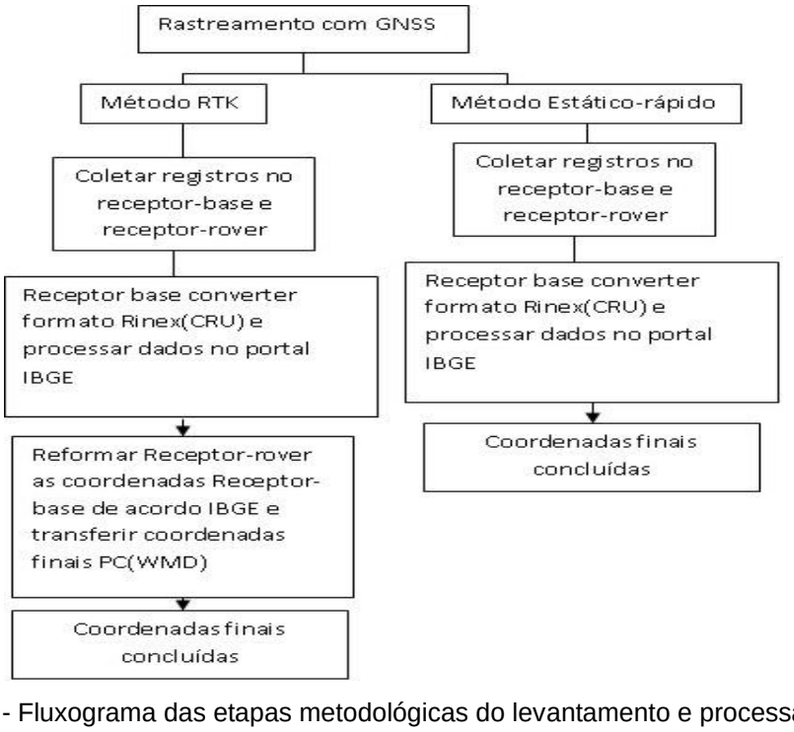


Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas do levantamento e processamento GNSS adotados no Subprojeto 2.

[8] Real Time Kinematic, método de levantamento com receptor GNSS onde o cálculo das coordenadas dos pontos medidos ocorre em tempo real. Estático rápido é um método de levantamento com receptor GNSS que depende de pós-processamento para o cálculo das coordenadas dos pontos medidos.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

Foram implantados, com registro físico, dois receptores-base com rádio-link, pontos estes descritos detalhadamente nos documentos de Monografia do Marco (exemplificado na seção Material Suplementar), e que enviavam a correção geométrica diferencial em tempo real ao receptor volante, veja Figura 5. Para assegurar uma melhor performance do equipamento rádio-transmissor, os pontos-base foram instalados em locais de topografia elevada e posicionado estrategicamente dentro do raio de ação do sistema. Como exemplo, um dos pontos foi instalado na área elevada próximo ao mirante, termo atribuído pelos funcionários da mineradora. Com isso, o receptor-volante pode ser deslocado para diversas localidades pré-sinalizadas ou pontos notáveis voltado para dois objetivos, garantindo a medição rápida e precisa de diversos pontos na área interna da mineradora.

Figura 5 - Rastreamento com receptor volante em pontos foto identificáveis nas imagens drone.

Além disso, as medições atenderam ao arranjo da coleção de aerofotos colhidas pelo drone e à conferência do posicionamento geográfico das cenas orbitais compatíveis com a escala de 1:10.000. Cabe ressaltar que alguns dos pontos, como o N. 56 e 57 foram levantados externos à área de abrangência da sub-bacia, de forma a promover a melhor distribuição geométrica da rede de pontos. Não obstante, a técnica de rastreamento conhecida como rápido-estático foi estabelecida para contornar eventuais falhas de conexão entre os receptores base e volante, par sobrepor e contornar as limitações de acesso à mineradora por protestos movidos por moradores de Brumadinho, bem como para tornar mais produtiva as atividades de campo. Desta forma, houve o registro geodésico e coleta em 69 pontos na área da mineradora e lindeira à propriedade (Figura 06), incluindo distribuição da precisão de 40 pontos coletados no processo estático-rápido

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

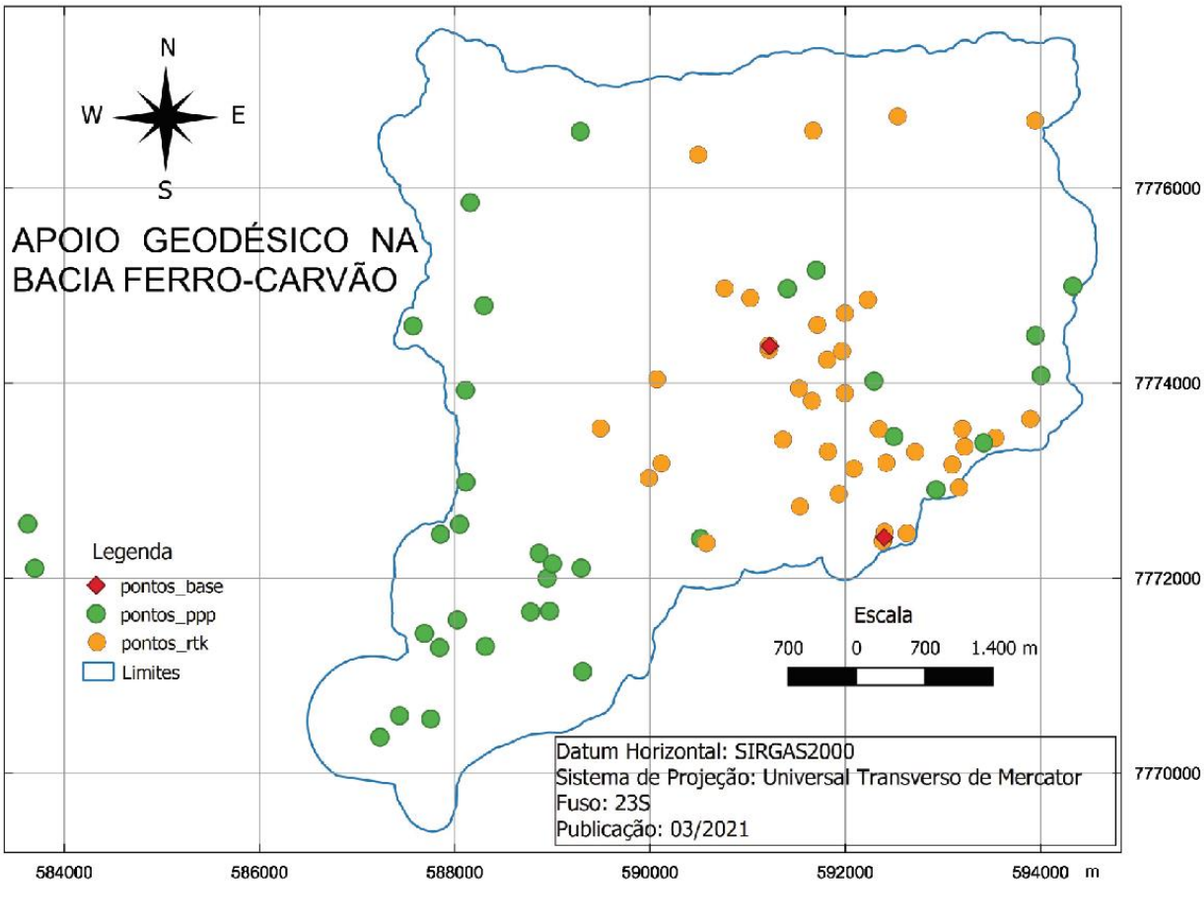


Figura 6 - Mapa da distribuição espacial de pontos de apoio geodésico na sub-bacia Ferro-carvão.

Com 95% de nível de significância a solução alcançou um desvio padrão da precisão horizontal igual a 12,409 cm e da precisão vertical 7,175cm. Os resultados apurados apontam que o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD) (Tabela 2) é compatível com o apoio para mapas com a escala de 1:1.000, portanto, muito superior ao propósito de atender à base cartográfica 1:10.000. Figura 7 ilustra a um gráfico com as respectivas precisões nas medidas plana e vertical dos pontos levantados em Erro Médio (EM e Erro Padrão (EP).

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

Tipo	PEC	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000	
		EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP
Planimetria	A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70
	B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00
	C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00
	D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00
Altimetria	A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84
	B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67
	C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00
	D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50

Tabela 2 - Especificação Técnica de Controle de Qualidade de Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais.
Fonte: DSG (2016).

Os pontos 1 e 2 são referentes às localidades pertinentes ao registro dos receptores-bases respectivamente, e as precisões variam de 1 a 5mm. Os demais foram rastreados no método RTK e demanda, em tese, da correção diferencial transmitida pelo receptor-base no momento da captura do ponto.

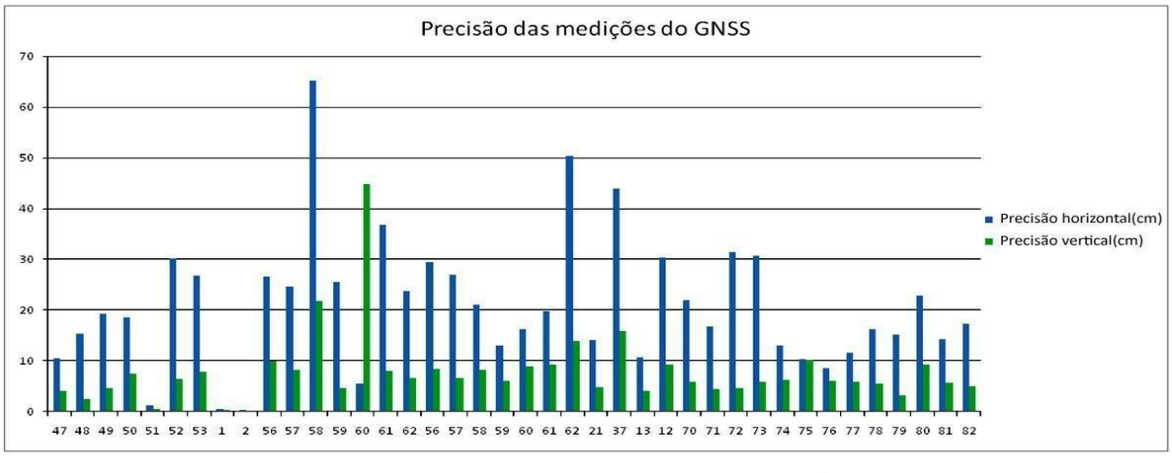


Figura 7 - Precisão dos pontos geodésicos coletados com receptores GNSS.

3.3. Cobertura aérea com drone

A cobertura aérea por drone foi a estratégia adotada pelo Subprojeto 2 para maximizar a coleta de dados em campo. O registro contínuo e em detalhes da superfície na área de estudo possibilitou o alcance da equipe a pontos remotos para medição e/ou interpretação, esta podendo também orientar a equipe pelo contexto espacial em que o ponto ou a feição geográfica se encontra. Contudo, dada a substancial diferença de tempo entre o período T3 (abril de 2020) e as atividades de levantamento em campo (janeiro e fevereiro de 2021), notou-se que o imageamento por drone passou a revelar também o contexto mais atual da cobertura e do uso

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

do solo na área de estudo, razão pela qual a coordenação do Subprojeto 2 justifica a inclusão dos produtos do levantamento aéreo por drone, tais como o mosaico ortorretificado e o modelo digital de superfície dentre os objetos de entrega.

3.3.1. Material e métodos utilizados no aerolevantamento

O drone utilizado no levantamento foi o modelo DJI Phantom 4 Pro V2. A câmera de captura de imagens do equipamento possui um sensor de matriz fixa do tipo CCD - Charge Coupled Device - com 20 milhões de pixels, sensor CMOS de 1 polegada e obturador mecânico com controle de velocidade, além de sistema de navegação GPS/GLONASS, estabilizador da câmera (gimbal) com três eixos (inclinação, rotação, giro), bateria inteligente com duração aproximada de 30 minutos e controle remoto com visão em tempo real.

A campanha ocorreu durante os dias 12, 13 e 14 de janeiro e 4, 5 e 6 de fevereiro e cobriu aproximadamente metade da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, em torno de 1500ha do fundo de vale do ribeirão Ferro-Carvão, desde às barragens B-1 e B-VI até o encontro com o rio Paraopeba, correspondendo a área que teve maiores alterações no uso e cobertura do solo devido o rompimento da B-1. A Figura 8 mostra a área coberta pelo mapeamento com drone já ilustrando sobre ela o mosaico ortorretificado.

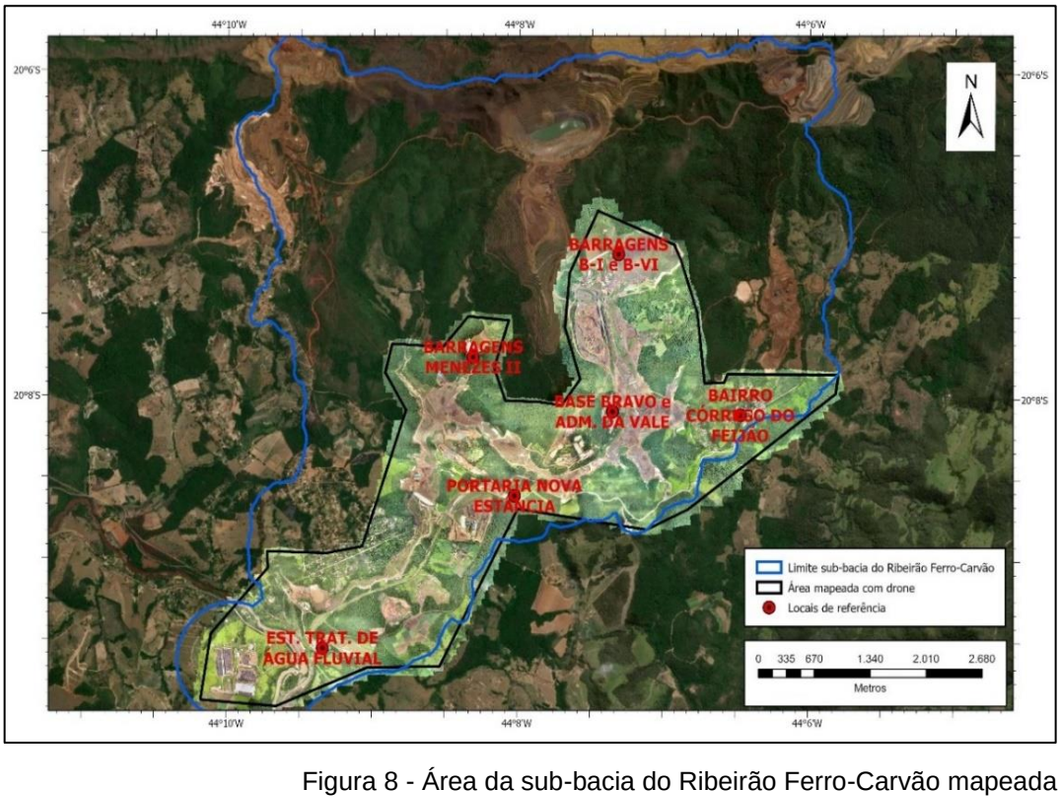


Figura 8 - Área da sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão mapeada com drone.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

Para o desenvolvimento do trabalho foram coletadas 7289 fotografias aéreas com sobreposição longitudinal e lateral de 80% e 75%, respectivamente, e altura média de voo de 120 metros dos pontos de decolagem, podendo alcançar até 200 metros do solo em locais de fundo de vale e de maior declividade. Foram utilizados 29 pontos de controle dentre os contidos na Figura 6, com acurácia centimétrica para aprimorar o georreferenciamento do mapeamento com drone. Em contrapartida, para verificar o posicionamento geográfico, foram utilizados outros 5 pontos de controle, indicando um erro posicional médio abaixo dos 50 centímetros, que é considerado suficiente para atender os objetivos do mapeamento com drone. Os pontos de controle foram sinalizados utilizando cal virgem ou alvos notáveis, como faixas na estrada, passeios, meios-fios, entre outros. As Figuras 9a e 9b ilustram um exemplo de medição de pontos de controle em campo e posterior apontamento em fotos. Exemplo de medição de pontos de controle pré-sinalizados pode ser visto na Figura 5, página 22 do presente relatório.

Figura 9 - Medição de ponto de controle utilizando feição existente no terreno (esquerda) e o correspondente apontamento do ponto de controle fotoidentificado na imagem aérea (direita).

3.3.2. Processamentos e produtos do aerolevantamento

A alta resolução espacial das imagens do drove permite documentar fielmente o estado mais recente das áreas impactadas e processos de recuperação ambiental, construções civis, maquinários, diferentes tipos de vegetação e solo, entre outros. As Figuras 10a a 10f ilustram o nível de detalhe obtido com o mapeamento e a Figura 11 ilustra as barragens B-I e B-VI (pós-rompimento). Ambos exemplos revelam registros importantes para subsidiar a contextualização e as análises de outros subprojetos.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

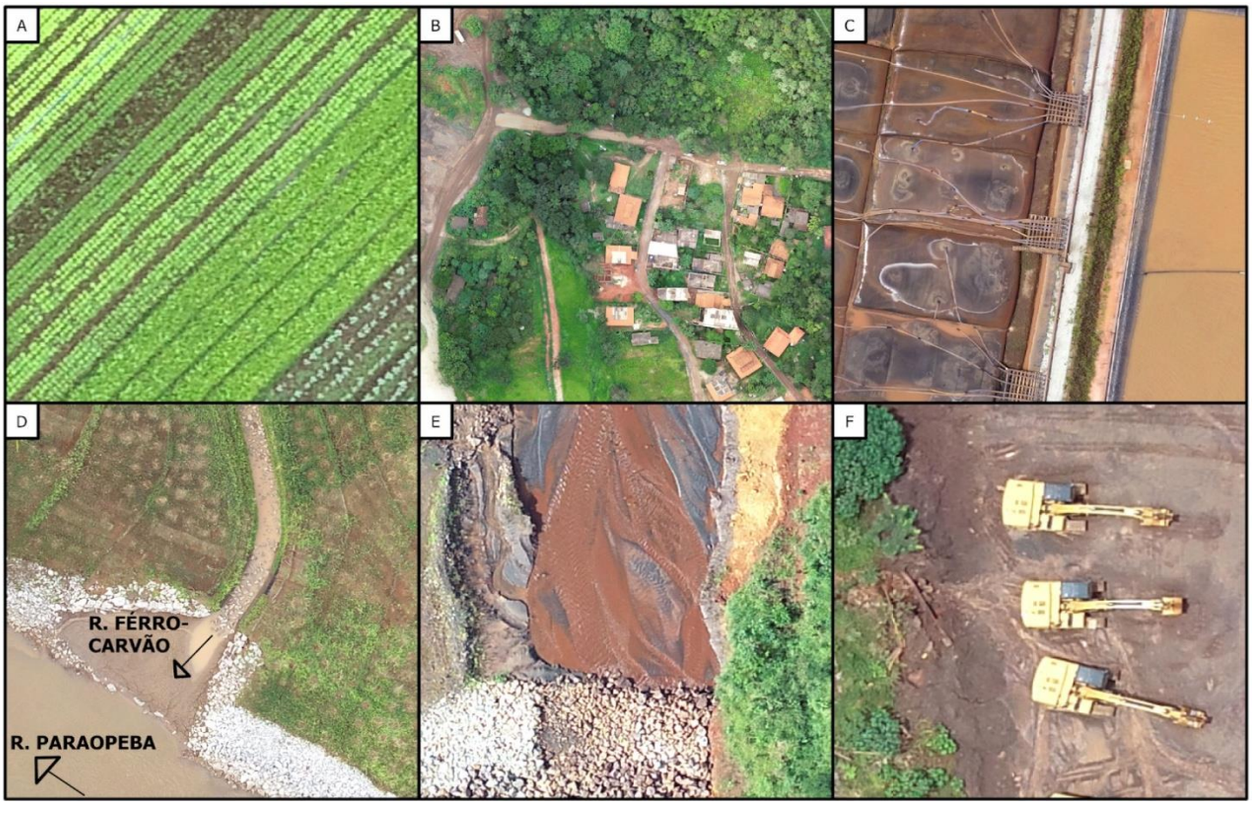


Figura 10 - A: Cultivo de hortaliças. B: Bairro adjacente ao Córrego Ferro-Carvão. C: Etapa de tratamento de água por Bolsa Geotêxtil de Desidratação (Geobags). D: Encontro do Rio Paraopeba e do Ribeirão Ferro-Carvão, área em recuperação ambiental. E: Pequena barragem no leito do Ribeirão Ferro-Carvão e solos com diferentes colorações. F: Maquinário trabalhando em operações de movimentação de terra.

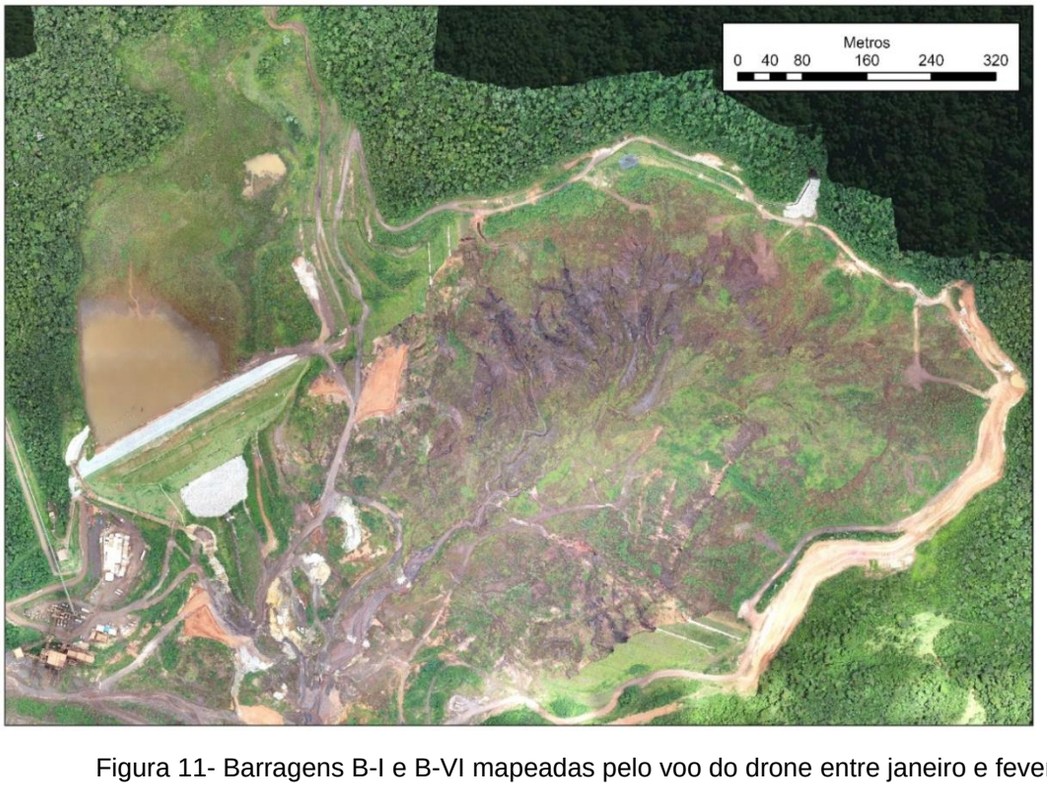


Figura 11- Barragens B-I e B-VI mapeadas pelo voo do drone entre janeiro e fevereiro de 2021.

Número do documento: 21110916164212100006831585407
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164212100006831585407
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:42

Em síntese, o processamento da fotogrametria com drone inicia com um algoritmo de reconhecimento de imagens que identifica e descreve pontos correspondentes em conjuntos de imagens aéreas sobrepostas. Em seguida, o algoritmo Structure-from-motion utiliza essa informação para simultaneamente calcular a posição e orientação das imagens aéreas e produzir uma nuvem de pontos organizada em um ambiente virtual com estrutura 3D. O próximo passo consiste em produzir uma nuvem de pontos mais densa, ao buscar e identificar as feições que estão na vizinhança dos pontos correspondentes identificados anteriormente nos conjuntos de imagens aéreas. Os pontos são distribuídos sistematicamente pelo sistema e registrados nas fotografias que apresentam maior grau de ortogonalidade na projeção (nadir). O algoritmo faz então a busca desses pontos nas imagens adjacentes (pontos homólogos) através de correlaçã de imagens, processo computacionalmente exaustivo, porém consagrado na fotogrametria.

A etapa seguinte à produção da nuvem de pontos é a interpolação da mesma para gerar uma malha triangular (ainda em ambiente 3D), que é a base de origem do arquivo matricial 2D (.tiff) do Modelo Digital de Superfície. O MDS apresenta as altitudes de todas as feições sobre a superfície, como vegetação, edifícios, barramentos, etc. Maiores detalhes sobre o do processamento fotogramétrico com drone pode ser consultado em Carrivick et al. (2019), Agisoft LCC (2019), Iglhaut et al. (2019), Remondino et al. (2017), e Westoby et al. (2012).

A Figura 12 ilustra o modelo digital de superfície gerado no mapeamento. Devido a diferença de elevação, é perceptível o percurso do fundo de vale do Ribeirão Ferro-Carvão desde as Barragens B-I e B-VI até o Rio Paraopeba.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

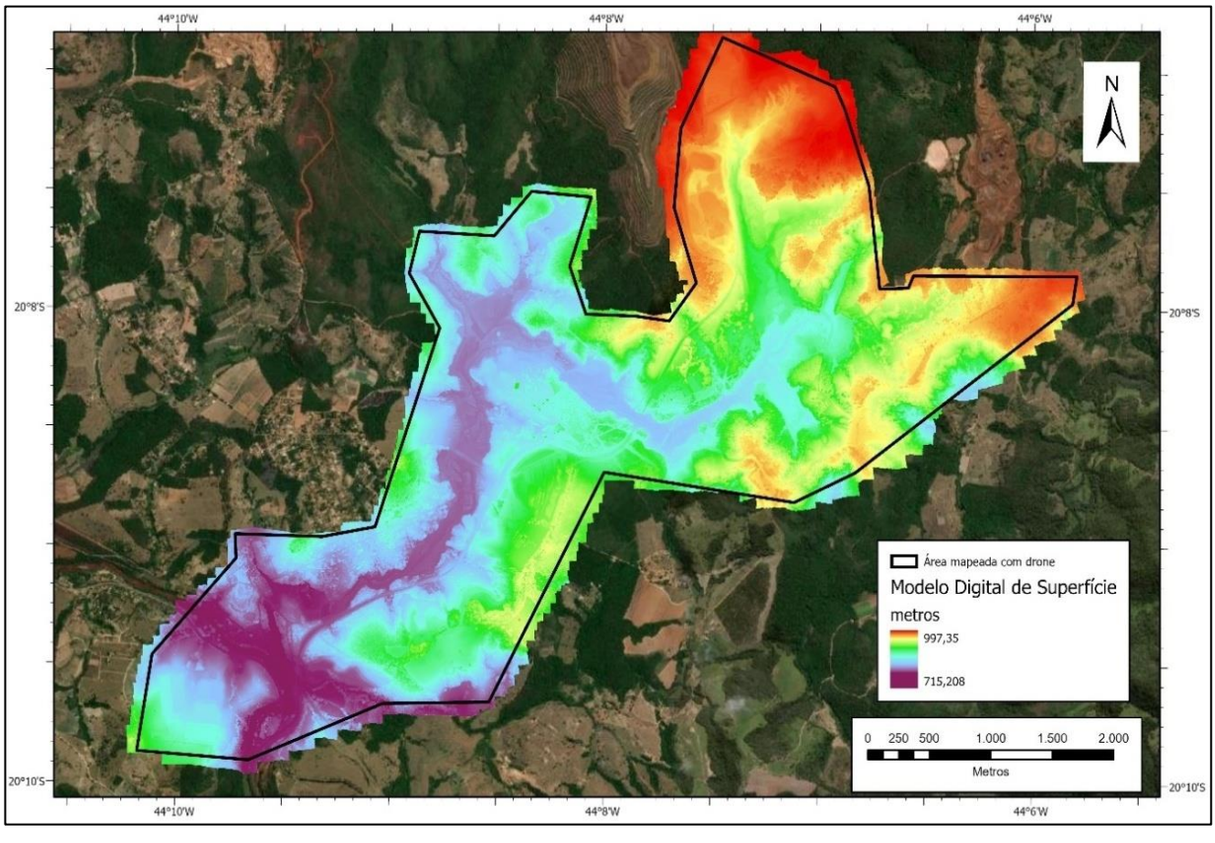


Figura 12 - Modelo digital de superfície derivado do processamento das imagens de cobertura aérea do drone realizado entre janeiro e fevereiro de 2021.

3.4. Controle de qualidade posicional

A presente seção do relatório tem por objetivo apresentar o laudo da avaliação do controle de qualidade posicional da imagem orbital ortorretificada referente ao período T3 (abril de 2020) através de medidas precisas levantadas no apoio geodésico descrito na Seção 2.1 deste relatório. A análise posicional medida com base na imagem T3 serviu como referência para a validação da qualidade posicional das demais imagens (T1 e T2), conforme informado no Relatório Parcial do Subprojeto 02.

3.4.1. Aderência geométrica das imagens T1 e T2 à imagem T3

Foram utilizados 33 pontos devidamente fotoidentificados e medidos nas três imagens em análise. As coordenadas planas Norte e Este[9] de cada um desses pontos foram tabuladas e

[9] Referentes ao sistema de projeção cartográfica Universal Transverso de Mercator (UTM), zona 23 Sul, projetadas sobre o referencial SIRGAS-2000

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

serviram de entrada para computar as métricas de qualidade baseadas no Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) tradicional e digital (PEC-PCD). A Figura 13 ilustra a distribuição de pontos nas três imagens e a Figura 14 ilustra em detalhes a divergência geométrica obtida em dos pontos do conjunto.

Figura 13- Distribuição dos pontos homólogos fotoidentificáveis utilizados no controle de qualidade posicional.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Figura 14 - Exemplo de um dos pontos levantados em campo com receptor GNSS e fotoidentificados nas imagens correspondentes aos três períodos em análise.

Ao considerar fixas as coordenadas dos pontos medidos na imagem T3, analisou-se as métricas de discrepância das medidas derivadas das imagens T1 e T2. A Tabela 3 sintetiza os resultados.

Produto / Sensor	PEC		PEC-PCD	
	Erro Sistemático	Classe A	Erro Sistemático	Classe A
Imagem T1 / Pleiades	Aprovada	Aprovada	Aprovada	Aprovada
Imagem T2 / Geoeye	Aprovada	Aprovada	Aprovada	Aprovada

Tabela 3- Síntese dos resultados da aderência geométrica entre as imagens dos tempos T1 e T2 para com a imagem do tempo T3.

3.4.2. Análise posicional

Considerando que as imagens são ortorretificadas, ou seja, foram geometricamente distorcidas de modo a adequar as limitações impostas pela projeção cônica do sensor orbital para a projeção

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

ortogonal[10], e que o principal objetivo do estudo é compor uma base cartográfica para análise multitemporal das classes de cobertura e uso do solo, estabeleceu-se como premissa a garantia de que as imagens apresentassem aderência geométrica. Essa análise foi apresentada no relatório anterior. Contudo, cabe ressaltar que o protocolo aqui desenvolvido trata de uma análise relativa da qualidade geométrica das imagens, posto que a análise da qualidade posicional depende de pontos de controle levantados no terreno e que sejam fotoidentificáveis nas imagens em investigação. Esse aspecto é agora considerado no presente relatório.

A metodologia de análise da qualidade posicional pontual posicional da imagem mais recente foi fundamentada em parâmetros atuais do PEC-PECD (Padrão de Exatidão Cartográfico-Padrão de Exatidão Cartográfico Digital, recomendado pela CONCAR, 2011, 2016) e do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico, vide Brasil, 1984, mais tradicional) relatados em Nero et al (2017), Nero (2006), Nero (2005), Nogueira Junior et al (2004). Assim, foram obtidos os seguintes resultados, conforme apresentado na Tabela 4. Na tabela tem-se que pontos de controle coletados por meio de metodologia GNSS com precisão de 1 a 2 cm foram utilizados como sendo a referência mais precisa e sendo comparados com os mesmos pontos de controle extraídos da imagem mais recente (imagem T3), sendo considerada novamente, nessa etapa, a escala 1:10.000.

Os resultados dos pontos medidos na imagem T3 indicaram sua compatibilidade para emprego em cartografia de base de escala 1:10.000, e que o erro posicional encontrado está dentro da tolerância que habilita a imagem para a Classe A, seja com base no PEC como no PEC-PCD. A tabulação com toda a descrição detalhada das análises está apresentada na seção Material Suplementar.

Produto / Sensor	PEC		PEC-PCD	
	Erro	Classe A	Erro Sistemático	Classe A
Imagem T3 / Geoeye	Aprovada	Aprovada	Aprovada	Aprovada

Tabela 4 - Síntese dos resultados da análise da qualidade posicional da imagem T3 tendo como referência os pontos de controle obtidos com GNSS descritos na seção 2.1.

[10] Distorção geométrica nas imagens aéreas e orbitais para padronização da escala cartográfica. A ortogonalidade é a propriedade primária de uma carta topográfica e que a capacita de servir como instrumento referência para medidas de distância, área e volume.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

3.5. Controle de qualidade temático

A presente seção do relatório tem por objetivo apresentar as atividades desenvolvidas no tocante a avaliação da qualidade temática do resultado da classificação de imagens pelo método deep learning e com a aplicação da análise do índice Kappa.

3.5.1. Materiais e métodos do controle de qualidade temático

No desenvolvimento da parte prática foram utilizados os seguintes recursos:

- Programa de sistema de informação geográfica livre QGIS 3.14.1-Pi e aplicativo AcATaMa;

- Microsoft Excel: utilizado para a tabulação dos dados e cálculo do índice Kappa.

- Bases cartográficas: imagens digitais resultantes da classificação deep learning realizada sobre a imagem de satélite mais atual do projeto; ortofoto digital do mapeamento por drone na área mais crítica selecionada e com precisão compatível à escala 1:10.000 e recente (Figura 15).

Quanto ao método, de um modo geral, foi realizada a sobreposição das imagens do local de estudo e da mesma imagem obtida pelo drone, sendo realizada a inspeção individual ponto a ponto. A seguir foi definida a real classificação do elemento pela visualização da imagem de melhor resolução (imagem do drone), sendo assim registrada a real classificação. Após essa inspeção de laboratório e de escritório foi gerada a matriz de confusão (correlação), isso tudo no ambiente do QGIS com o emprego do aplicativo AcATaMa. Posteriormente, o arquivo gerado foi exportado para o excel e gerado ao final o índice Kappa, sendo finalmente realizada a classificação da qualidade temática e conforme descrito com detalhe nos itens a seguir.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

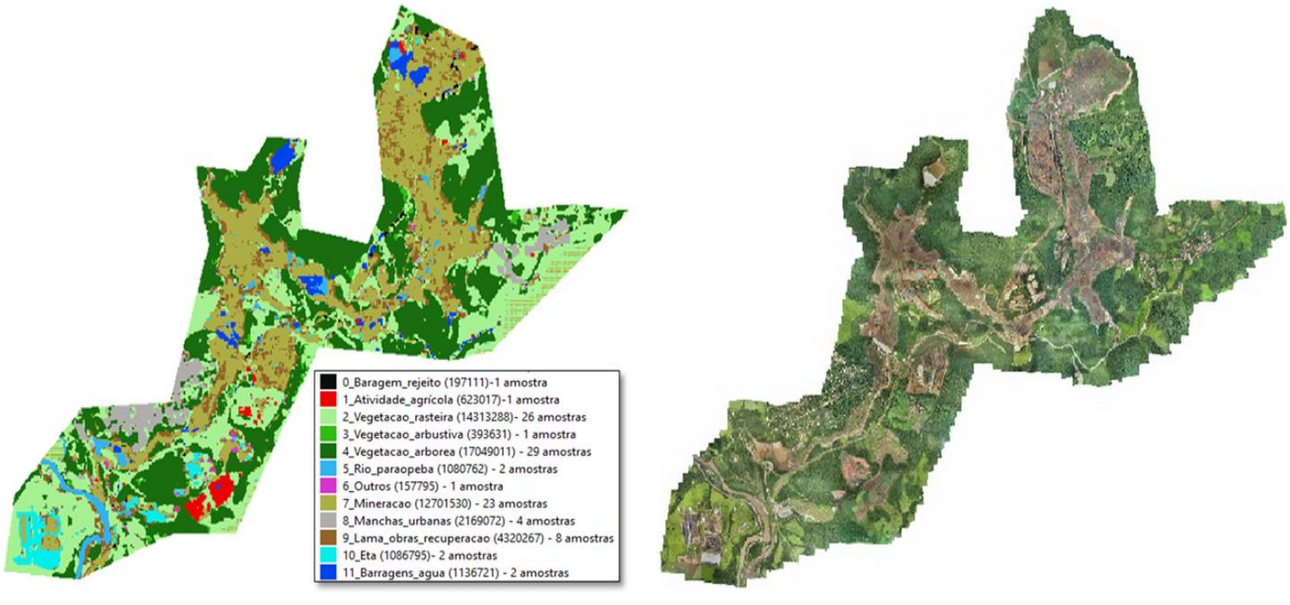


Figura 15 - Recorte da classificação realizada via qualidade temática do resultado da classificação de imagens pelo método do deep learning (esquerda) e ortofoto produzida a partir do imageamento por drone pela equipe da UFMG (direita).

3.5.2. Processamento dos dados para a qualidade temática

Como procedimento base de análise da qualidade temática foram adotados 100 pontos de amostra estratificada proporcional à área de estudo. A Tabela 5 apresenta as 12 classes de cobertura do solo presentes na área de estudo no período T3, bom como o total de elementos que foram amostrados

Classe	Tamanho da amostra (n)
0_Barragem_rejeito	1
1_Atividade_agricola	1
2_Vegetacao_rasteira	26
3_Vegetacao_arbustiva	1
4_Vegetacao_arborea	29
5_Rio_paraopeba	2
6_Outros	1
7_Mineracao	23
8_Mancha_urbana	4
9_Lama_obras_recuperacao	8
10_ETA	2
11_Barragem_agua	2
Total	100

Tabela 5 - Classes de cobertura do solo presentes em T3 e os respectivos tamanhos amostrais proporcionais à área.

Posteriormente, foi realizada a validação da classificação desses 100 pontos amostrais de modo a se analisar cada um destes pontos individualmente. Para tanto, foi utilizado o módulo

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

AcATaMa, o qual é um aplicativo complementar ao programa QGIS, ilustrados na Figura 16 (visão geral do ambiente) e Figura 17 (análise de um ponto amostral).

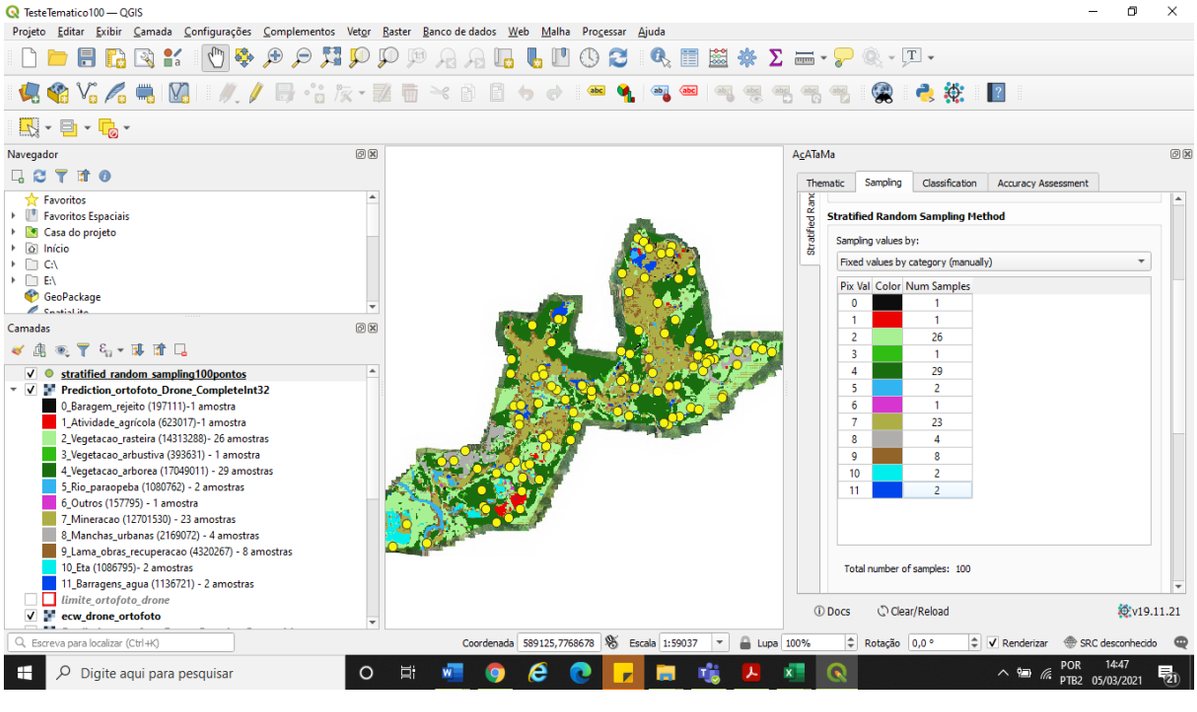


Figura 16 - Ambiente de análise de qualidade temática no módulo AcATaMa em ambiente QGIS.

Figura 17 - Exemplo de análise de um ponto amostral no processo de classificação temática.

Ao finalizar a amostragem dos 100 pontos foi gerada a matriz de confusão no ambiente do programa, onde de onde se extraem os resultados da análise. Para tanto, foi utilizado o módulo AcATaMa e exportado o arquivo para o formato MS Excel, sendo então este trabalhado e gerada a análise, conforme observado na Tabela 6.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Classes temáticas	0 (0_0_Barage	1 (1_Ativ	2 (2_Ve	3 (3_V	4 (4_Ve	5 (5_Ri	6 (6_O	7 (7_Min	8 (8_Ma	9 (9_Lam	10 (10_	11 (11_E	Total	Acurácia do Usuário
0 (0_0_Baragem_rejeito)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0000
1 (1_Atividade_agricola)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0000
2 (2_Vegetacao_rasteira)	0	0	16	2	7	0	0	0	1	0	0	0	26	0,6154
3 (3_Vegetacao_arbustiva)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0000
4 (4_Vegetacao_arborea)	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	29	1,0000
5 (5_Rio_paraopeba)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0,0000
6 (6_Outros)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0000
7 (7_Mineracao)	0	0	0	0	0	0	0	22	0	1	0	0	23	0,9565
8 (8_Manchas_urbana)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	1,0000
9 (9_Lama_obras_recuperacao)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	0	1	8	0,6250
10 (10_Eta)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0,5000
11 (11_Barragens_agua)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,5000
total	1	1	18	3	38	0	0	23	5	9	1	2	100	

Tabela 6 - Matriz de confusão resultante

Por fim, foi realizado o cálculo do índice kappa (k) por meio da formulação apresentada na equação (1), a seguir:

$$k = (Pc – Pi) / (Pc -1) \qquad (1)$$

Onde:

k = índice kappa;

Pc (2) = percentual corretamente classificado (somatória dos elementos da diagonal principal (Pci) dividido pelo tamanho da amostra (n)); Pi (3) = total classificado da classe (Pci) vezes total da amostra da classe (ni) divido pelo total amostral ao quadrado (n2):

$$Pc = \Sigma Pci/n \qquad (2)$$

$$Pi = \Sigma (Pci*ni) / n2 \qquad (3)$$

Considerando-se as equações supracitadas foram obtidos os seguintes resultados:

Pc = 0,810 e Pi = 0,220, obtendo-se o valor de k = 0,756

Desta forma, ao considerar as escalas de índice kappa que foram apresentadas e estudadas recentemente por Foody (2020), a qual considera os conceitos e as escalas de classificação do índice kappa apresentadas por Fleiss et al (1969), Lands e Kock (1977) e Monserud e Leemans (1992), sintetizados na Figura 18, tem-se:

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

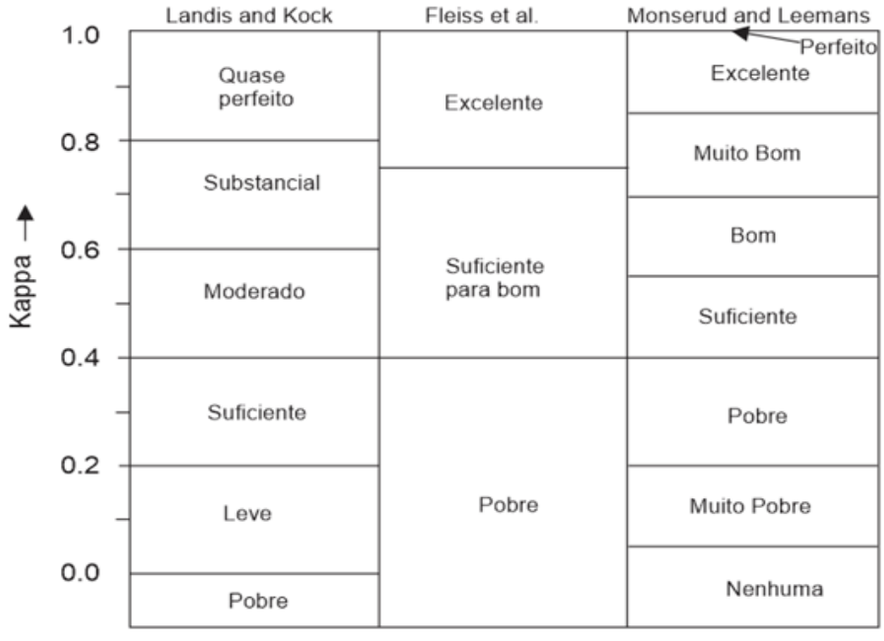


Figura 18 - Classificação do índice kappa segundo autores consagrados e abordada por Foody (2020).

Ao analisar o valor do índice kappa = 0,756 é possível afirmar que o resultado apresenta qualidade substancial segundo a escala de qualidade de Lands e Kock (1977), excelente segundo a escala de Fleiss et al (1969) e muito boa segundo a escala de Monserud e Leemans (1992). Além disso, dentro do que foi considerado nas exigências do edital, levou-se em conta a escala de qualidade de Congalton e Green (1999) apresentada na Tabela 7, segundo a qual o índice kappa = 0,756 obtido aponta para mapeamento temático de concordância muito boa, convergindo com os resultados obtidos supracitados.

Valor do Kappa	Concordância
K ≤ 0	Péssimo
0,0 < K ≤ 0,2	Ruim
0,2 < K ≤ 0,4	Razoável
0,4 < K ≤ 0,6	Bom
0,6 < K ≤ 0,8	Muito Bom
0,8 < K < 1,0	Excelente

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Tabela 7- Classificação do índice kappa segundo autores consagrados e abordada por Congalton e Green (1999).

Em suma, considerando-se o emprego da metodologia aqui aplicada conclui-se que:

- O emprego de drones e a geração de imagens de melhor resolução podem reduzir consideravelmente os trabalhos de campo e resolve o problema do acesso às áreas inacessíveis na maioria dos casos;

- No empego dessa metodologia é de fundamental importância a participação na equipe de profissionais com amplo conhecimento e experiência em termos de interpretação de imagens. Isso foi fundamental na definição da correta classificação de todos os elementos da amostra, embora a interpretação e a veracidade dos elementos do mundo real se tornem muito mais viáveis até para leigos. No entanto, deve-se considerar a generalização cartográfica e a experiência em termos de classificação de imagens no modo tradicional;

- A aplicação do método de classificação de imagens pela metodologia do deep learning se mostrou eficaz e perfeitamente exequível;

- O emprego de programas de uso aberto demonstrou nessa aplicação a sua viabilidade.

Por fim, pode-se afirmar que a metodologia atendeu as expectativas e as necessidades do projeto.

4. Mapeamento de uso e cobertura do solo

Esta seção do presente relatório expõe os resultados do mapeamento das classes de uso e d cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão e áreas adjacentes onde atualmente se encontram as estações de tratamento de água à jusante do ribeirão Casa Branca e na margem oposta do rio Paraopeba à jusante no ribeirão Ferro-Carvão. Os procedimentos iniciais realizados foram de caráter qualitativo no que tange a interpretação e identificação das classes de cobertura do solo, os quais muniram o algoritmo de classificação utilizado para analisar e

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

rotular os pixels das imagens de acordo com os padrões computados para as classes identificadas manualmente no treinamento do modelo, conforme reportado no Relatório Parcial de dez/2020, seção 4, página 13-18.

Nesta seção estão apresentados os processos de análise semântica que culminaram no mapeamento das classes de uso do solo, por sua vez dependentes da interpretação contextua das feições geográficas identificadas pelos analistas. Para a realização da fotointerpretação e vetorização das classes, foram analisadas as imagens orbitais das três datas definidas, e na análise foi constatado que nem todas as classes apresentadas na proposta do projeto e no edita se faziam presentes na área de estudo, bem como havia a presença de classes não planejadas, que levou à proposição de pequenos ajustes no escopo metodológico.

Cabe também ressaltar que devido ao longo intervalo de tempo entre a dada de aquisição da terceira imagem (abril de 2020) e o trabalho de campo (janeiro/fevereiro de 2021), muitas das informações contidas na imagem T3 estavam parcialmente desatualizadas. Assim, os trabalhos de campo, em especial as observações realizadas e o imageamento por drone foram fundamentais para a interpretação de algumas feições identificadas nas imagens e permitiu a elaboração de um mapa atualizado. Contudo, é importante frisar que algumas classes de cobertura do solo, como por exemplo, a classe “Lama” constante no tempo 2, chamado de T2 (logo após o rompimento), vem sendo trabalhado diariamente pela Vale e concomitante a isso, suas dimensões geográficas são constantemente alteradas.

Por fim, nesta seção são também apresentados os resultados do mapeamento das Áreas de Proteção Ambiental (APP) desenvolvidas com base nos dados referentes ao período que antecede o rompimento da barragem, e a representação das áreas de Reserva Legal advindas d Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos imóveis rurais da área de estudo. A quantificação das classes de cobertura e de uso do solo por período, quantificação das APPS e as respectivas tabulações dessas métricas será apresentada e analisada na seção 4 deste relatório.

4.1. Contextualização das classes

Para início dos trabalhos, foi escolhida a imagem de data mais recente (T3), o que já adiantaria a verificação para a fotointerpretação de T3. A Tabela 8 foi o ponto de partida para a seleção das classes que iriam ser analisadas para as três datas.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

TEMAS	COBERTURA DA TERRA	USO DA TERRA	ANÁLISE CONTEXTUAL
AMBIENTAL			- Áreas de Reserva Legal
			- Áreas de Preservação Permanente – APP's (topo de morro, encosta, hidrografia)
			- Métricas da paisagem
VEGETAÇÃO	- Vegetação densa	- Floresta estacional semidecidual	
	- Vegetação arbustiva	- Cerrado - Vegetação degradada	
	- Vegetação rasteira	- Campo sujo - Campos de altitude	
SOLO	- Solo exposto	- Espalhamento da lama de rejeito	
ÁGUA	- Espelho d'água	- Barragem de água (mineração) - Açudes/tanques	
INFRAESTRUTURA	- Manchas urbanas/povoado	- Manchas Urbanas/Povoado - Estrada de asfalto	
	- Imóveis/infraestrutura rural	- Unidade Rural - Vias não pavimentadas - Galpões - Áreas de Cultivo - Pastagem - Pastagem degradada - Estrada de terra - Caminho	
	- Extrativismo Mineral (cava e atividades correlatas)	- Mineração - Estrutura da barragem de Rejeitos – B1[11] - Barragem de rejeitos - Escritórios e sede social - Áreas de manutenção de equipamentos (da Vale e empresas contratadas) - Ferrovia	
INFRAESTRUTURA DE TRATAMENTO	- Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	- Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	
	- Espalhamento da lama e trabalhos de recuperação do fundo de vale[12]	- Lama - Obras de Recuperação	
	- Estação de Tratamento de Águas Fluviais – ETAF 1 e 2	- Estação de Tratamento de Águas Fluviais - ETAF	

Tabela 8- Análise das classes e cobertura e uso do solo para a bacia do córrego Ferro-Carvão.

[11] Em T1, representada antes do rompimento. Em T2 e T3, representada somente o que restou da estrutura original.

[12] Apesar de ser colocado aqui como Infraestrutura de tratamento, pode também ser tratado como tema Solo.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Os temas aqui tratados como “Ambientais”, não estão inseridos nem como classes de cobertura ou uso da terra, pois são classes que demandam algum trabalho de processamento das imagen do MDT para serem confeccionadas. Estes trabalhos seguiram metodologias já consagradas e seguem parâmetros estabelecidos pela Lei 12.651/2012 (Art. 61-A) que estabelece que nas APPs é autorizado a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008

4.2. Vetorização das feições

O processo de identificação das classes e vetorização das feições iniciou pela imagem T3, no intuito de compatibilizar a base de dados para o levantamento da verdade de campo. Cabe aqui ressaltar que devido à natureza dinâmica da cobertura e do uso do solo (premissa principal que justifica a necessidade do presente subprojeto), e do processo de fotointerpretação, à medida que o trabalho se desenvolve, novas classes puderam ser incorporadas ao rol de classes previamente planejadas, ao passo que outras classes tiveram que ser agregadas. Este fato ocorre pois, muitas áreas que seriam importantes para a análise do espaço, podem desaparecer dentro do contexto da escala final do trabalho. A imagem T3 foi a escolhida para a ida ao campo, pois era a que apresentava uma realidade mais próxima do que iria se encontrar. Esta temporalidade acompanha o raciocínio deste relatório, onde após a análise de T3, segue-se para T2 e posteriormente para T1, antes do rompimento da barragem de rejeitos de B1, pertencente à companhia Vale.

Desta forma, iniciou-se o processo de vetorização das classes temáticas para T3. Nesta classificação visual foram utilizados os preceitos de leitura e fotointerpretação já clássicos na literatura e citados por SOARES FILHO (2000) e FLORENZANO (2011). É importante ressaltar que a composição colorida das imagens explorou combinações reais (RBG) e falsa-cor combinando a banda infravermelho próximo para facilitar a interpretação da vegetação e corpos d’água. As feições geográficas foram definidas visualmente através de suas características quanto a:

- Tonalidade/Cor: tons de cinza e facilidade de discriminar as cores presentes na imagem;
- Textura: impressão de rugosidade da superfície;
- Tamanho: relacionado com a escala. Aqui, optou-se por agregar algumas classes de modo que elas possam ter relevância na escala final do trabalho;

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

- Forma: define a natureza dos objetos, se são naturais ou antrópicos;
- Sombra: pode ajudar ou mascarar feições. No caso, em muitas áreas pôde-se perceber a altura dos objetos pelas sombras deles e distingui-los de outros;
- Padrão: extremamente importante para a identificação de determinadas classes, tais como áreas urbanas, com padrões retilíneos cruzados (como num tabuleiro de xadrez) ou mesmo áreas agrícolas;
- Localização: leva em consideração onde o objeto está localizado. Sua posição topográfica ou região.
- Contexto: utilizado na agregação de feições que sozinhos, não fariam sentido na interpretação, como foi o caso da classe “Unidade Rural” ou mesmo para a junção de classes para o mapeamento de cobertura da terra.

Estes mesmos preceitos foram utilizados para as imagens de T2 e T1, tentando uniformizar a interpretação/vetorização destas classes. É importante ressaltar que na chave de interpretação[13] utilizada (apresentada na sação Material Suplementar), o termo “Cobertura” é utilizado como sinônimo de elementos do meio físico, infraestrutura rural, urbana, extrativismo mineral, etc. Já a coluna “Feição” é tida como as feições não lineares que foram interpretadas, seguidas de uma coluna com as cores (RGB) utilizadas e sugeridas para este mapeamento. Na coluna seguinte, segue-se um ou mais exemplos do que foi visualizado na imagem como esta feição e, na última coluna, uma descrição sobre cada uma destas feições em termos de forma coloração na imagem, sombra, tonalidade, textura, contexto, etc. Já para o mapeamento da “Cobertura e Uso do Solo”, a chave de interpretação contém colunas similares, porém apresentando na tabela a junção de algumas classes dentre as que foram descritas no Edital da Chamada 02.

Para garantir a identificação das feições e a qualidade e suas características geométricas para uma cartografia em escala 1:10.000, fixou-se a escala de visualização entre 1:2.500 (1mm no mapa = 2,5m no terreno) e 1:5.000 (1mm no mapa = 5m no terreno). Essa estratégia permitiu um grande detalhamento dos limites das classes de uso criadas, bem como dos ajustes nas shapes de fronteira para depois readequá-las à escala de 1:10.000 (1mm no mapa = 10m no

[13] O termo chave de interpretação corresponde a uma bade de dados que contém elementos poara descrever a interpretação da classe de cobertura /uso do solo considerada.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

terreno), limpando ou agrupando-se feições muito pequenas que não teriam importância cartográfica para esta escala, como pode ser observado na Figura 19.

Em geoprocessamento, toda feição mapeada pelo processo de vetorização em plataformas como ArcGIS ou QGIS, sejam eles pontos, linhas ou polígonos fechados (aqui correspondente classes temáticas) possui uma tabela de atributos a ele associada, onde pode-se formatar características tais como perímetro, área, posição, ou qualquer outro atributo categórico ou quantitativo. As informações consultadas dessa tabela são utilizadas para cálculos e análises diversos, como por exemplo as áreas de intersecção ou deduções entre diferentes feições ou entre mapas de diferentes períodos, ou as métricas de paisagem.

A finalização do trabalho com T3, se deu através de ajuste das linhas e nós dos polígonos, de modo a que não se deixasse espaços vazios entre as classes ou outras inconsistências geométricas (espaços entre as shapes digitalizadas), o que poderia prejudicar a aferição das métricas das paisagens.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

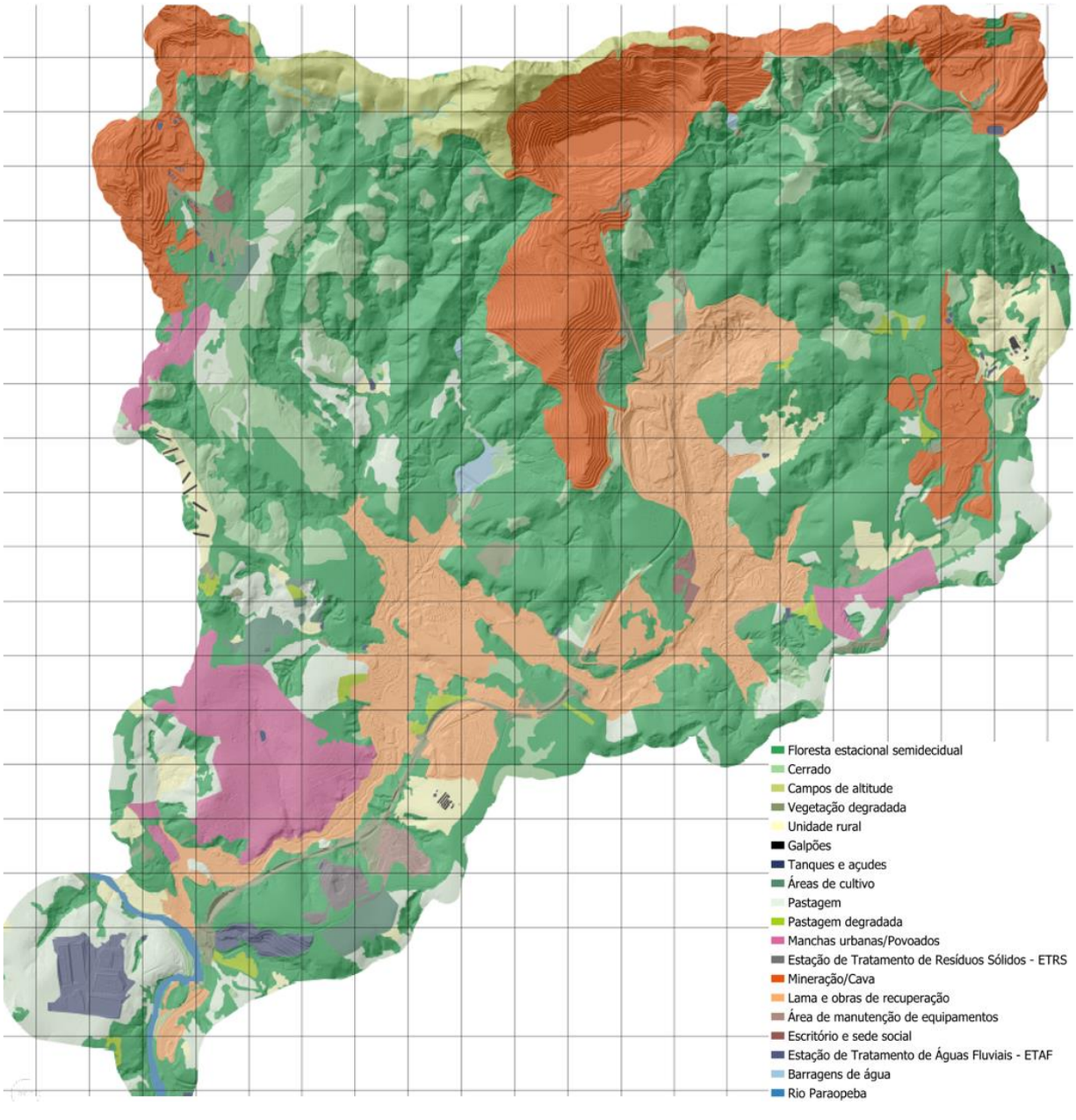


Figura 19- Ilustração de base do mapa de uso e ocupação do solo para T3 – data mais recente.

Após este passo, as imagens correspondentes aos períodos T2 e T1 foram também interpretadas e vetorizadas da mesma maneira e utilizando os mesmos padrões seguidos para a identificação de classes de uso da terra. Esclarece-se aqui que houve alterações em algumas classes principalmente nas áreas de fundo de vale onde se deu o derramamento da lama devido ao rompimento da barragem B1 da companhia Vale, como pode ser observado na Figura 20. Cabe ressaltar que os mapas apresentados nesta seção do relatório são meras ilustrações dos trabalho realizados, e que os mapas finais estão apresentados na seção Materials Suplementares.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

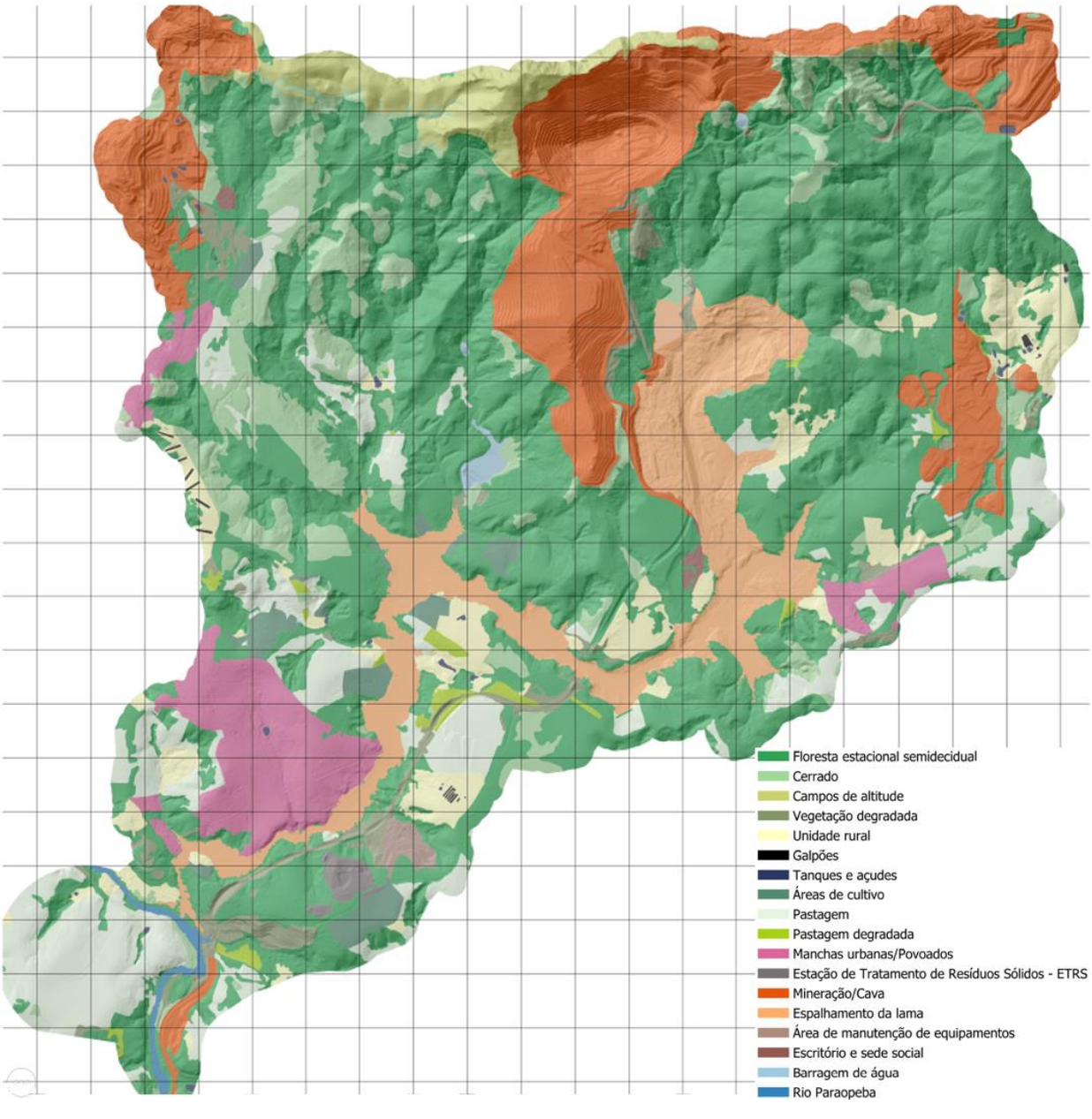


Figura 20 - Ilustração de base do mapa de uso e ocupação do solo para T2 (29/01/2019).

Quando se compara a interpretação de T2 e T3, fica claro que a classe “Lama”, contida em T2 ocupa uma área menor que a classe “Lama + Obras de Recuperação” contida em T3. Dado o significativo intervalo de tempo entre ambas imagens, e as observações levantadas em campo pela equipe, pode-se notar que muitas das áreas adjacentes à várzea do ribeirão Córrego do Feijão passaram a servir como depósito de rejeito de lama, fruto de um processo delicado composto pela remoção da lama espalhada, deposição da mesma de forma organizada em área até então não impactadas, seguida da vistoria pelos bombeiros do material depositado na expectativa de detectar vítimas da tragédia. Como conferido nos trabalhos de campo

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

supracitados, a companhia Vale adquiriu vários imóveis rurais, urbanos, pousadas, etc. que estavam próximas ao derramamento de lama (T2) e muitos deles foram utilizados para ajudar nas obras de recuperação do fundo do vale do ribeirão Ferro-Carvão, como pode ser observado na Figura 21

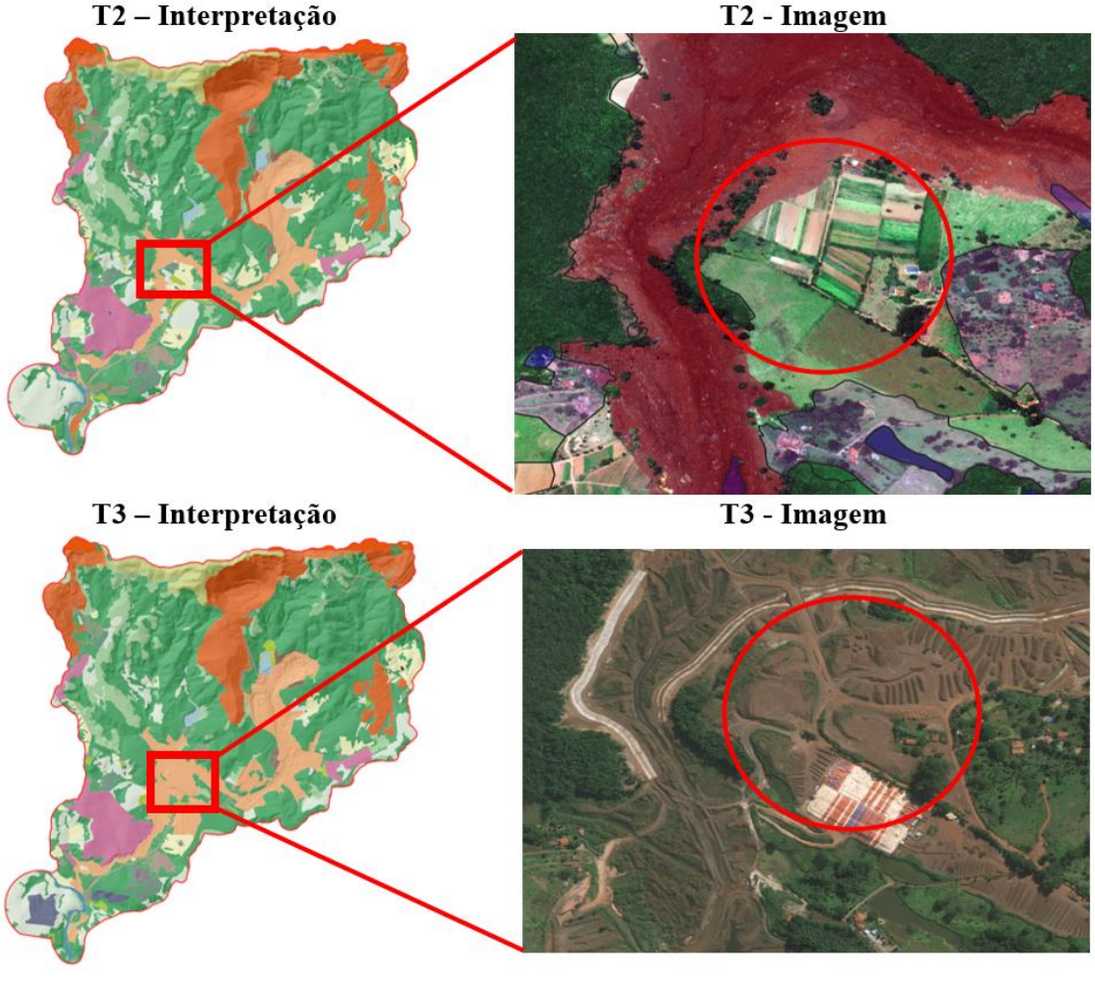


Figura 21- Áreas não atingidas pelo fluxo de lama decorrente do rompimento da barragem B1 e que passaram a ervir de área de depósito para dar suporte ao processo de vistoria da lama de rejeito e de recuperação do fundo de vale do córrego Ferro-Carvão.

Um outro aspecto que fica claro em T2 é que a lama praticamente dividiu a bacia em duas porções. Uma delas, acima da margem direita do córrego Ferro-Carvão, onde fica a maior parte da mancha de vegetação (arbórea e arbustiva), a maior mancha urbana e as minerações e, a margem esquerda, onde além do distrito de Ferro-Carvão e grande parte dos cultivos, estradas de acesso. Este “corte” na bacia realizado pelo derramamento de lama, além de prejudicar grande parte das atividades agrícolas na bacia, também ocasionou uma necessidade de alteraçã em muitas das vias de acesso no interior dela, fato esse que será tratado mais à frente.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

A Figura 22 retrata um exemplo do que ocorreu com no fundo do vale em áreas próximas ao derramamento da lama antes e depois do início da vistoria da lama de rejeito e das obras de recuperação. Observa-se na área a existência de sítios, unidades rurais e pousadas, que foram transformadas em “sedes” administrativas, parques de estacionamento, restaurantes, etc. O campo de futebol representado na figura no período T2 pertencente a uma pousada foi pavimentado e atualmente ali se encontra a base operacional dos bombeiros que fazem as buscas pelas vítimas da tragédia. Outras instalações como estacionamentos, banheiros, containers refrigerados (visto em trabalho de campo), etc. ocupam atualmente a área.

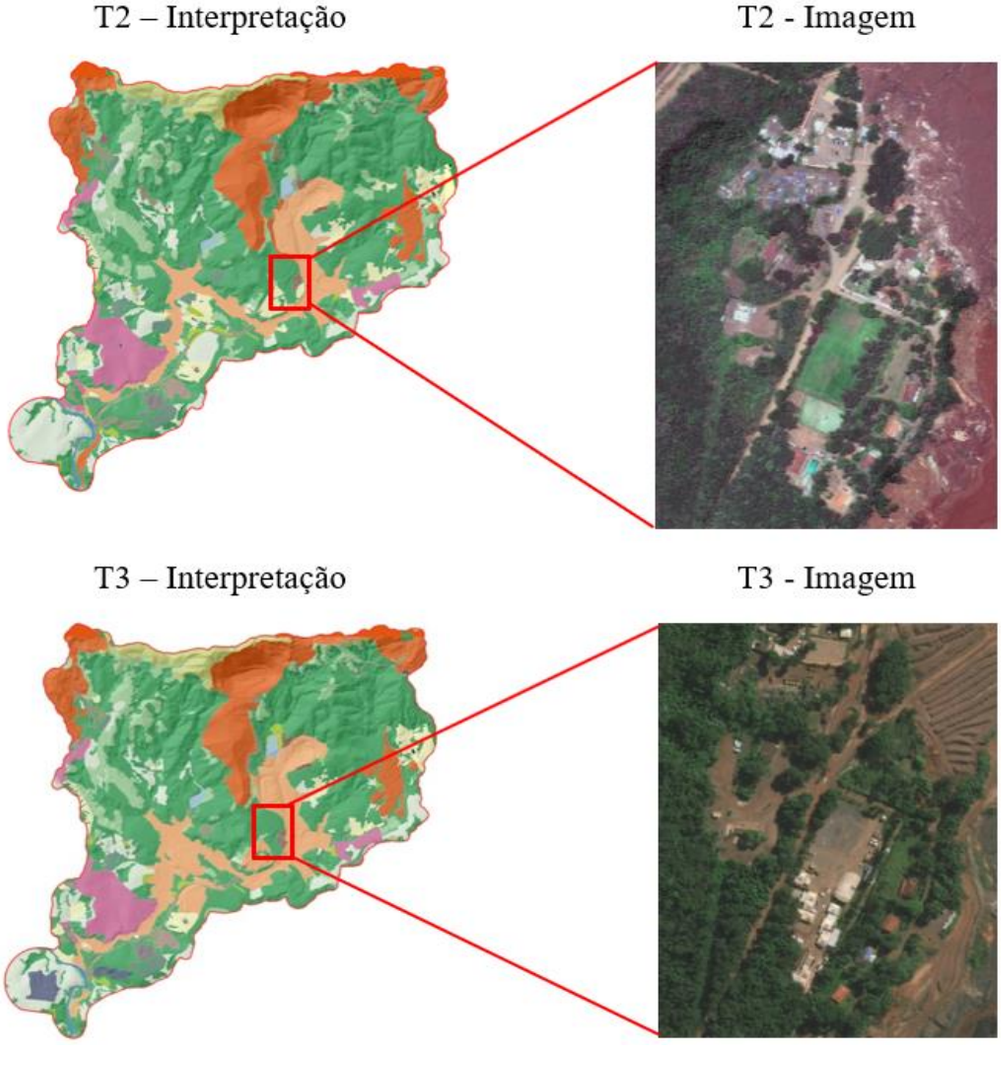


Figura 22 - Áreas não atingidas pelo fluxo de lama decorrente do rompimento da barragem B1 e que depois foram adquiridas pela Vale para dar suporte ao processo de recuperação do fundo de vale do córrego Ferro-Carvão. Para este caso, uma antiga área de pousada e de unidade rural foi transformada em estacionamento, banheiros, containers refrigerados (visto em trabalho de campo).

A interpretação e vetorização das classes para T1 (15 e 23/12/2018) seguiu os mesmos parâmetros técnicos seguidos para as outras áreas. Nesta imagem pode-se observar a bacia d

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

córrego Ferro-Carvão em um período anterior ao rompimento da barragem B1 da companhia Vale (Figura 23). Cabe ressaltar que os mapas de uso e ocupação do solo apresentados nesta seção do relatório, embora munidos da simbologia cartográfica apresentada nos produtos finais, são meras ilustrações dos trabalhos realizados. Os respectivos mapas inseridos no contexto da folha cartográfica estão também apresentados na Seção 9 – Material Suplementar.

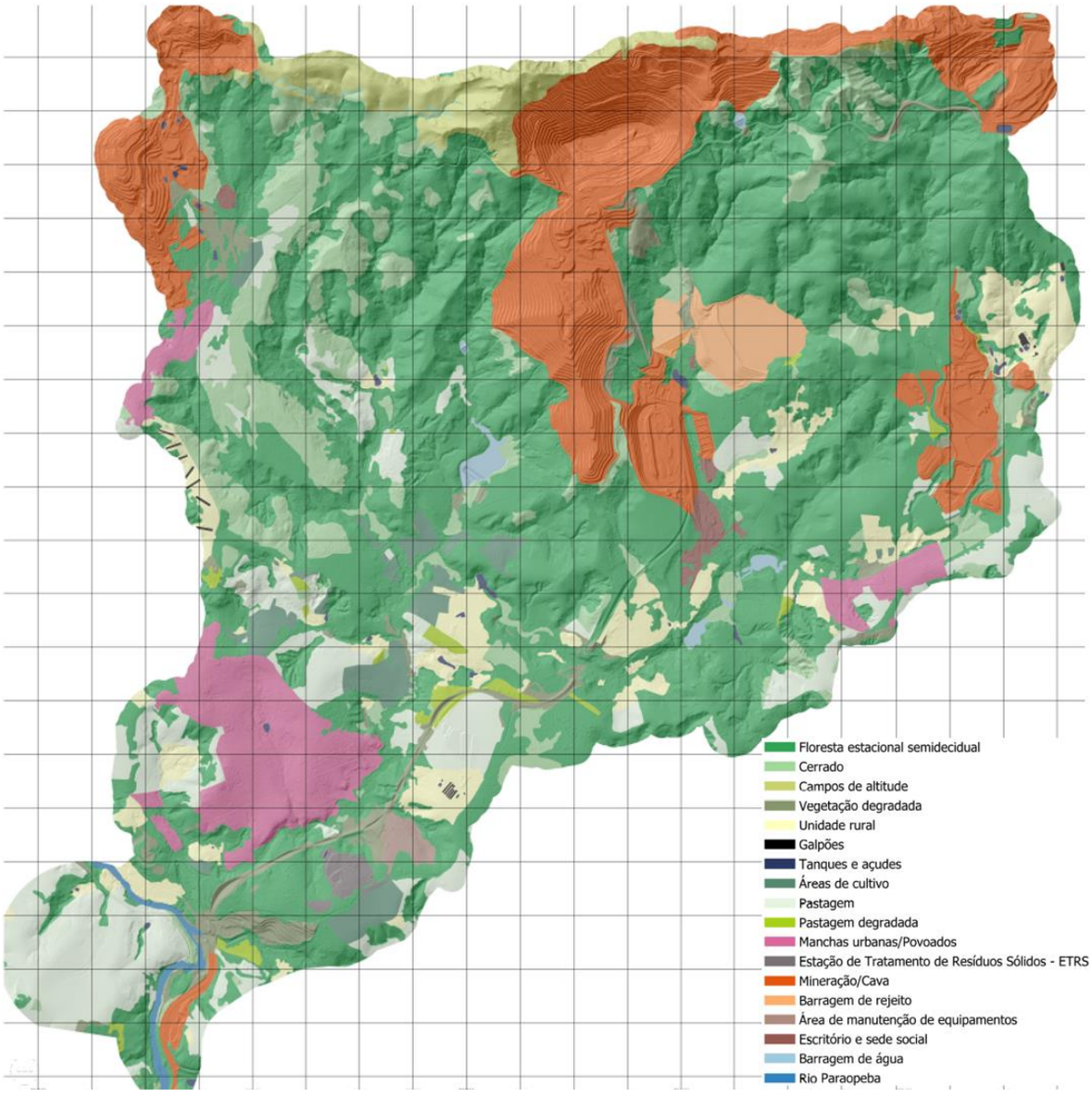


Figura 23- Uso e ocupação do solo para T1 (15 e 23/12/2018).

Na imagem referente ao período T1 pode-se observar a presença das estruturas que foram destruídas total ou parcialmente pela lama decorrente do rompimento da barragem B1. Talvez as mais significantes delas e que talvez tenha gerado mais vítimas tenham sido a destruição

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

completa dos escritórios e sede social da companhia Vale e que se encontravam a jusante da barragem B1, uma grande pousada limítrofe a este complexo e uma pousada localizada à jusante do ribeirão Ferro-Carvão, como mostrado em perspectiva na Figura 24 (acima), enquanto a perspectiva abaixo ilustra estas mesmas três áreas no período T2, onde pode se perceber a destruição da infraestrutura de escritórios e sede social da Vale e da pousada.

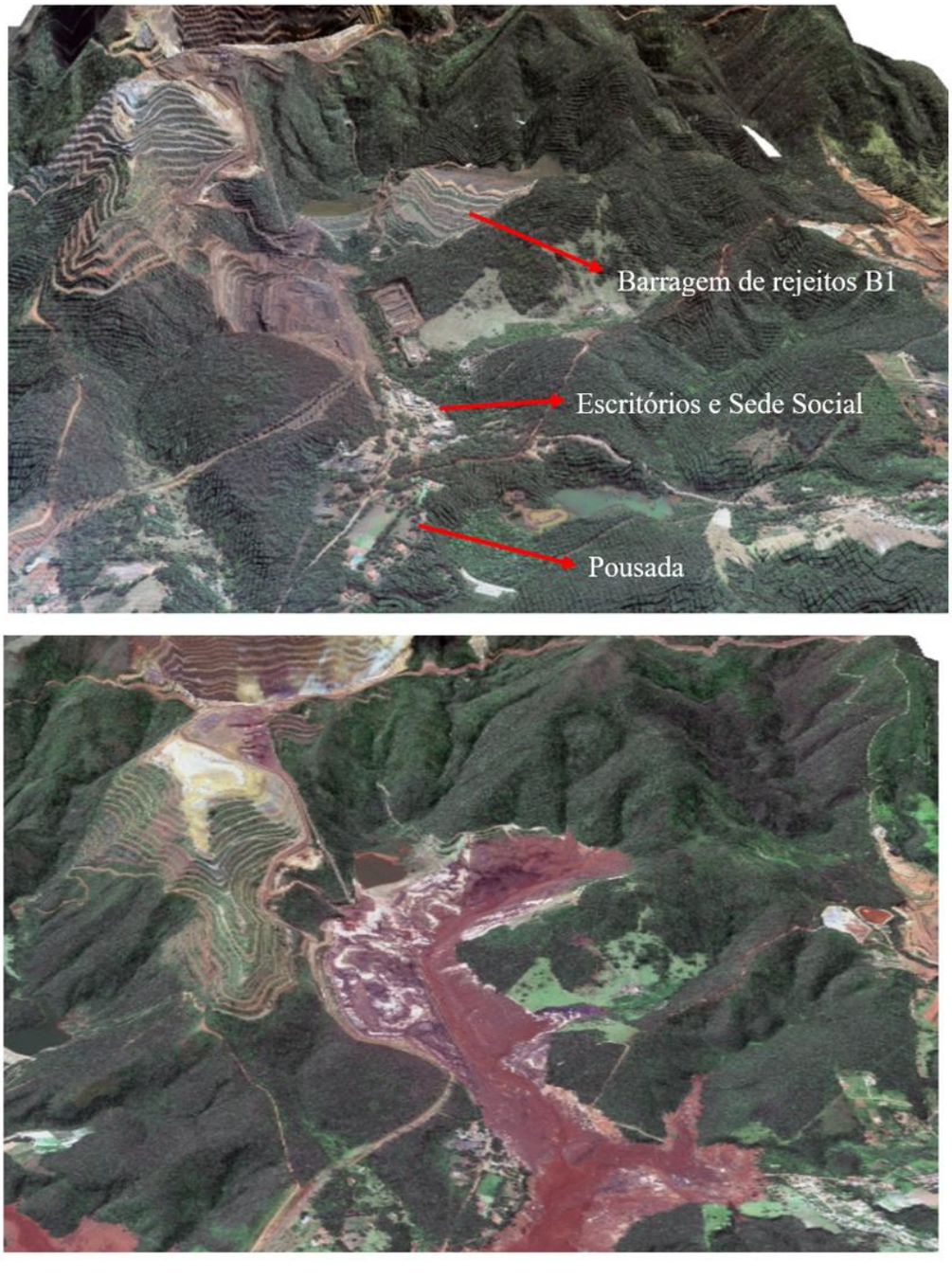


Figura 24- Perspectiva tridimensional da imagem Pleiades referente ao período T1 indicando a localização da barragem B1, da infraestrutura dos escritórios e sede social da companhia Vale e de uma pousada próxima. Ilustração com exagero vertical de 3x (acima) e perspectiva tridimensional da mesma área ilustada pela imagem GeoEye de 29/01/2019 (T2) três dias apóslogo após o rompimento da barragem de rejeitos B1 (abaixo).

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

A Figura 25 mostra o impacto apresentado pelo rompimento de B1 sobre um empreendimento agrícola (horticultura), afetando de forma direta quase 50% da área, esta localizada mais a jusante da área representada na figura anterior.

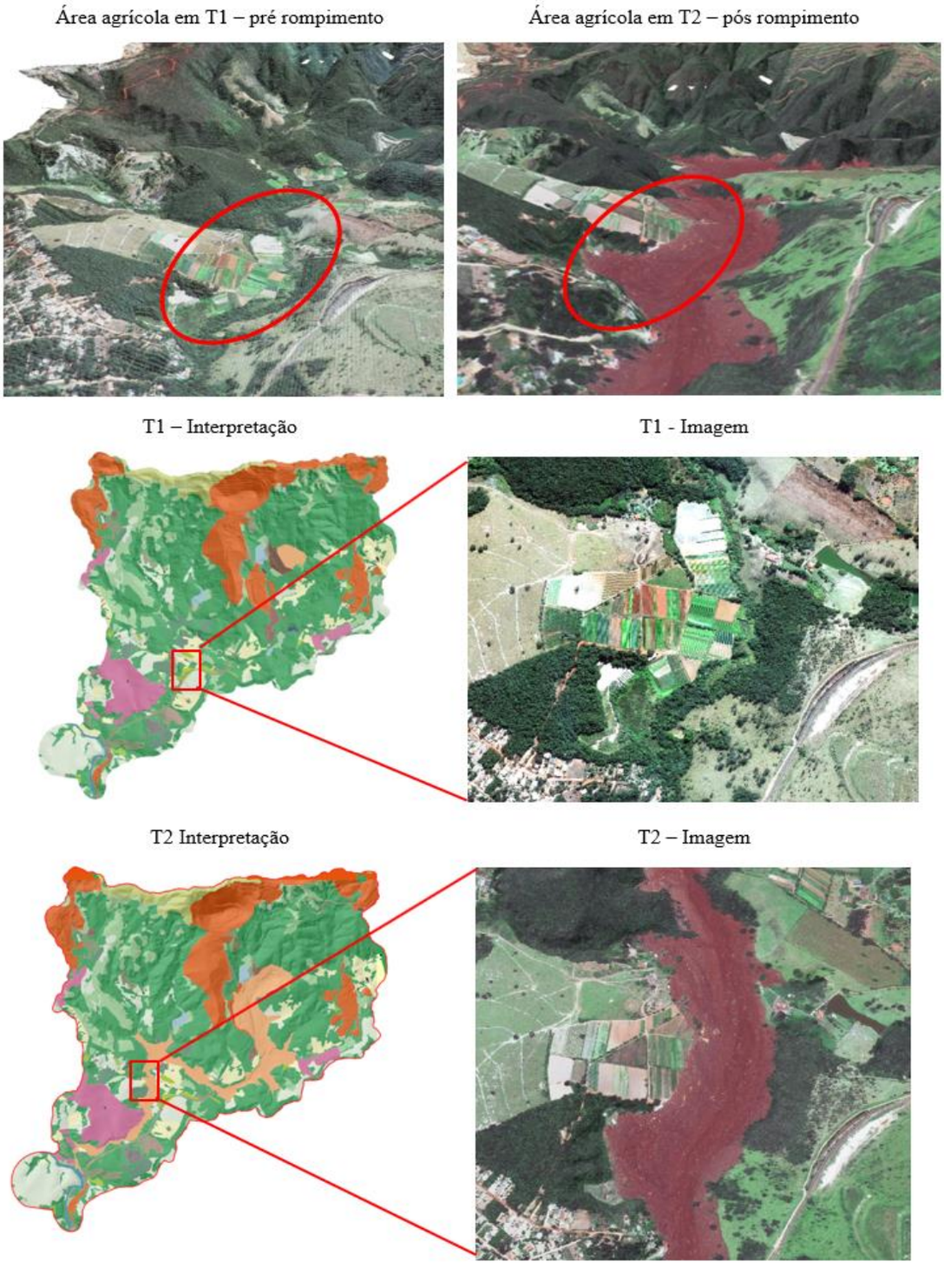


Figura 25- Na parte superior as representações em perspectiva da área agrícola afetada antes e após o rompimento da barragem B1. No centro, a área agrícola em detalhe e sua representação no mapa de uso e cobertura do solo no período T1, e abaixo a área parcialmente tomada pela lama e sua representação no mapa no período T2.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Vale aqui ressaltar que as atividades econômicas (lavouras, pousadas, etc.) que estavam localizadas próximo ao fundo do vale foram afetadas direta ou indiretamente pelo fluxo de lama ou pelo processo de recuperação do fundo do vale. De forma geral, as áreas mais afetadas pelo rompimento foram as porções referentes às atividades agropastoris, sendo quase inexistentes nos dias atuais. O mapeamento da cobertura e uso do solo relatado nesta seção subsidiou a tabulação e métricas como por exemplo a área ocupada por cada classe em cada um dos três períodos, o que permitiu calcular as transições entre as classes e quantificar suas respectivas perdas e ganhos (Seção 5 - Tabulações e Análises).

4.3. Infraestrutura viária

A extração da infraestrutura viária foi realizada por digitalização manual, utilizando uma escala de visualização variando entre 1:2.500 e 1:5.000 de forma a garantir qualidade e representatividade das feições para a cartografia 1:10.000. O procedimento foi realizado na íntegra na plataforma QGIS.

Durante os três períodos em análise houve também significativa alteração da rede viária dentro da sub-bacia. Antes do rompimento da barragem B1, pode-se observar pela Figura 26 que o vale era relativamente bem servido por infraestrutura viária, incluindo trechos de asfalto, estradas sem pavimento, caminhos e uma ferrovia que servia para o carregamento de minério extraído da mina.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

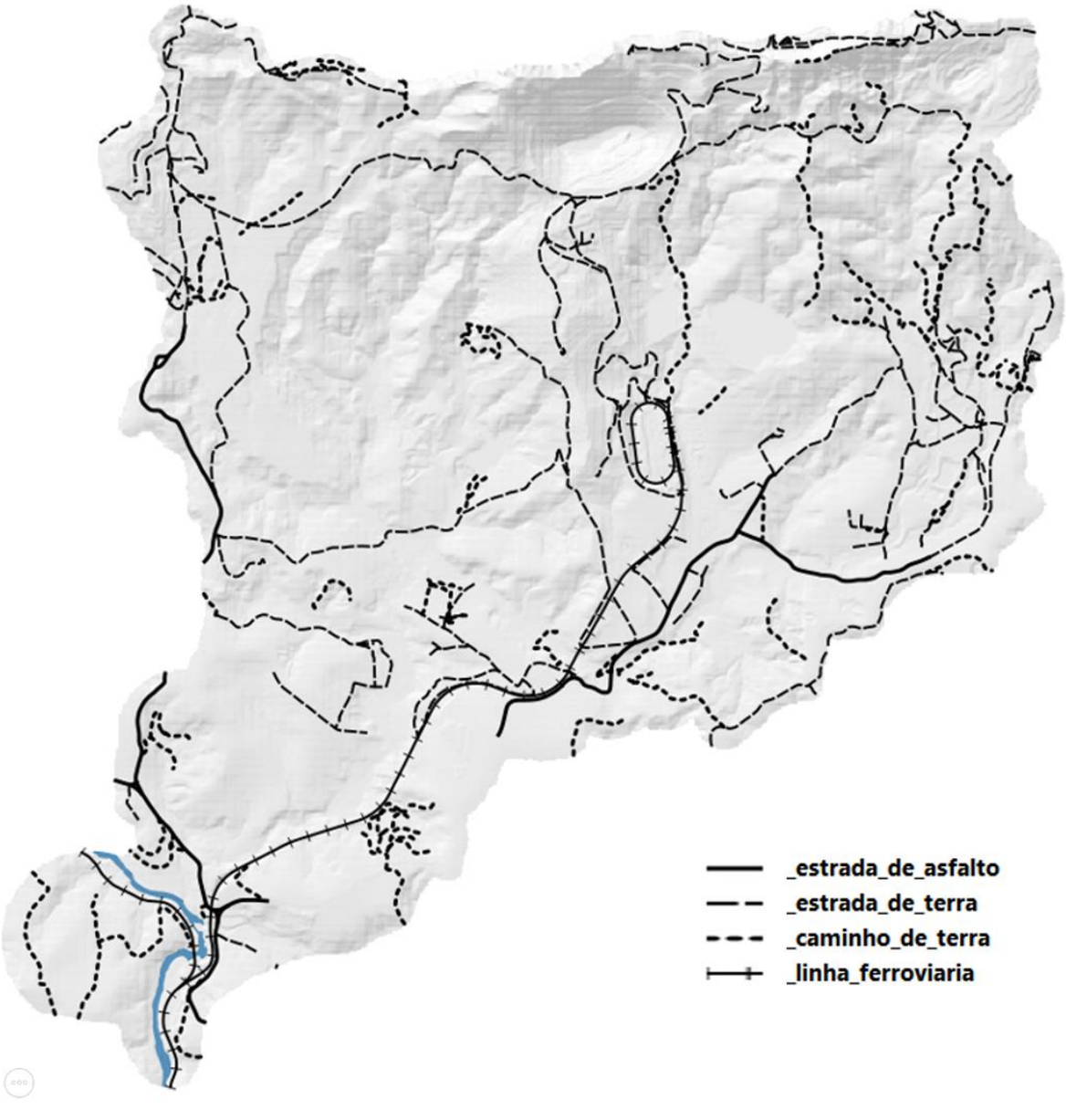


Figura 26- Representação da infraestrutura viária na bacia do córrego Ferro-Carvão antes do rompimento de B1, ilustrada com sombreamento do modelo digital de terreno.

Entretanto, com o rompimento de B1, houve o comprometimento de parte dessa infraestrutura, interrompendo o fluxo de veículos e trens pelo fluxo de lama e isolando algumas localidades e, em um primeiro momento dificultando inclusive medidas de apoio e resgate, como pode ser observado na Figura 27. Nesta figura, as áreas circundadas em vermelho mostram as principais interrupções da infraestrutura. Nelas se destacam toda a destruição da área de descarregamento da mineradora (A), em B a destruição da ponte da ferrovia que passava sobre o fundo de vale, em C, parte da infraestrutura das estradas de terra, bem como de parte dos cultivos agrícolas existentes e em D, as estradas de asfalto que faziam a ligação com a comunidade de Córrego

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

do Feijão. Na sequência, a Figura 28 ilustra estas 4 áreas em perspectiva tridimensional para melhor visualização.

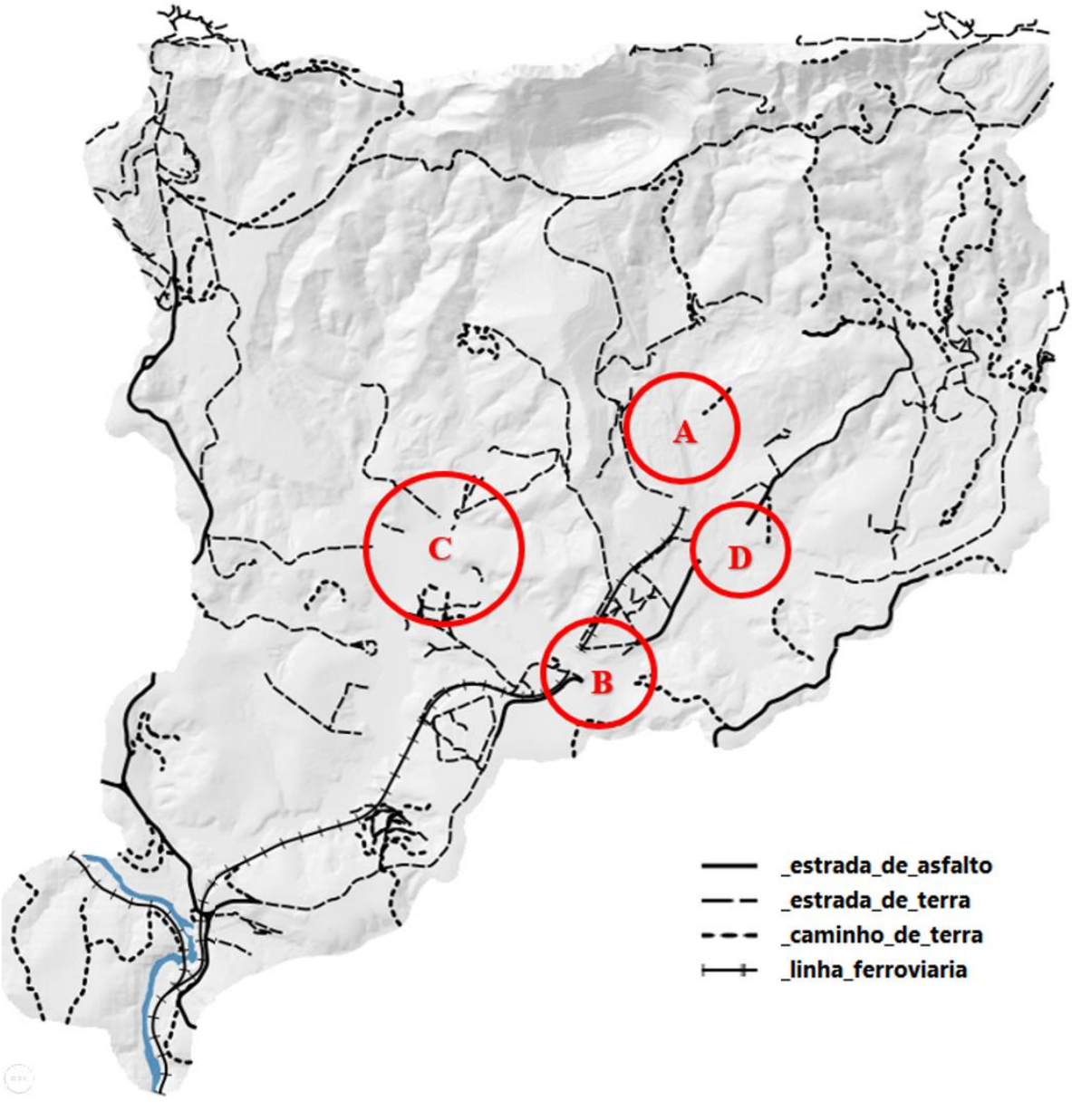


Figura 27- Representação da infraestrutura viária na bacia do córrego Ferro-Carvão interrompida pela ação da lama de rejeitos após o rompimento da barragem B1, ilustrada com sombreamento do modelo digital de terreno.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

T1 – situação em 15 de dezembro de 2018

T2 – situação em 29 de janeiro de 2019

Figura 28- Representação em perspectiva das áreas onde ocorreram as principais interrupções da infraestrutura indicadas na Figura 27.

Por sua vez, na imagem referente ao período T3 é possível notar uma grande mobilização para reconfigurar a infraestrutura viária na sub-bacia (Figura 29). Neste sentido, foram criados elos alternativos aos segmentos interrompidos, bem como foram construídos novos segmentos para viabilizar a operacionalização logística dentro e nas proximidades da área afetada. Uma das principais alterações foi a conversão do segmento de ferrovia que levava à área de carregamento

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

da mina em uma larga estrada de terra, amplamente utilizada para circulação de veículos de pequeno e grande porte na região.

Contudo, há de se compreender que essas transformações na infraestrutura viária ainda estão em andamento, como observado nos trabalhos de campo. Essas transformações incluem o alargamento de estradas de terra e em alguns casos o asfaltamento, como é o caso da estrad que leva à vila Córrego do Feijão, que também onde hoje se encontra a portaria principal da área da mina.

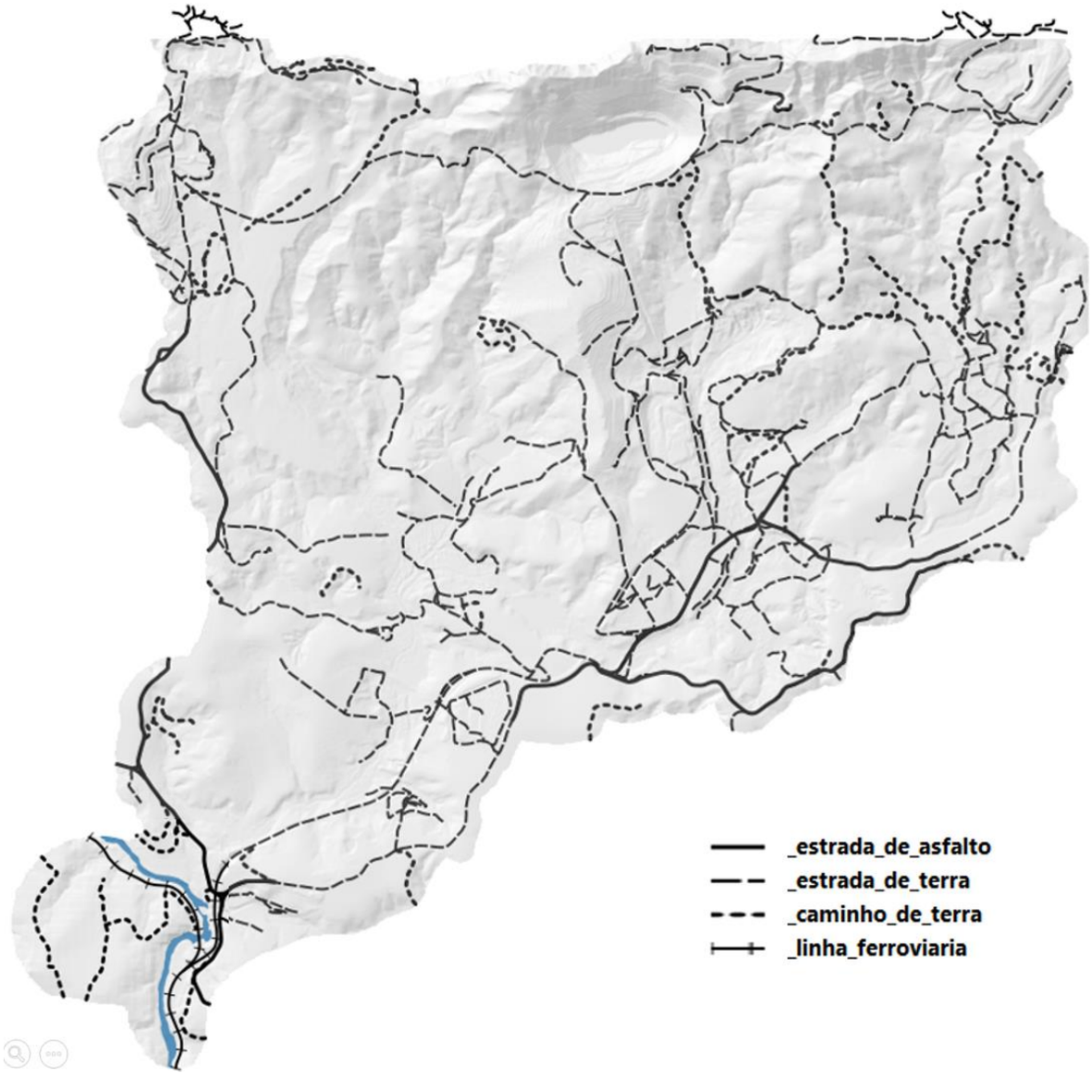


Figura 29 - Reestruturação da malha viária para a bacia do córrego Ferro-Carvão em T3

.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

4.4. Confecção do mapa de cobertura do solo

Se comparado ao mapeamento do uso do solo, o mapeamento de sua cobertura exige uma interpretação generalizada e menos semântica dos elementos presentes na imagem, seu relacionamento, status ou função no contexto geográfico. A cobertura do solo trata de uma tradução simples que melhor represente a classe predominante sobre a porção da superfície terrestre na qual a feição geográfica em análise está inserida. Apesar de teoricamente mais simples, a classificação de cobertura do solo exige um esforço adicional à interpretação humana pois requer a sintetização e agregação das informações. Todavia, para a automatização do processo por meio de algoritmos computacionais, seu emprego passa a ser potencializado pela simples interpretação direta das respostas espectrais dos pixels da imagem sem a necessidade de adicionar descritores semânticos para dar significado às classes.

Para atender o propósito da criação do banco de dados para alimentação do classificador supervisionado por deep learning, foi necessária a adaptação dos mapas de uso e ocupação do solo para as três datas em estudo. Neste processo, algumas das categorias anteriormente classificadas e vetorizadas como uso do solo foram agrupadas para este treinamento. Assim, como pode ser visto na Figura 30, para a cobertura de elemento do meio físico, das 21 classes de uso e ocupação do solo foram agrupadas em 10 classes de cobertura descritas na Tabela 9.

Tema	Cobertura da Terra	Classes de Uso incorporadas
Elemento do meio físico	Vegetação arbórea	- Floresta Estacional Semidecidual
	Vegetação arbustiva	- Cerrado
	Vegetação rasteira	- Campos de Altitude - Pastagem - Pastagem degradada - Unidade rural (incluindo os galpões)
	Rio	- Rio Paraopeba
	Lâmina de água	- Açudes - Barragens de água
Elemento do meio rural	Atividade agrícola	- Atividade agrícola
Solo	Espalhamento da lama	- Espalhamento da lama - Mineração
	Mineração	- Mineração

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

Tema	Cobertura da Terra	Classes de Uso incorporadas
Extrativismo Mineral	Mineração	- Barragem de rejeito[14]
Infraestrutura Urbana	Urbano	- Vila/cidade
Infraestrutura de Tratamento	ETAF	- ETAF
Outros	Diversos	- Escritório/Sede social - Galpões

Tabela 9 - Agrupamento das classes de uso e cobertura da terra em classes de cobertura para o treinamento do classificador Deep Learning.

Desta forma, estas classes foram transformadas em mapas para os três tempos analisados (T1 T2 e T3) como pode ser observado nas Figura 29.

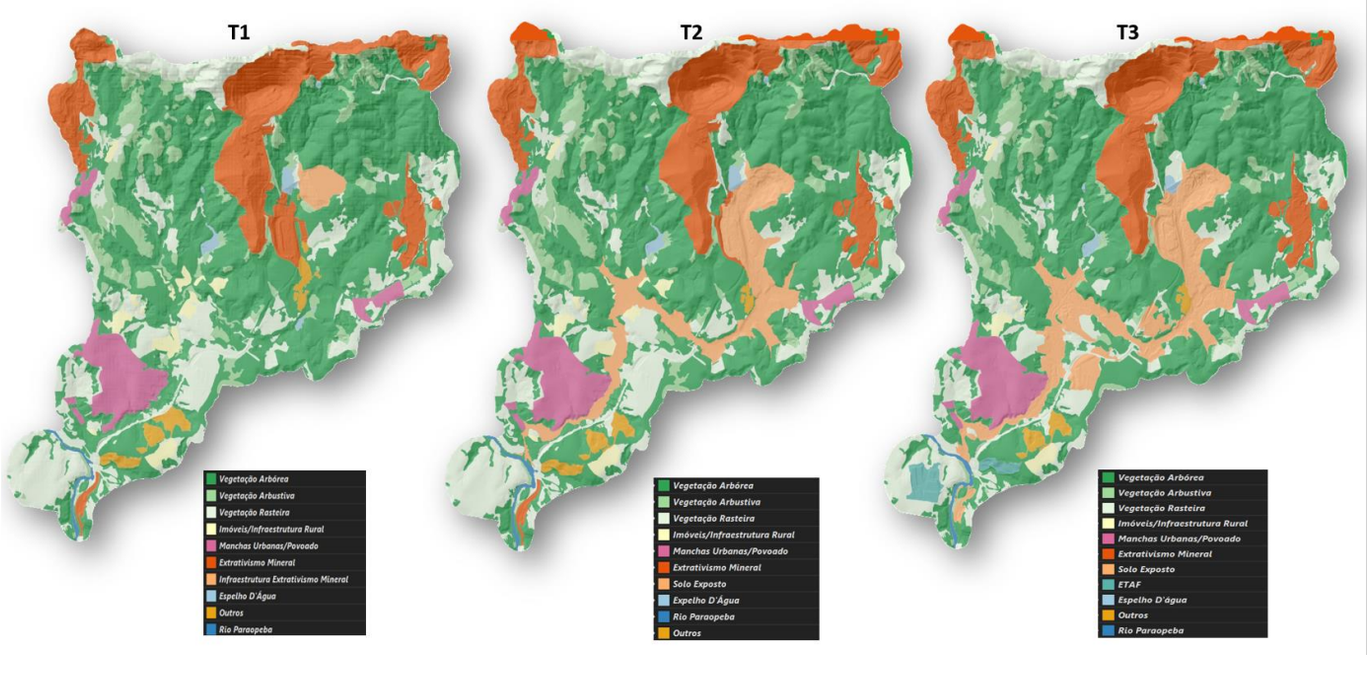


Figura 30 - Mapas de cobertura do solo com agrupamento de classes para os períodos T1 - mosaico de passagens de 15 e 23 de dezembro de 2018 (esquerda), T2 – janeiro de 2019 logo após o rompimento da barragem B1 (centro) e T3 – abril de 2020, um ano após o início do processo de recuperação da área atingida pela lama.

4.5. Áreas de proteção permanente (APP)

Conforme exposto no documento de proposta, foram consideradas as APPs de topo de morro (ocorrência nas cumeadas e proximidades, com objetivo de preservar a vegetação nativa e a

[14] Classe existente somente para T1.

Número do documento: 21110916164334600006831585409
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164334600006831585409
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:43

captação/retenção de água), APPs de encosta (ocorrência em áreas de declividade acentuada com a finalidade de proteger as encostas), APPs de hidrografia que incluem a faixas variáveis marginais aos cursos d'água de acordo com a largura do mesmo e APPs de nascentes para preservar de forma natural o ambiente sensível do entorno das nascentes, conforme Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012). Os conceitos definidores das APPs podem ser acessados no portal sobre adequação ambiental da paisagem rural da EMBRAPA.

4.5.1. **APP de cursos d'água e APP de nascente**

Exceto o rio Paraopeba, todos os demais cursos d'água presentes na área de estudo apresentam largura inferior a 10m, o que caracteriza suas respectivas APPs como um polígono envolvente com 30m para cada lado, contado a partir do eixo central do rio. Por sua vez, o rio Paraopeba apresenta características distintas dos demais cursos d'água, e a largura entre suas margens ao longo da área de estudo apresenta variação entre 35 e 84 metros conforme medidas extraídas da imagem orbital no período T1. Essa variação de largura faz com que a APP do rio Paraopeba varie entre 50m e 100m medidos a partir das margens (Figura 31).

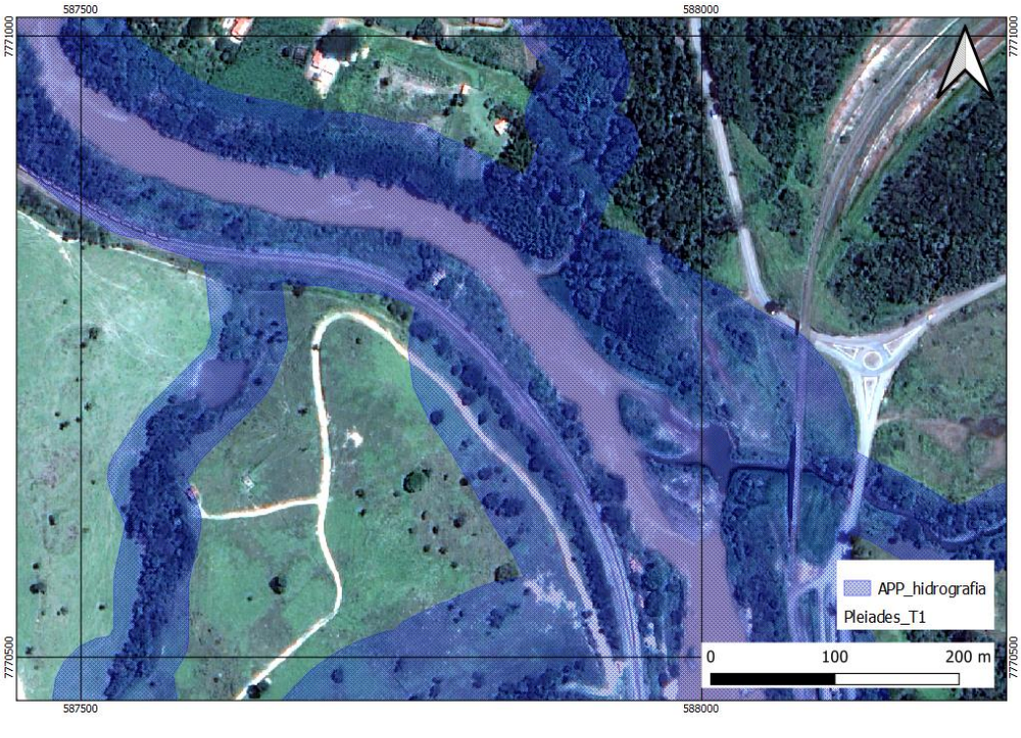


Figura 31- Ilustração de Áreas de Proteção do rio Paraopeba com largura variando entre 50 e 100m.

Para os demais cursos d'água foi calculado o buffer de 30m conforme ilustra a Figura 32. De forma análoga aos cursos d'água, foram um polígono com raio de 50m foi criado a partir de

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

cada nascente (Figura 33). As nascentes foram estimadas através da análise conjunta das imagens orbitais e do modelo digital de terreno proveniente do perfilamento laser, este já fornecido com filtragem dos ruídos provenientes da superfície das copas de árvore (filtragem lidar pelo último sinal de retorno). Foram também utilizadas cartas pretéritas produzidas por estereoscopia em escala 1:25.000 e imagens do drone para apoiar a identificação das nascentes nas áreas inacessíveis da bacia.

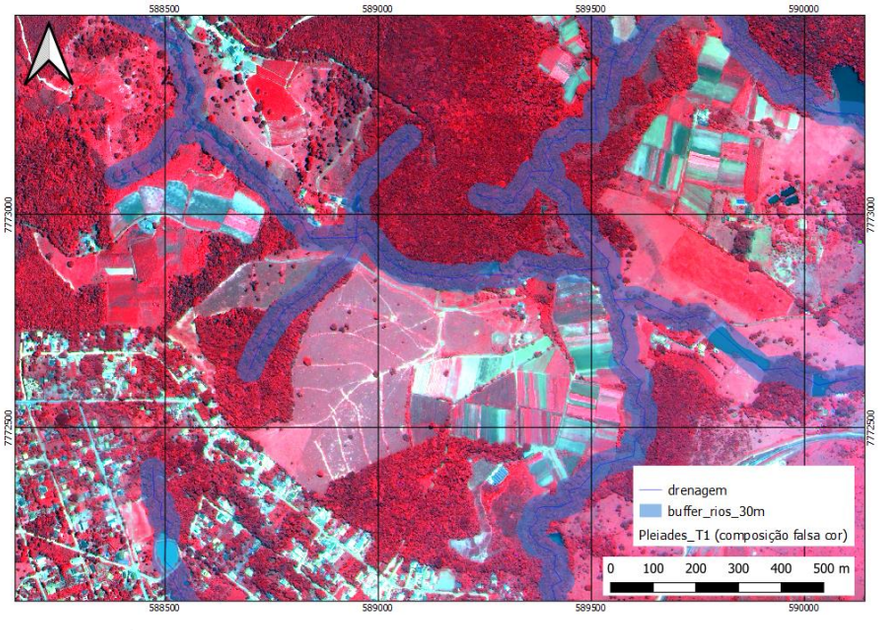


Figura 32- *Ilustração de Áreas de Proteção de curso d'água na porç*ão baixa da sub-bacia.

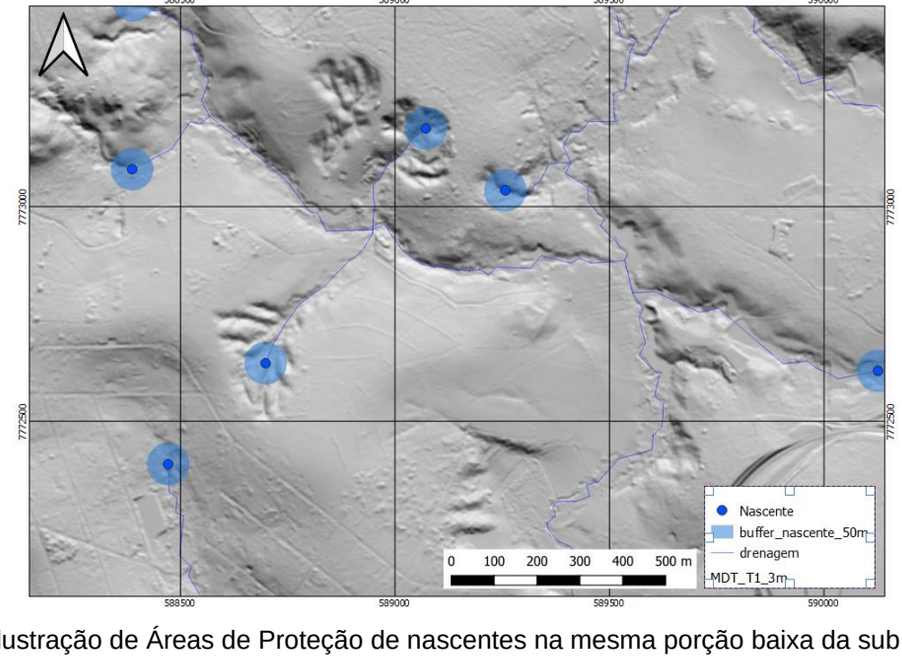


Figura 33- Ilustração de Áreas de Proteção de nascentes na mesma porção baixa da sub-bacia da figura acima.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

4.5.2. APP de topo de morro

As APPs de topo de morro são definidas como sendo a área ocupada pelo terço superior dos morros que satisfazem simultaneamente a condição de possuírem declividade média igual ou superior a 25º e de possuírem elevação igual ou superior a 100m em relação à base (ponto de sela). Assim, a primeira etapa para o mapeamento das APPs de topo de morro consistiu na análise da superfície topográfica para identificação das áreas correspondentes às duas condicionantes supracitadas.

Para a determinação das áreas com declividade igual ou superior a 25º foram executados 2 passos:

- Cálculo da superfície de declividade em graus decimais;
- Seleção dos pixels com valor de declividade igual ou superior a 25º.

Já para a segunda condicionante, foi necessário a execução da sequência de passos

- Cálculo do modelo digital de terreno hidrologicamente consistente, que corresponde a superfície de elevação com preenchimento de depressões;
- Inversão do modelo digital de terreno hidrologicamente consistente;
- Cálculos das sub-bacias na superfície do modelo digital de terreno hidrologicamente consistente que foi invertido. Na prática esse procedimento consiste na determinação dos limites das linhas de sela;
- Conversão dos resultados dos polígonos de linha de sela em formato vetorial;
- Extração da amplitude (altitude máxima – altitude mínima) dos polígonos na tabela de atributos e
- Exclusão dos polígonos com amplitude inferior a 100m, resultando apenas os denominados morros;

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

• Cálculo do terço superior de cada polígono, desenvolvido por uma equação[15] que considera a diferença entre a altitude máxima e a amplitudo do morro, cujo resultado é dividido por três, seguido pela rasterização do resultado;

O procedimento foi desenvolvido na plataforma QGIS, contudo a descrição acima é plenamente possível de ser realizada no arcGIS e/ou similares. A Figura 34 ilustra em detalhes uma região com a presença de APPs de topo de morro na área de estudo.

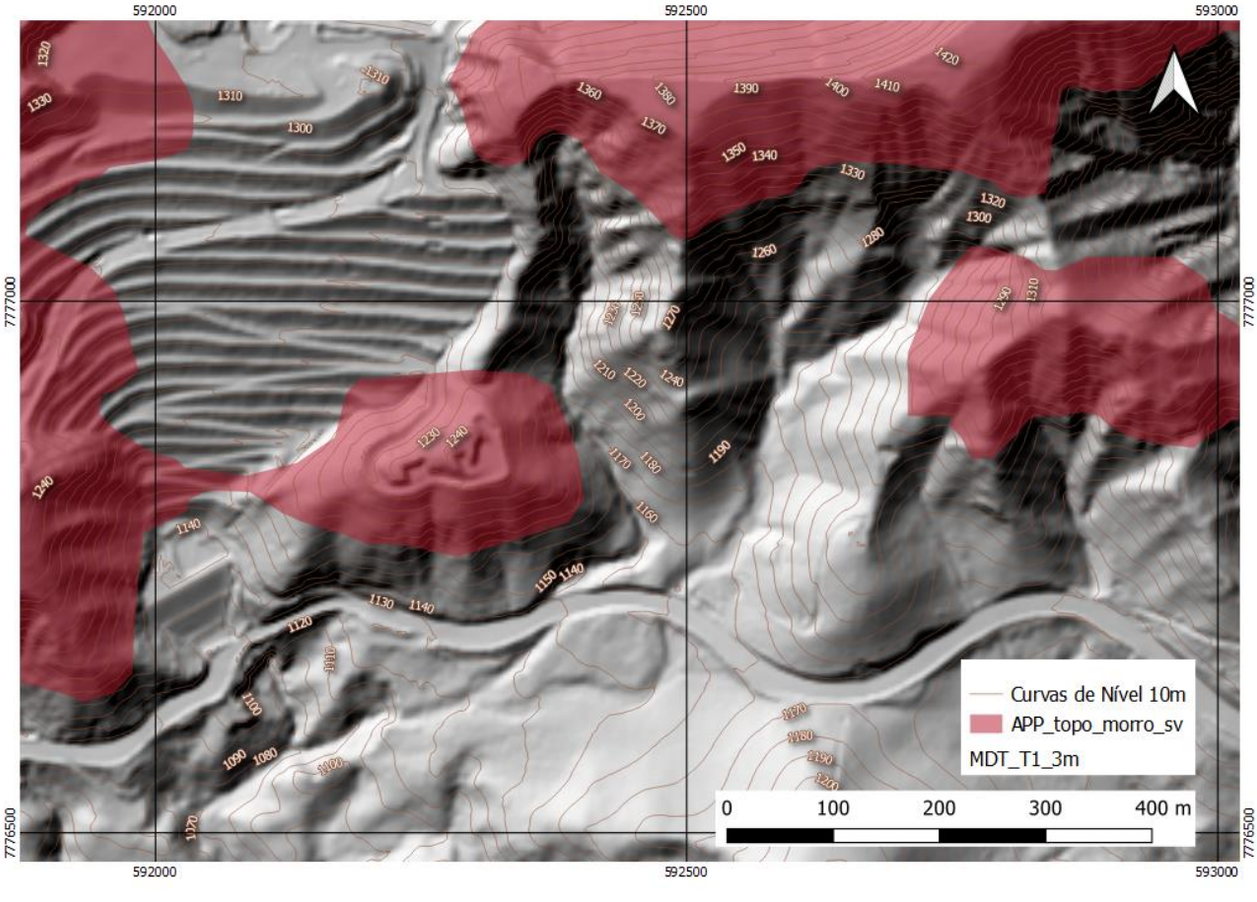


Figura 34- Ilustração de Áreas de Proteção em encostas na porção alta da área de estudo.

4.5.3. APP de encosta

As APPs de encosta são definidas pelos terrenos em aclive ou declive superiores a 45º ou 100% de rampa. Na prática, essas APPs são as mais simples de serem mapeadas, a depender de dad

[15] Topo de morro = (Altitude máxima – Amplitude) / 3

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

altimétricos com precisão compatível à necessidade do estudo. Para o mapeamento das APPs do presente projeto foram utilizados os seguintes passos:

- Reamostragem do Modelo Digital de Terreno compatível ao período T1 para a resolução espacial de 3m, reduzindo com isso pequenos ruídos na imagem;
- Calculo da superfície de declividade;
- Seleção dos pixels com declividade superior a 45º (ou superiores a 100% caso a declividade seja calculada em porcentagem de rampa);
- Conversão das áreas selecionadas no passo anterior em vetores para determinação dos polígonos de APP de encosta.

A Figura 35 ilustra em detalhes uma região com a presença de APPs de encosta na área de estudo. O mapa final contento todas as APPs inseridos na moldura cartográfica do projeto está apresentado no Anexo IV.

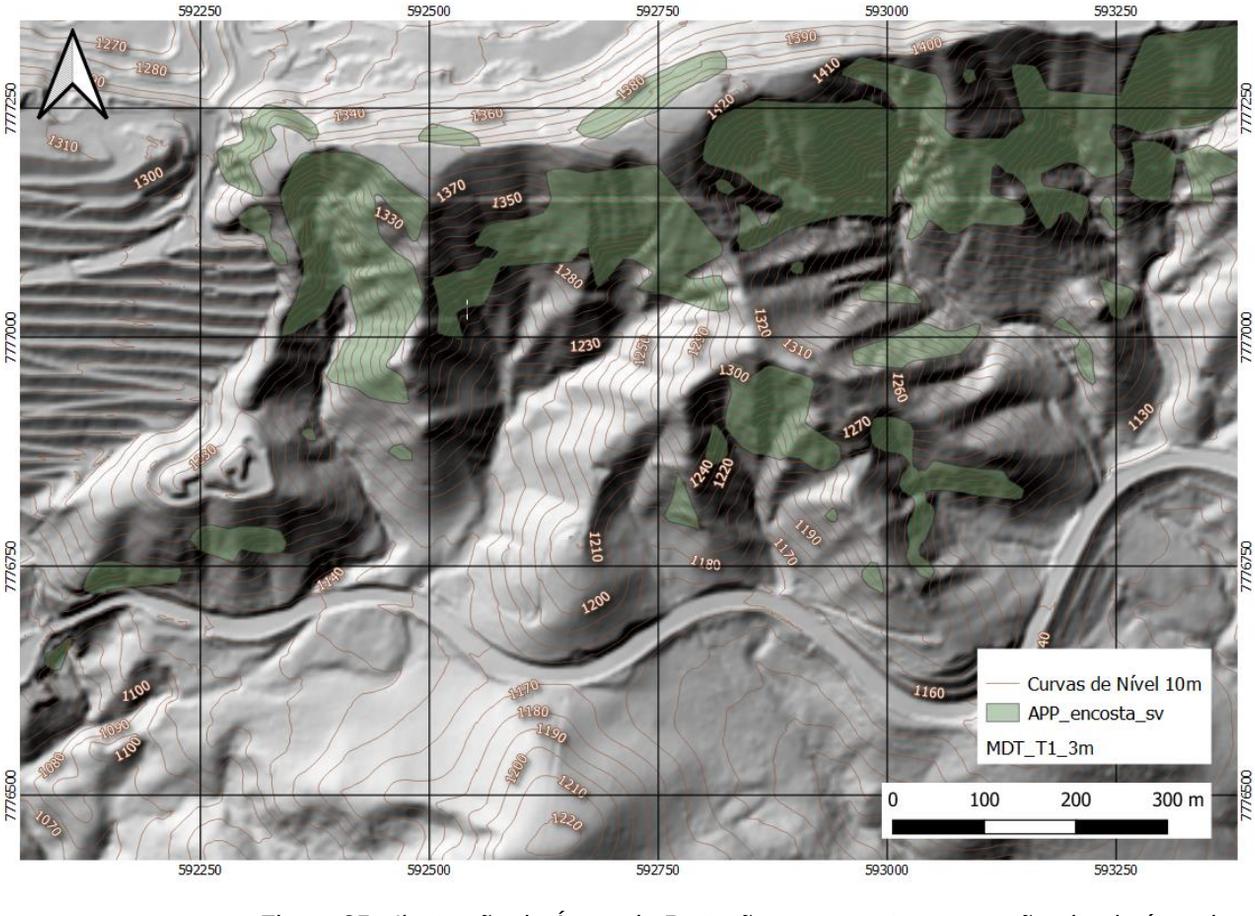


Figura 35 - Ilustração de Áreas de Proteção em encostas na porção alta da área de estudo.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

4.6. Reserva Legal

Uma reserva legal corresponde a uma porção de uma propriedade rural autodeclaradas como área de reserva pelo proprietário junto ao Instituto Nacional da Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O rito visa cumprir Lei Nº 12.651/2012 no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), e regulamentado pela Instrução Normativa Nº 2, de 5 de maio de 2014 do Ministério do Meio Ambiente, e sistematizado pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR), sendo este um registro público eletrônico de âmbito nacional proposto para integrar informações de caráter ambiental das propriedades rurais no tocante a APP, área de uso restrito, área de reserva legal, remanescentes florestais e demais formas de vegetação nativa para fins de controle, monitoramento, planejamento econômico e ambiental e ações de combate ao desmatamento .

Os dados da reserva legal foram extraídos diretamente da base de dados do Cadastro Ambiental Rural e apenas importados para o mapa-base da área de estudo do Subprojeto 2. Por ser um dado oficial importado do banco de dados CAR, é importante ressaltar que os polígonos das áreas e reserva legal não foram calculados, interpretados ou cartografados no escopo das atividades do presente subprojeto. Os dois únicos processamentos realizados foram a seleção e recorte para atendimento a área de estudo, seguido da projeção cartográfica para SIRGAS2000_UTM23Sul para compatibilidade à base de dados do subprojeto. A Figura 37 ilustra o resultado.

A página eletrônica do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural de onde foi feito o download dos dados das propriedades rurais na área de estudo, incluindo as informações sobre áreas de Reserva Legal, pode ser acessada no endereço: https://www.car.gov.br/#/

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

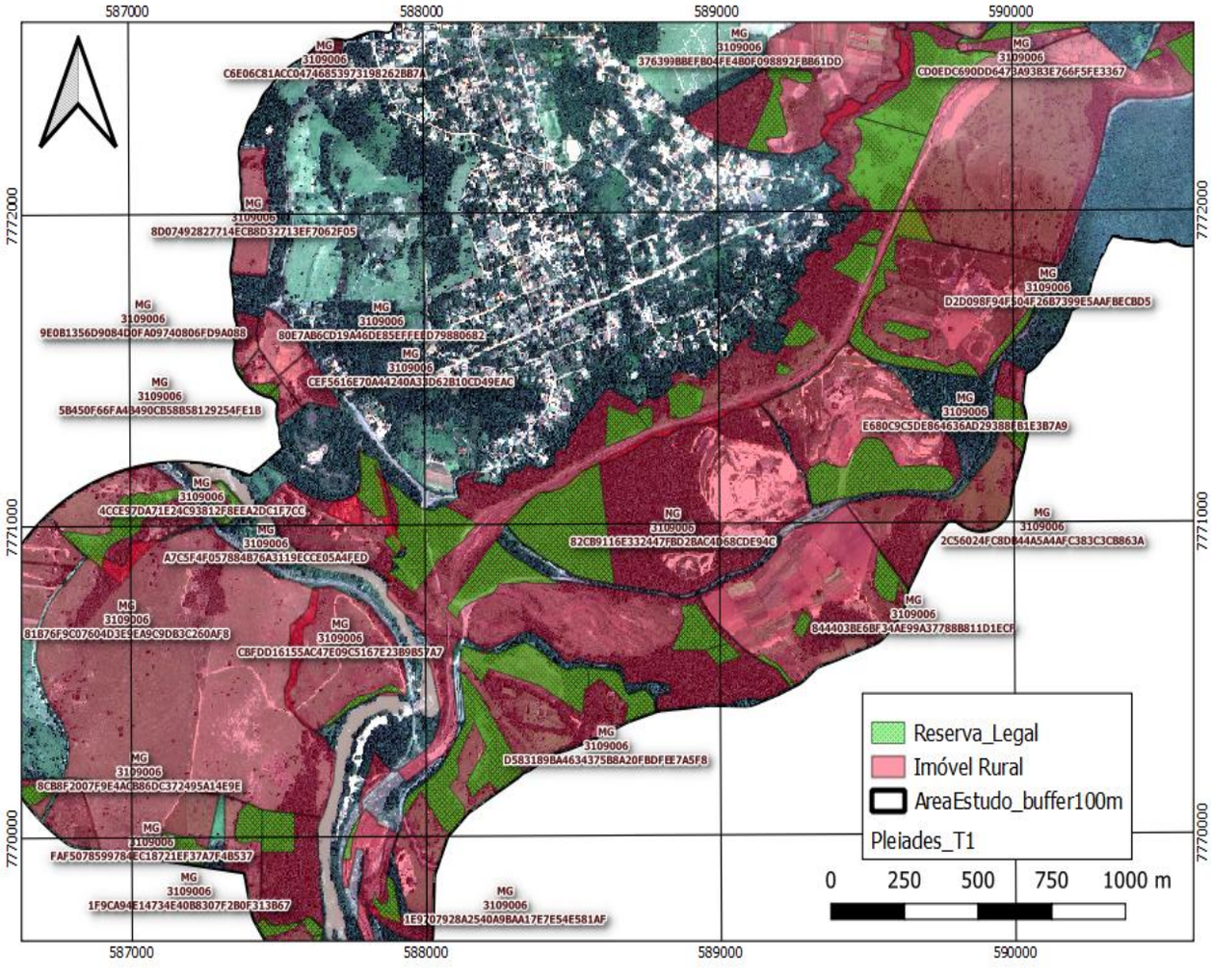


Figura 36- Ilustração de parte das áreas de reserva legal e dos polígonos dos imóveis rurais do Cadastro Ambiental Rural (CAR) presentes na área de estudo.

5. Tabulações e análises

Esta seção apresenta em detalhes o processo analítico das classificações de cobertura e uso d solo nos três períodos investigados, bem como análises destes produtos em relação as APPs.

5.1. Uso e cobertura do solo na área de estudo

Os resultados do mapeamento do uso e cobertura do solo podem ser observados na Tabela 10 e Figura 37. De maneira geral, houve uma redução das áreas totais de vegetação natural (floresta

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

estacional semidecidual e cerrado) e de unidades de produção agrícola para os 3 tempos analisados.

Uso e cobertura do solo	Tempo 1		Tempo 2		Tempo 3	
	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)
Floresta Estacional Semidecidual	1873,44	44,65	1749,67	44,49	1747,24	44,43
Cerrado	342,04	8,70	321,74	8,18	316,90	8,06
Campos de Altitude	96,81	2,46	96,81	2,46	96,81	2,46
Vegetação Degradada	104,78	2,66	99,27	2,52	85,36	2,17
Unidade Rural	194,08	4,94	174,61	4,44	118,16	3,00
Galpões	2,66	0,07	2,66	0,07	2,63	0,07
Tanques e Açudes	8,18	0,21	5,29	0,13	5,29	0,13
Área de Cultivo	68,86	1,75	51,62	1,31	30,04	0,76
Pastagem	337,02	8,57	329,01	8,37	271,37	6,90
Pastagem Degradada	22,96	0,58	22,99	0,58	20,56	0,52
Manchas Urbanas/Povoados	182,04	4,63	176,80	4,50	176,83	4,50
Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	12,10	0,31	12,10	0,31	12,11	0,31
Mineração/Cava	581,67	14,79	544,61	13,85	528,14	13,43
Escritórios e Sede Social	16,01	0,41	5,87	0,15	6,85	0,17
Área de Manutenção de Equipamentos	10,50	0,27	10,50	0,27	10,49	0,27
Barragens de Rejeito	43,48	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Espalhamento da Lama	0,00	0,00	299,22	7,61	0,00	0,00
Lama e Obras de Recuperação	0,00	0,00	0,00	0,00	431,90	10,98
Estação de Tratamento de Águas Fluviais - ETAF	0,00	0,00	0,00	0,00	41,69	1,06
Barragens de Água	23,52	0,60	17,03	0,43	16,84	0,43
Rio Paraopeba	11,90	0,30	12,58	0,32	13,21	0,34

Tabela 10- Evolução do uso e cobertura do solo na área de estudo, nos Tempos 1, 2 e 3.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

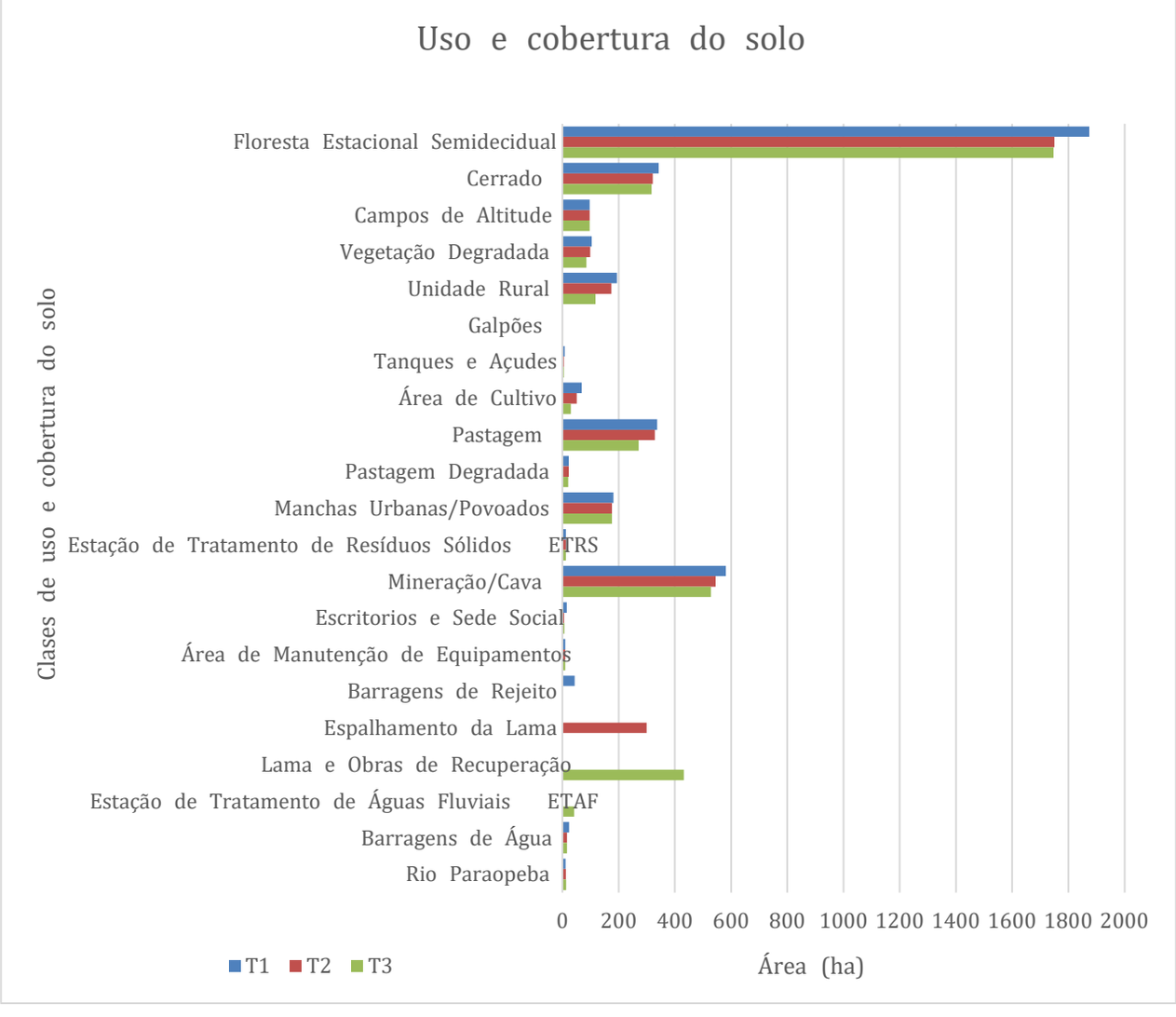


Figura 37 - Evolução do uso e cobertura do solo na área de estudo, nos Tempos 1, 2 e 3.

5.2. Transição no uso e cobertura do solo na área de estudo

A matriz de transição das classes de uso e cobertura do solo entre os períodos T1 e T2 mostra que a maior parte dos tipos de usos foram afetados pela lama após o rompimento da barragem. Em termos percentuais, destacam-se as áreas de escritórios da mineradora (63%), tanques e açudes (30%), as barragens de água (27%), e áreas de cultivo (24%) (Tabela 11). Em relação a transição entre T2 e T3, nota-se a grande modificação nas áreas adjacentes ao rompimento, mapeadas como “lama e obras de recuperação”. No entanto, as modificações na bacia também ocorreram na transição entre outras classes (Tabela 12). Em termos percentuais, entre o T2 e T3, pastagens e áreas degradadas (34%) e áreas de cultivo remanescentes (26%) continuaram sendo alteradas devido as diversas intervenções no vale. No T3 também ocorreu a construção de 2 ETAFs (Tabela 13).

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T1 \ Uso de cobertura do solo no T2	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Espalhamento da Lama	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	1747,3371	0,1152	0	0,0419	0,0004	0	0,0082	0	0	0	0	0	0	0	0	126,0176	0	0,2175
Cerrado	0,2888	320,5542	0	0	0	0	0	0	0	0,0032	0	0	0	0	0	20,9573	0	0,2373
Campos de Altitude	0	0	96,8125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetação Degradada	0,0511	0	0	99,109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5132	0	1,1115
Unidade Rural	0,797	0,9304	0	0,0891	173,9234	0	0	0	0,005	0,0106	0	0	0	0,0104	0	18,2885	0	0,0287
Galpões	0	0	0	0	0	2,6605	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanques e Açudes	0,1291	0	0	0	0,052	0	5,2842	0	0	0	0	0	0,1867	0	0	2,5234	0	0
Área de Cultivo	0,0001	0	0	0	0,5651	0	0	51,6222	0,0002	0	0	0	0	0	0	16,6697	0	0
Pastagem	0,1863	0	0	0	0	0	0	0,002	329,0052	0,0721	0	0	0	0	0	7,5947	0	0,1615
Pastagem Degradada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,9079	0	0	0	0	0	0,056	0	0
Manchas Urbanas/Povoados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	176,7998	0	0	0	0	5,2429	0	0
Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,1026	0	0	0	0	0	0
Mineração/Cava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	544,4201	0	0	37,2536	0	0
Escritórios e Sede Social	0	0	0	0	0,0435	0	0	0	0	0	0	0	0	5,8595	0	10,1089	0	0
Área de Manutenção de Equipamentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,4964	0	0	0
Barragens de Rejeito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,4811	0	0
Barragens de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,499	17,0254	0
Rio Paraopeba	0,878	0,1352	0	0,0281	0,0263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0	10,8197

Tabela 11- Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na área de estudo entre os Tempos T1 e T2, em valores absolutos.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

.

Uso e cobertura do solo no T1 \ Uso de cobertura do solo no T2	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Espalhamento da Lama	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	93,25%	0,01%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,73%	0%	0,01%
Cerrado	0,08%	93,72%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,13%	0%	0,07%
Campos de Altitude	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Degradada	0,05%	0%	0%	94,58%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4,31%	0%	1,06%
Unidade Rural	0,41%	0,48%	0%	0,05%	89,61%	0%	0%	0%	0%	0,01%	0%	0%	0%	0,01%	0%	9,42%	0%	0,01%
Galpões	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tanques e Açudes	1,58%	0%	0%	0%	0,64%	0%	64,64%	0%	0%	0%	0%	0%	2,28%	0%	0%	30,87%	0%	0%
Área de Cultivo	0%	0%	0%	0%	0,82%	0%	0%	74,97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24,21%	0%	0%
Pastagem	0,06%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97,62%	0,02%	0%	0%	0%	0%	0%	2,25%	0%	0,05%
Pastagem Degradada	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99,76%	0%	0%	0%	0%	0%	0,24%	0%	0%
Manchas Urbanas/Povoados	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	97,12%	0%	0%	0%	0%	2,88%	0%	0%
Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mineração/Cava	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93,60%	0%	0%	6,40%	0%	0%
Escritórios e Sede Social	0%	0%	0%	0%	0,27%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	36,59%	0%	63,13%	0%	0%
Área de Manutenção de Equipamentos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Barragens de Rejeito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Barragens de Água	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27,63%	72,37%	0%
Rio Paraopeba	7,38%	1,14%	0%	0,24%	0,22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,12%	0%	90,91%

Tabela 12- Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na área de estudo entre os Tempos T1 e T2, em valores percentuais de manutenção ou transformação entre T2.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T2 \ Uso de cobertura do solo no T3	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos -	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Lama e Obras de Recuperação	Estação de Tratamento de Águas Fluviais -	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	1713,0938	2,8446	0,0004	2,1763	0,91	0,0027	0,4733	0	0,3728	0,0428	0,0089	0	2,4832	0,4432	0	25,3856	0	0,2419	1,1844
Cerrado	7,4286	307,8107	0	1,3958	0,9974	0	0	0,639	0,5829	0,0008	0	0	0	0	0	1,8715	0	0,825	0,1833
Campos de Altitude	0	0	96,8125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetação Degradada	6,9299	0,8202	0	74,2117	0,1753	0	0,1481	0	0,9002	0	0	0	0,3768	0	0	3,7096	11,7686	0,0848	0,1429
Unidade Rural	5,8094	2,5068	0	0,0714	115,1908	0	0,1381	0	1,1689	4,7291	0	0	0	1,5127	0	43,4141	0	0	0,0689
Galpões	0,0287	0	0	0	0	2,6318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanques e Açudes	0,1785	0	0	0	0,313	0	3,602	0	0,0151	0	0,0356	0,0112	0,3305	0	0	0,8065	0	0	0
Área de Cultivo	0,995	0,4699	0	4,9607	0,151	0	0,0521	29,0277	0,1071	2,4153	0	0	0	0	0	13,4454	0	0	0
Pastagem	1,5111	0,0495	0	0	0	0	0,0032	0,0032	266,7958	0,052	0	0	0	0	0	30,6791	29,9165	0	0
Pastagem Degradada	0,427	0	0	0,1566	0	0	0	0,3685	0,8599	13,2992	0	0	0	0	0	7,8826	0	0	0
Manchas Urbanas/Povoados	0,3643	0	0	0	0	0	0,0737	0	0,2552	0	175,9161	0	0	0	0	0,1905	0	0	0
Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	0	0	0	0	0	0	0	0,0055	0	0	0	12,0971	0	0	0	0	0	0	0
Mineração/Cava	4,0792	0,0682	0	0,0012	0	0	0,3515	0	0	0	0	0	524,9446	0	0	15,0979	0	0,0642	0
Escritórios e Sede Social	0,9657	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8208	0	0,0834	0	0	0
Área de Manutenção de Equipamentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0036	0	0	10,4928	0	0	0	0
Espalhamento da Lama	4,7056	0,2881	0	1,9513	0,3769	0	0,4478	0	0,1344	0,021	0,8645	0	0	0,0726	0	289,1713	0	1,1582	0,0291
Barragens de Água	0,5428	1,7999	0	0,1212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0938	0	14,4677	0
Rio Paraopeba	0,1453	0,2376	0	0,3027	0,0415	0	0	0	0,1778	0	0	0	0	0	0	0,069	0	0	11,6023

Tabela 13 - Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na área de estudo entre os Tempos T2 e T3, em valores absolutos.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T2 \ Uso de cobertura do solo no T3	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Lama e Obras de Recuperação	Estação de Tratamento de Águas Fluviais - ETAF	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	97,91%	0,16%	0%	0,12%	0,05%	0%	0,03%	0%	0,02%	0%	0%	0%	0,14%	0,03%	0%	1,45%	0%	0,01%	0,07%
Cerrado	2,31%	95,67%	0%	0,43%	0,31%	0%	0%	0,20%	0,18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,58%	0%	0,26%	0,06%
Campos de Altitude	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Degradada	6,98%	0,83%	0%	74,76%	0,18%	0%	0,15%	0%	0,91%	0%	0%	0%	0,38%	0%	0%	3,74%	11,86%	0,09%	0,14%
Unidade Rural	3,33%	1,44%	0%	0,04%	65,97%	0%	0,08%	0%	0,67%	2,71%	0%	0%	0%	0,87%	0%	24,86%	0%	0%	0,04%
Galpões	1,08%	0%	0%	0%	0%	98,92%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tanques e Açudes	3,37%	0%	0%	0%	5,91%	0%	68,06%	0%	0,29%	0%	0,67%	0,21%	6,24%	0%	0%	15,24%	0%	0%	0%
Área de Cultivo	1,93%	0,91%	0%	9,61%	0,29%	0%	0,10%	56,23%	0,21%	4,68%	0%	0%	0%	0%	0%	26,04%	0%	0%	0%
Pastagem	0,46%	0,02%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	81,09%	0,02%	0%	0%	0%	0%	0%	9,32%	9,09%	0%	0%
Pastagem Degradada	1,86%	0%	0%	0,68%	0%	0%	0%	1,60%	3,74%	57,84%	0%	0%	0%	0%	0%	34,28%	0%	0%	0%
Manchas Urbanas/Povoados	0,21%	0%	0%	0%	0%	0%	0,04%	0%	0,14%	0%	99,50%	0%	0%	0%	0%	0,11%	0%	0%	0%
Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos - ETRS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,05%	0%	0%	0%	99,95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mineração/Cava	0,75%	0,01%	0%	0%	0%	0%	0,06%	0%	0%	0%	0%	0%	96,39%	0%	0%	2,77%	0%	0,01%	0%
Escritórios e Sede Social	16,45%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82,13%	0%	1,42%	0%	0%	0%
Área de Manutenção de Equipamentos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,03%	0%	0%	99,97%	0%	0%	0%	0%
Espalhamento da Lama	1,57%	0,10%	0%	0,65%	0,13%	0%	0,15%	0%	0,04%	0,01%	0,29%	0%	0%	0,02%	0%	96,64%	0%	0,39%	0,01%
Barragens de Água	3,19%	10,57%	0%	0,71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,55%	0%	84,98%	0%
Rio Paraopeba	1,16%	1,89%	0%	2,41%	0,33%	0%	0%	0%	1,41%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,55%	0%	0%	92,26%

Tabela 14- Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na área de estudo entre os Tempos T2 e T3, em valores percentuais de manutenção ou transformação entre T
T3.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

A Figura 38 mostra a transição entre T1-T2-T3, apresentado as classes de uso de maneira simplificada, para facilitar a análise. Nota-se que a classe referida como lama (espalhamento no T2 e lama e obras no T3) ocorreu em áreas notadamente de vegetação natural (floresta estacional semidecidual e cerrado) e da área da mineração, incluindo os escritórios, sede, cava e as barragens de rejeito pré-rompimento. Também é notável a crescente diminuição da área agrícola ao longo do tempo, sobretudo na transição entre T2 e T3.

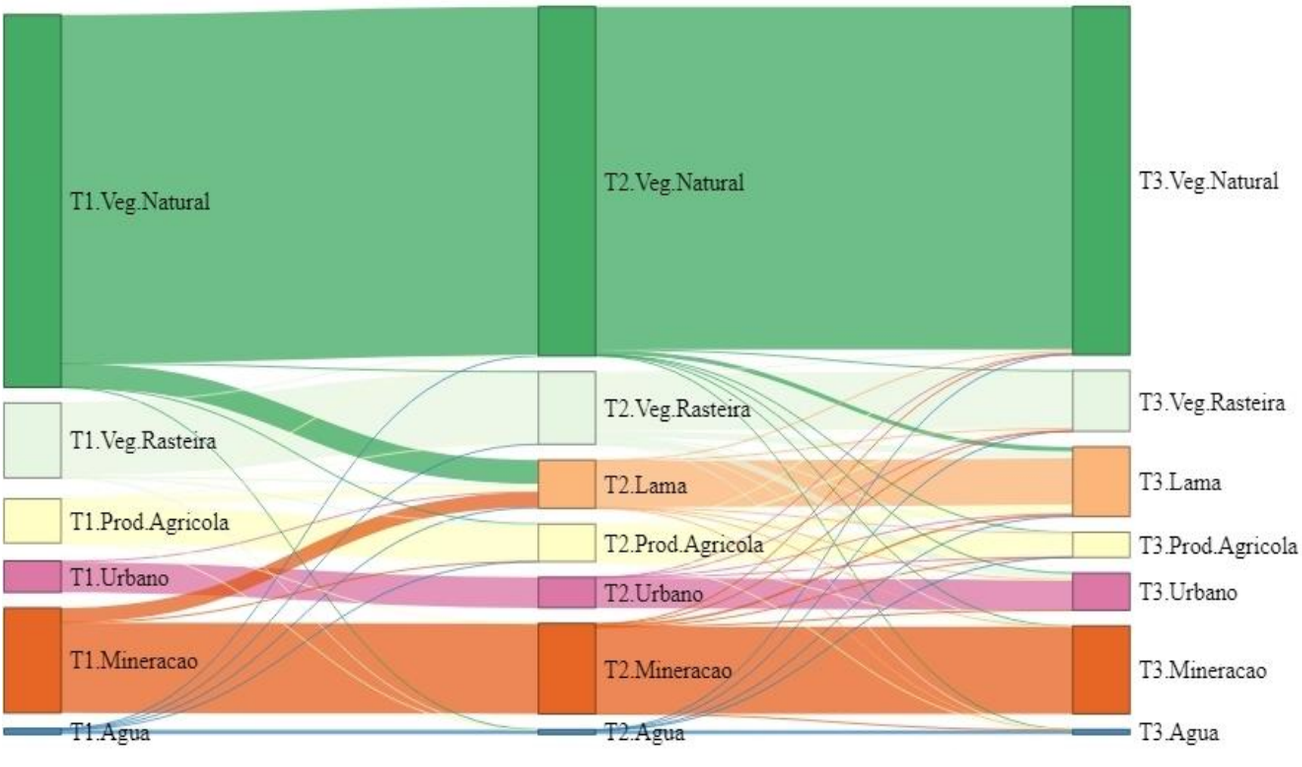


Figura 38 - Diagrama de transição da cobertura do solo simplificada na área de estudo entre os Tempos T1, T2 e T3. Veg.Natural: Floresta estacional semidecidual, cerrado e campos de altitude; Veg.Rasteira: Vegetação degradada, pastagem e pastagem degradada; Prod.Agricola: Unidade rural, galpões, tanques e açudes, área de cultivo; Urbano: Manchas urbanas povoado, Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos – ETRS e Estação de Tratamento de Águas Fluviais – ETAF; Mineração: Mineração/Cava; escritórios e Sede Social; Área de Manutenção de Equipamentos; Barragens de Rejeito (T1); Água: Rio Paraopeba, barragens de água; Lama: Espalhamento da Lama (T2), Lama e Obras de Recuperação (T3).

5.3. Uso e cobertura do solo dentro das APPs identificadas

A análise das classes mapeadas de uso e cobertura do solo nas APPs reportada nesta seção es dividida por tipo (APP de encosta, APP de topo de morro e APP de hidrografia, conforme organização previamente apresentada na seção 3.5. Em relação as APPs de encosta e topo d morro, não houve qualquer alteração nas classes de uso e cobertura do solo entre os Tempos T1-T2 e T2-T3 (Tabelas 15 e 16; Figuras 39 e 40). No geral estas APPs ocorrem nas áreas mais

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

altas, declivosas e isoladas da bacia, o que explica o fato das mesmas não apresentarem modificações decorrentes do rompimento ou das obras de recuperação correlatas. Contudo, é importante também considerar que não houveram atividades de mineração na área após o rompimento da barragem B1.

App Encosta						
Uso e cobertura do solo	Tempo 1		Tempo 2		Tempo 3	
	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)
Floresta Estacional Semidecidual	11,21	27,89%	11,21	27,89%	11,21	27,89%
Cerrado	8,74	21,75%	8,74	21,75%	8,74	21,75%
Campos de Altitude	16,13	40,12%	16,13	40,12%	16,13	40,13%
Vegetação Degradada	0,25	0,62%	0,25	0,62%	0,25	0,62%
Mineração/Cava	3,86	9,61%	3,86	9,61%	3,86	9,61%

Tabela 15 - Evolução do uso e cobertura do solo na App de encosta, nos Tempos 1, 2 e 3.

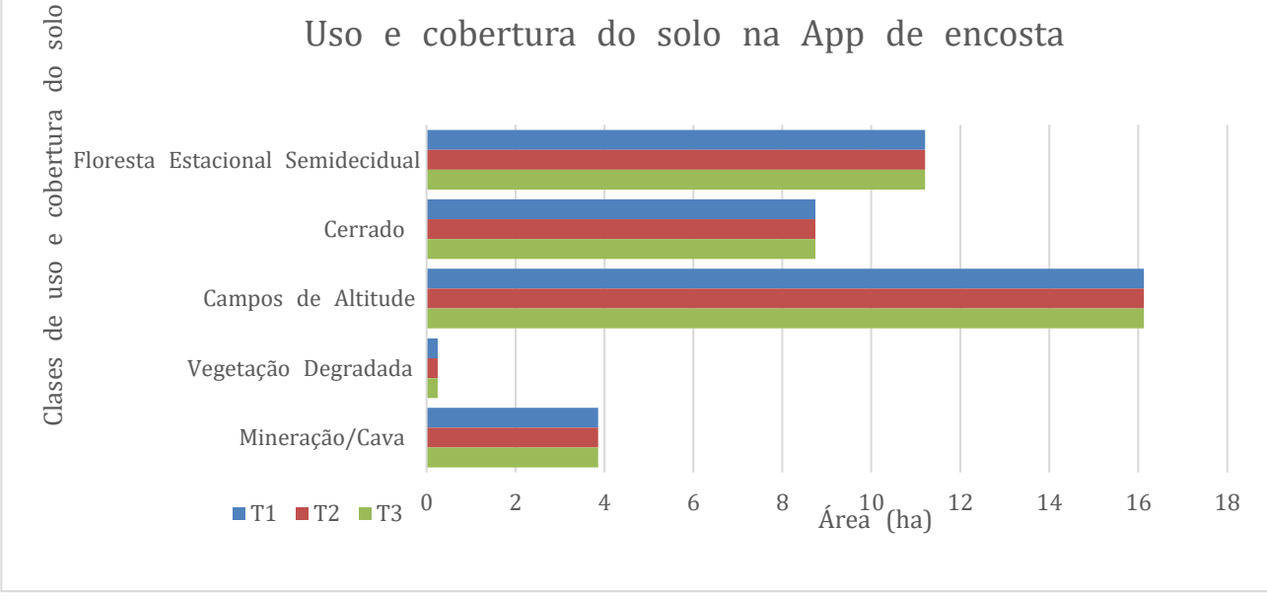


Figura 39 - Evolução do uso e cobertura do solo na App de encosta, nos Tempos 1, 2 e 3.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

App Topo de Morro						
Uso e cobertura do solo	**Tempo 1**		Tempo 2		Tempo 3	
	Área total (ha)	**Área relativa (%)**	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)
Floresta Estacional Semidecidual	9,80	9,29%	9,80	9,29%	9,80	9,29%
Cerrado	15,14	14,34%	15,14	14,34%	15,14	14,34%
Campos de Altitude	36,01	34,12%	36,01	34,12%	36,01	34,12%
Mineração/Cava	44,60	42,25%	44,60	42,25%	44,60	42,25%

Tabela 16 - Evolução do uso e cobertura do solo na App de topo de morro, nos Tempos 1, 2 e 3.

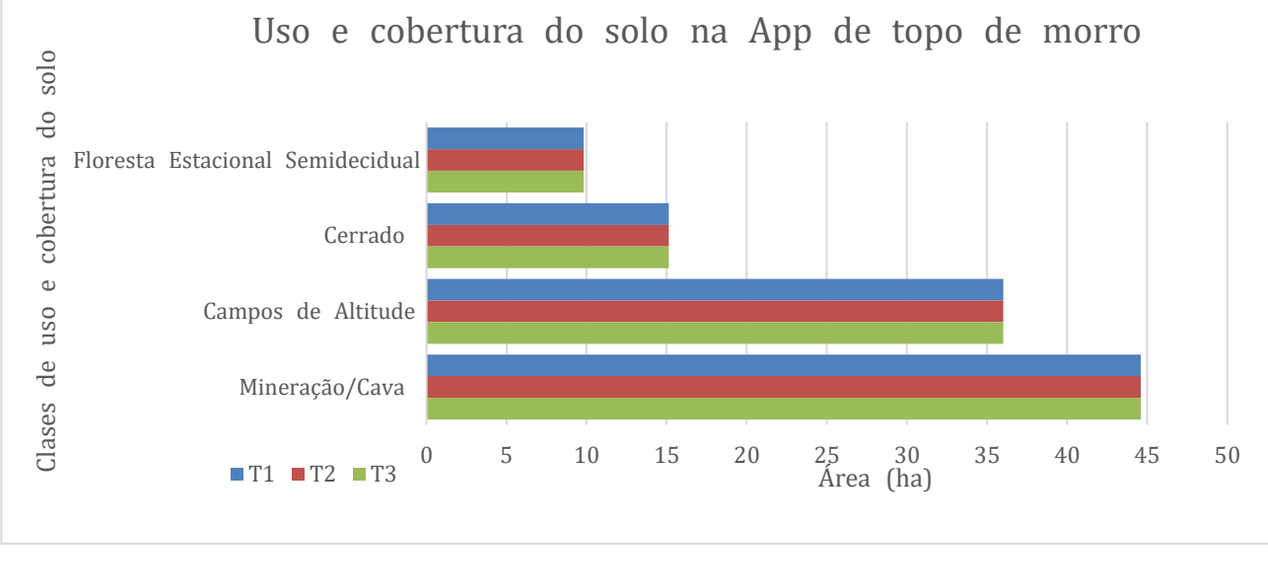


Figura 40- Evolução do uso e cobertura do solo na App de topo de morro, nos Tempos 1, 2 e 3.

Em relação as APPs de hidrografia, é esperado alterações, visto que a lama correu pelo vale, atingindo diretamente grande parte das APPs mapeadas. Este efeito causou redução de áreas d vegetação natural de cerca 70% para 58% de floresta estacional semidecidual e de 6,4% para 4% de cerrado entre T1 e T3 (Tabela 17 e Figura 41).

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

App Hidrografia						
Uso e cobertura do solo	Tempo 1		Tempo 2		Tempo 3	
	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)	Área total (ha)	Área relativa (%)
Floresta Estacional Semidecidual	377,15	69,33%	318,75	58,60%	319,92	58,81%
Cerrado	35,00	6,43%	24,04	4,42%	21,75	4,00%
Campos de Altitude	0,02	0,00%	0,02	0,00%	0,02	0,00%
Vegetação Degradada	17,40	3,20%	14,39	2,65%	11,79	2,17%
Unidade Rural	30,55	5,62%	23,69	4,36%	20,13	3,70%
Galpões	0,04	0,01%	0,04	0,01%	0,04	0,01%
Tanques e Açudes	4,20	0,77%	2,52	0,46%	2,34	0,43%
Área de Cultivo	2,58	0,47%	1,05	0,19%	0,92	0,17%
Pastagem	23,46	4,31%	21,60	3,97%	21,59	3,97%
Pastagem Degradada	0,93	0,17%	0,93	0,17%	1,78	0,33%
Manchas Urbanas/Povoados	12,50	2,30%	10,63	1,95%	10,91	2,01%
Mineração/Cava	12,22	2,25%	10,96	2,01%	7,76	1,43%
Escritórios e Sede Social	0,50	0,09%	0,23	0,04%	0,21	0,04%
Área de Manutenção de Equipamentos	0,43	0,08%	0,43	0,08%	0,43	0,08%
Barragens de Rejeito	6,10	1,12%	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Espalhamento da Lama	0,00	0,00%	96,61	17,76%	0,00	0,00%
Lama e Obras de Recuperação	0,00	0,00%	0,00	0,00%	105,35	19,37%
Estação de Tratam. de Águas Fluviais - ETAF	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,30	0,05%
Barragens de Água	9,00	1,66%	5,51	1,01%	5,53	1,02%
Rio Paraopeba	11,90	2,19%	12,58	2,31%	13,21	2,43%

Tabela 17 - Evolução do uso e cobertura do solo na App de hidrografia, nos Tempos 1, 2 e 3.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

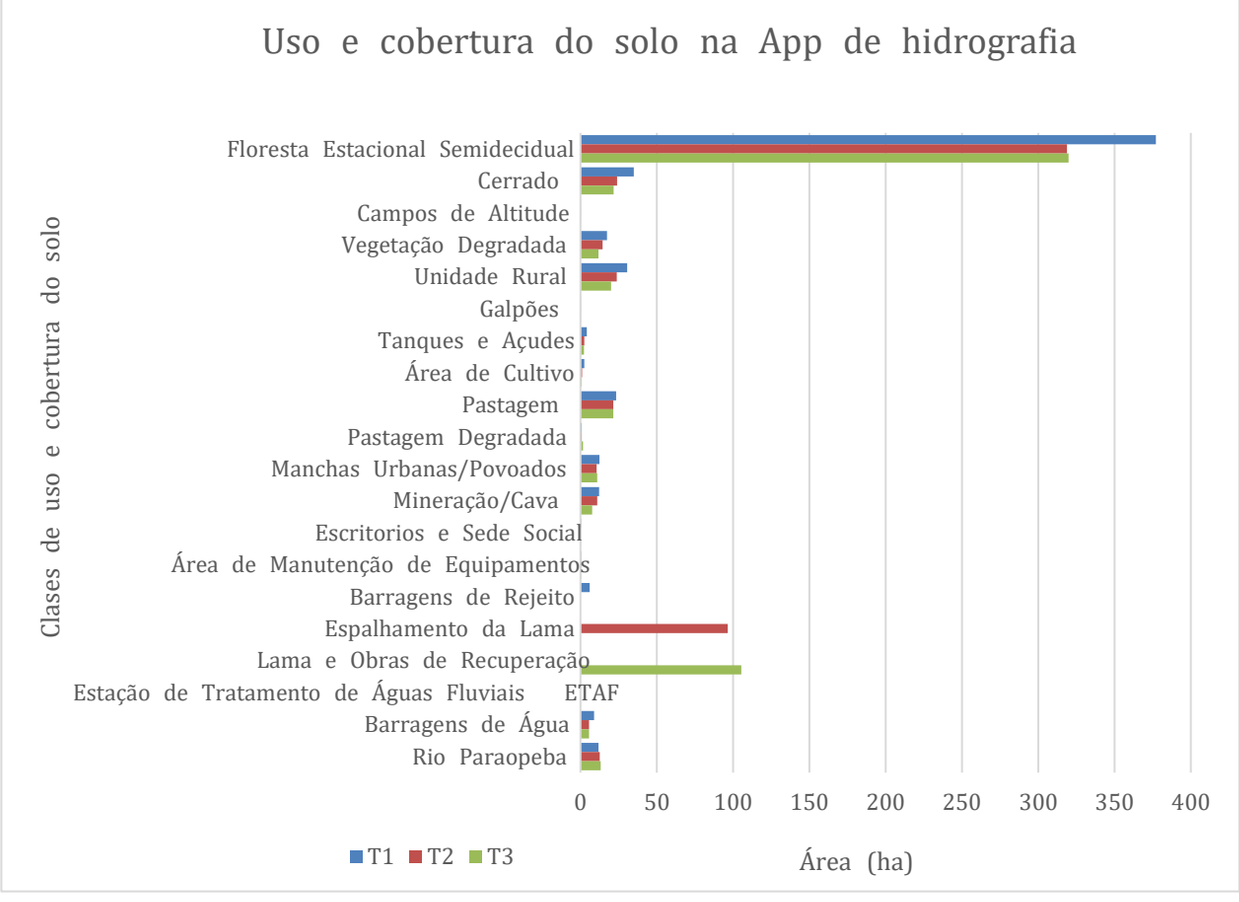


Figura 41- Evolução do uso e cobertura do solo na App de hidrografia, nos Tempos 1, 2 e 3.

5.4. Transição no uso e cobertura do solo dentro das APPs identificadas

Em relação à transição do uso e cobertura do solo dentro das APPs, as maiores transformações entre T1 e T2 estão relacionadas a mudança dos diversos usos, sobretudo das classes floresta estacional semidecidual e cerrado para a classe espalhamento da lama (Tabela 18). Em proporções, isso significou a transformação de cerca de 16% de floresta e 32% de cerrado na APP para espalhamento de lama. Mais além, houve perda de outros usos que estavam alocados na APP, por exemplo áreas de cultivo e escritórios da mineradora, apresentados no Tabela 19.

A transição de uso na APP de hidrografia entre T2 e T3 segue a mesma tendência observada entre T1 e T2, no entanto atingindo menores extensões espaciais (Tabela 20), visto que o maior impacto ocorreu devido ao rompimento. Entre T2 e T3, além das alterações nas áreas adjacentes ao vale atingidas pelo rompimento, destacados na transformação de diversos usos e lama e obras de recuperação, houve transformações percentuais no uso remanescente de mineração/cava, que atualmente está desativada, além da perda das unidades de produção agropecuária (Tabela 21).

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T1 \ Uso de cobertura do solo no T2	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Espalhamento da Lama	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	316,9724	0,056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59,9054	0	0,2175
Cerrado	0,1625	23,3474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,2483	0	0,2373
Campos de Altitude	0	0	0,0163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetação Degradada	0	0	0	14,2723	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0115	0	1,1115
Unidade Rural	0,7307	0,5043	0	0,0891	23,351	0	0	0	0	0,0082	0	0	0	0	5,8415	0	0,0287
Galpões	0	0	0	0	0	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanques e Açudes	0,0014	0	0	0	0,052	0	2,5211	0	0	0	0	0	0	0	1,6248	0	0
Área de Cultivo	0	0	0	0	0,263	0	0	1,0463	0	0	0	0	0	0	1,2744	0	0
Pastagem	0,0003	0	0	0	0	0	0	0	21,6005	0	0	0	0	0	1,6989	0	0,1615
Pastagem Degradada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9252	0	0	0	0	0,0039	0	0
Manchas Urbanas/Povoados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,6287	0	0	0	1,869	0	0
Mineração/Cava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,9583	0	0	1,2589	0	0
Escritórios e Sede Social	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2313	0	0,2692	0	0
Área de Manutenção de Equipamentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4254	0	0	0
Barragens de Rejeito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,0998	0	0
Barragens de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4884	5,5146	0
Rio Paraopeba	0,878	0,1352	0	0,0281	0,0263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,014	0	10,8197

Tabela 18 - Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na App de hidrografia entre os Tempos T1 e T2, em valores absolutos.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T1 \ Uso de cobertura do solo no T2	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Espalhamento da Lama	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	84,04%	0,01%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15,88%	0%	0,06%
Cerrado	0,46%	66,72%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	32,14%	0%	0,68%
Campos de Altitude	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Degradada	0%	0%	0%	82,05%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11,56%	0%	6,39%
Unidade Rural	2,39%	1,65%	0%	0,29%	76,43%	0%	0%	0%	0%	0,03%	0%	0%	0%	0%	19,12%	0%	0,09%
Galpões	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tanques e Açudes	0,03%	0%	0%	0%	1,24%	0%	60,04%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38,69%	0%	0%
Área de Cultivo	0%	0%	0%	0%	10,18%	0%	0%	40,50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	49,32%	0%	0%
Pastagem	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	92,07%	0%	0%	0%	0%	0%	7,24%	0%	0,69%
Pastagem Degradada	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99,58%	0%	0%	0%	0%	0,42%	0%	0%
Manchas Urbanas/Povoados	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	85,05%	0%	0%	0%	14,95%	0%	0%
Mineração/Cava	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	89,70%	0%	0%	10,30%	0%	0%
Escritórios e Sede Social	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	46,21%	0%	53,79%	0%	0%
Área de Manutenção de Equipamentos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Barragens de Rejeito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Barragens de Água	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	38,75%	61,25%	0%
Rio Paraopeba	7,38%	1,14%	0%	0,24%	0,22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,12%	0%	90,91%

Tabela 19 - Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na App de hidrografia entre os Tempos T1 e T2, em valores percentuais de manutenção ou transformação er
T1 e T2.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T2 \ Uso de cobertura do solo no T3	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Lama e Obras de Recuperação	Estação de Tratamento de Águas Fluviais	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	310,7469	0,5152	0	0,2447	0,815	0	0,1607	0	0,0446	0,0059	0	0,1017	0,0363	0	4,6815	0	0,2079	1,1844
Cerrado	2,1536	19,9844	0	0,6719	0,5052	0	0	0	0,0336	0	0	0	0	0	0,3296	0	0,1813	0,1833
Campos de Altitude	0	0	0,0163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetação Degradada	1,245	0,222	0	10,2113	0,162	0	0,0709	0	0	0	0	0,2502	0	0	1,7902	0,295	0	0,1429
Unidade Rural	0,8205	0,1247	0	0	18,0862	0	0,1379	0	0,0582	1,0754	0	0	0	0	3,3205	0	0	0,0689
Galpões	0	0	0	0	0	0,036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanques e Açudes	0,0969	0	0	0	0,1754	0	1,4356	0	0,0151	0	0,0356	0,1297	0	0	0,6328	0	0	0
Área de Cultivo	0,025	0	0	0,0145	0	0	0	0,8542	0	0	0	0	0	0	0,1526	0	0	0
Pastagem	0,19	0,0423	0	0	0	0	0,0032	0	21,0985	0	0	0	0	0	0,2665	0	0	0
Pastagem Degradada	0,0423	0	0	0	0	0	0	0,0673	0,1174	0,6982	0	0	0	0	0,0082	0	0	0
Manchas Urbanas/Povoados	0	0	0	0	0	0	0,0736	0	0	0	10,5051	0	0	0	0,05	0	0	0
Mineração/Cava	2,6203	0,0007	0	0	0	0	0,013	0	0	0	0	7,2742	0	0	1,0501	0	0	0
Escritórios e Sede Social	0,0597	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1716	0	0	0	0	0
Área de Manutenção de Equipamentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4254	0	0	0	0
Espalhamento da Lama	1,5027	0,0329	0	0,3424	0,3474	0	0,4478	0	0,0441	0	0,3686	0	0	0	93,0003	0	0,4927	0,0291
Barragens de Água	0,2706	0,5951	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6489	0
Rio Paraopeba	0,1453	0,2376	0	0,3027	0,0415	0	0	0	0,1778	0	0	0	0	0	0,069	0	0	11,6023

Tabela 20 - Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na App de hidrografia de estudo entre os Tempos T2 e T3, em valores absolutos

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Uso e cobertura do solo no T2 \ Uso de cobertura do solo no T3	Floresta Estacional Semidecidual	Cerrado	Campos de Altitude	Vegetação Degradada	Unidade Rural	Galpões	Tanques e Açudes	Área de Cultivo	Pastagem	Pastagem Degradada	Manchas Urbanas/Povoados	Mineração/Cava	Escritórios e Sede Social	Área de Manutenção de Equipamentos	Lama e Obras de Recuperação	Estação de Tratamento de Águas Fluviais - ETAE	Barragens de Água	Rio Paraopeba
Floresta Estacional Semidecidual	97,49%	0,16%	0%	0,08%	0,26%	0%	0,05%	0%	0,01%	0%	0%	0,03%	0,01%	0%	1,47%	0%	0,07%	0,37%
Cerrado	8,96%	83,12%	0%	2,79%	2,10%	0%	0%	0%	0,14%	0%	0%	0%	0%	0%	1,37%	0%	0,75%	0,76%
Campos de Altitude	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Degradada	8,65%	1,54%	0%	70,96%	1,13%	0%	0,49%	0%	0%	0%	0%	1,74%	0%	0%	12,44%	2,05%	0%	0,99%
Unidade Rural	3,46%	0,53%	0%	0%	76,34%	0%	0,58%	0%	0,25%	4,54%	0%	0%	0%	0%	14,02%	0%	0%	0,29%
Galpões	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tanques e Açudes	3,84%	0%	0%	0%	6,96%	0%	56,94%	0%	0,60%	0%	1,41%	5,14%	0%	0%	25,10%	0%	0%	0%
Área de Cultivo	2,39%	0%	0%	1,39%	0%	0%	0%	81,64%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14,58%	0%	0%	0%
Pastagem	0,88%	0,20%	0%	0%	0%	0%	0,01%	0%	97,68%	0%	0%	0%	0%	0%	1,23%	0%	0%	0%
Pastagem Degradada	4,53%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7,21%	12,58%	74,80%	0%	0%	0%	0%	0,88%	0%	0%	0%
Manchas Urbanas/Povoados	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,69%	0%	0%	0%	98,84%	0%	0%	0%	0,47%	0%	0%	0%
Mineração/Cava	23,91%	0,01%	0%	0%	0%	0%	0,12%	0%	0%	0%	0%	66,38%	0%	0%	9,58%	0%	0%	0%
Escritórios e Sede Social	25,81%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	74,19%	0%	0%	0%	0%	0%
Área de Manutenção de Equipamentos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Espalhamento da Lama	1,56%	0,03%	0%	0,35%	0,36%	0%	0,46%	0%	0,05%	0%	0,38%	0%	0%	0%	96,27%	0%	0,51%	0,03%
Barragens de Água	4,91%	10,79%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	84,30%	0%
Rio Paraopeba	1,16%	1,89%	0%	2,41%	0,33%	0%	0%	0%	1,41%	0%	0%	0%	0%	0%	0,55%	0%	0%	92,26%

Tabela 21- Matriz de transição 2 do uso e cobertura do solo na App de hidrografia entre os Tempos T2 e T3, em valores percentuais de manutenção ou transformaçã
entre T2 e T3

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

A representação gráfica da transição entre T1-T2-T3, apresentando o uso de cobertura simplificado (Figura 42), ilustra que dentro da APP de hidrografia, a maior parte das áreas de lama (espalhamento T2 e lama e obras de recuperação no T3) são compostas por áreas de vegetação natural. Observou-se também o aumento das estruturas urbanas, decorrentes das obras próximo aos cursos d'água.

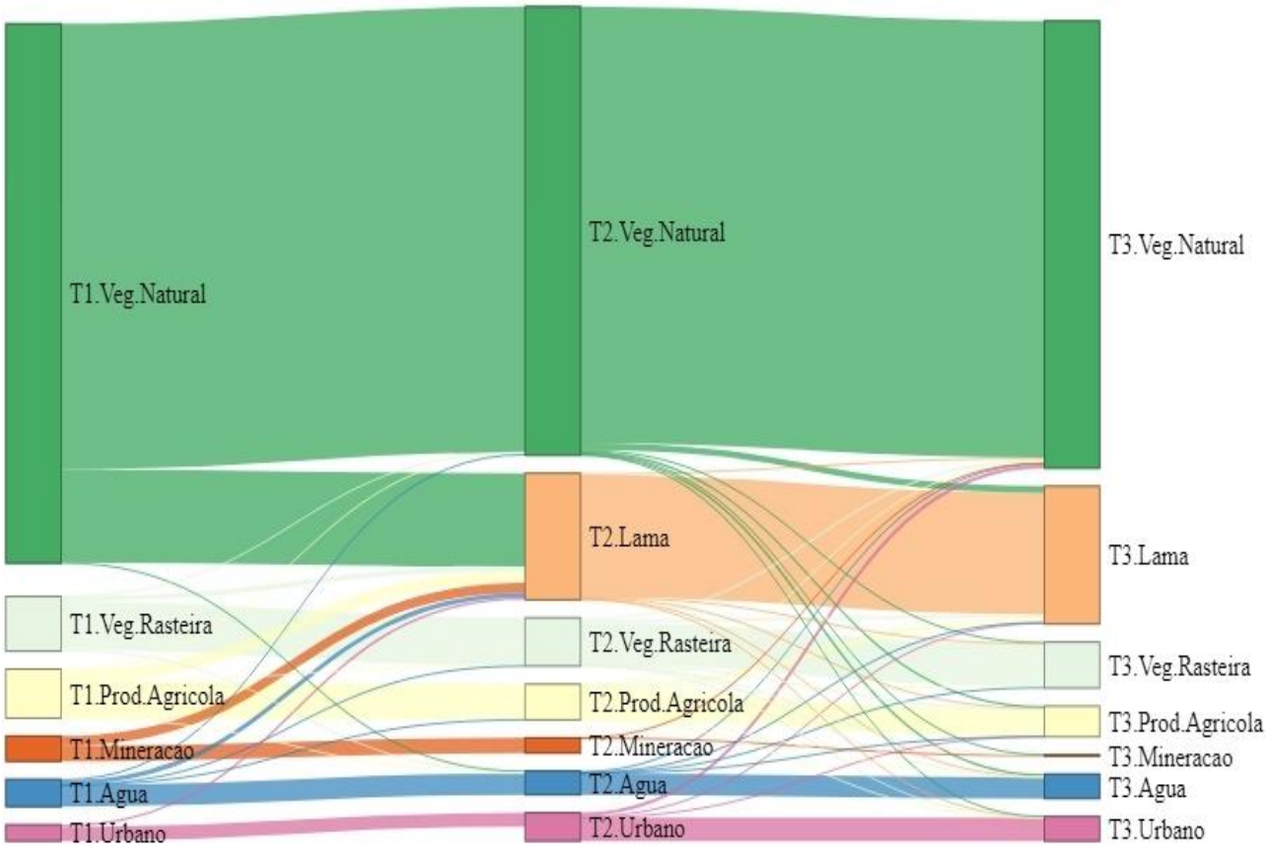


Figura 42- Diagrama de transição da cobertura do solo simplificada na App de hidrografia entre os Tempos T1, T2 e T3. Veg.Natural: Floresta estacional semidecidual, cerrado e campos de altitude; Veg.Rasteira: Vegetação degradada, pastagem e pastagem degradada; Prod.Agricola: Unidade rural, galpões, tanques e açudes, área de cultivo; Urbano: Manchas urbanas povoado, Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos – ETRS e Estação de Tratamento de Águas Fluviais – ETAF; Mineração: Mineração/Cava; escritórios e Sede Social; Área de Manutenção de Equipamentos; Barragens de Rejeito (T1).

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

6. Processos e produtos complementares

Esta seção apresenta o desenvolvimento de etapas e produtos complementares ao projeto, produtos estes que não foram almejados no Chamada #2 mas que foram incorporados no escopo da proposta apresentada, tais como o plugin[16] do classificador por deep learnig e a extração/tabulação das métricas de paisagem a partir das classes de cobertura do solo para a área de estudo nos tempos T1, T2 e T3. Juntam-se também a esse contexto a extração dos elementos de drenagem, espelhos d'água e mancha de lama observados na cobertura aérea d drone, e também a confecção da folha cartográfica modelo a ser utilizada pelos demais subprojetos do Projeto Brumadinho UFMG.

6.1. Plugin do classificador *Deep Learning*

Como produto do projeto, foi desenvolvido um plugin para o software ArcGIS[17] com o objetivo de mapear a sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão de forma automática a partir da classificação supervisionada de imagens de alta resolução espacial utilizando técnicas de aprendizado profundo (deep learning). A portabilidade do software em formato de plugin visa tornar acessível as técnicas de aprendizado de máquina e redes neurais para usuários não especializados na área. O acesso ao plugin desenvolvido pode ser feito através do acesso do repositório online público no link a seguir: https://github.com/edemir-matcomp/brumadinho_arcgis_plugin.

O repositório de acesso contém as instruções para instalações de todas as dependências necessárias para a utilização do plugin, além de um exemplo de uso para dois casos de usuários distintos: (1) O usuário que deseja apenas utilizar o modelo de aprendizado já treinado para gerar o mapeamento automático de uma nova imagem; (2) o usuário que deseja criar um novo modelo, partindo de uma imagem de treino e sua respectiva imagem de referência de classes. O material está reportado na seção 9 deste relatório – Materiais Complementares.

Para avaliação experimental do plugin, foi realizado o procedimento de treino, já descrito anteriormente no Relatório Parcial, utilizando as seguintes configurações: divisão das amostras

[16] Ferramenta ou recurso instalado como complemento na plataforma ESRI ArcGIS.

[17] ArcGIS® software by Esri. https://www.arcgis.com

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

80% para treinamento e 20% para teste. Cabe ressaltar que para otimização do processo, apenas as bandas espectrais compatíveis ao Infravermelho Próximo, Vermelho e Verde, foram utilizadas (a banda Azul foi desprezada por conter alta correlação com as demais adicionado de ruídos provocados pela alta absorção atmosférica.

Para o treinamento da rede foram utilizados os seguintes parâmetros: taxa de aprendizado de 0.001, entropia cruzado como função de perda, batch de tamanho 64 (conjuntos de 64 imagens), durante 100 épocas (iterações) usando a arquitetura Fully Convolutional Network (FCN). Na avaliação supervisionada foram utilizadas as seguintes 12 classes: Barragem de Rejeito, Atividade Agrícola, Vegetação Rasteira, Vegetação Arbustiva, Vegetação Arbórea, Rio Paraopeba, Outros, Mineração, Manchas Urbanas, Lama e Obras de Recuperação, ETA, Barragens de Água. Os resultados quantitativos e qualitativos, obtidos podem ser vistos na Tabela 22 e Figura 43 respectivamente.

Imagem	T1	T2	T3
Acurácia Balanceada	37,15%	26,10%	52,23%
Kappa Cohen	42,49%	44,21%	60,05%
F1-Score	22,88%	20,53%	45,90%

Tabela 22- Métricas de avaliação obtidas através da comparação entre os mapas gerados de T3, T2 e T1 pelo método utilizado e seus respectivos mapas de referência.

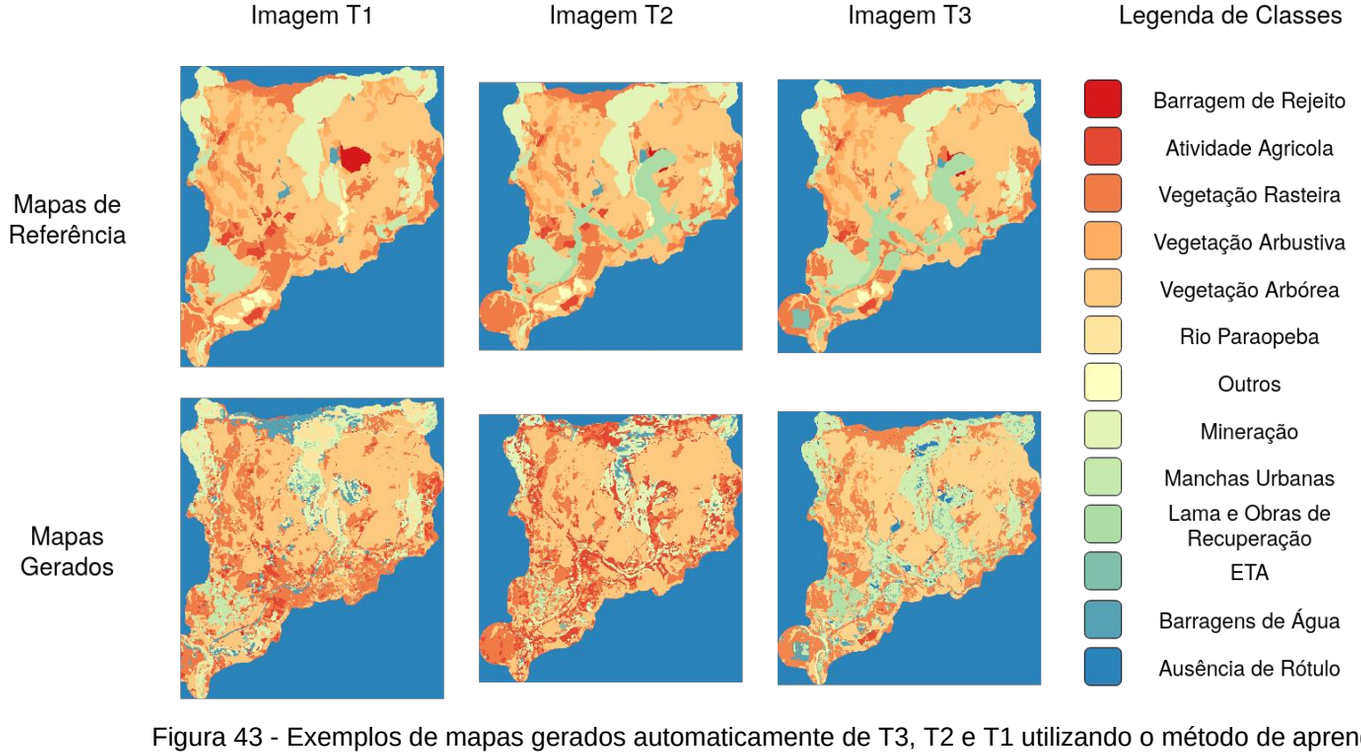


Figura 43 - Exemplos de mapas gerados automaticamente de T3, T2 e T1 utilizando o método de aprendizado profundo.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Observando os resultados na Tabela 1, podemos observar um decaimento na performance do modelo nas imagens de tempo T1 e T2 em relação a T3. A causa responsável desse fato é o fenômeno chamado domain shift, que ocorre devido às mudanças na aquisição e condições das imagens T2 e T3, fazendo com que o modelo treinado em T3 tenha dificuldades na interpretação e generalização na criação de novos mapas.

Um outro aspecto analisado nos resultados é o nível de confusão observado entre as classes: Barragem de Rejeito, Mineração, Lama e Obras de Recuperação, ETA, Barragens de Água. Como o mapa de referência foi montado tomando em consideração a cobertura do solo, vários pixels anotados possuem características de intensidade distintas, porém possuem o mesmo rótulo, fruto da interpretação semântica do olhar/conhecimento humano sobre a feição e o fenômeno. Assim, para amenizar o efeito de confusão foi feito um experimento onde as classes citadas anteriormente foram unidas e recalculado as métricas de avaliação. Os resultados quantitativos e qualitativos desse experimento podem ser vistos na Tabela 23 e Figura 44.

Imagem	T1	T2	T3
Acuracia Balanceada	45,64%	36,07%	61,25%
Kappa Cohen	45,39%	50,51%	70,90%
F1-Score	34,17%	32,01%	56,28%

Tabela 23- Métricas de avaliação obtidas através da comparação entre os mapas gerados pelo método utilizado e seus respectivos mapas de referência.

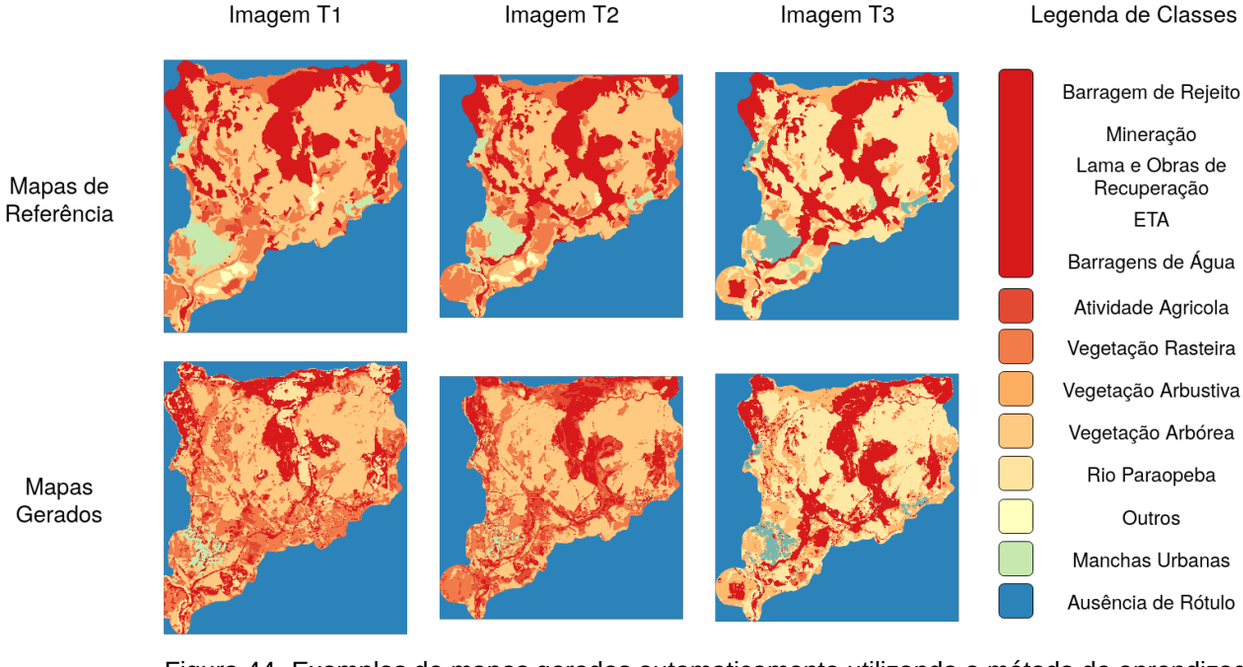


Figura 44- Exemplos de mapas gerados automaticamente utilizando o método de aprendizado profundo, juntando as classes Barragem de Rejeito, Mineração, Obras de Recuperação, ETA e Barragens de Água.

Número do documento: 21110916164413200006831585410
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164413200006831585410
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:44

Nesse experimento, é possível observar uma melhora significativa nos resultados quantitativos e qualitativos, amenizando a rotulação de cobertura e gerando mapas visualmente mais próximos de suas respectivas referências. Em ambos os experimentos, apesar de os mapas serem gerados de forma automática, devido a algumas imperfeições e dependendo da escala de interesse, ainda se faz necessário a utilização de uma etapa de pós-processamento para que possam ser usados em termos cartográficos.

Por fim, conforme apresentado na seção 2.4 - Controle de Qualidade Temática, os resultados da classificação e cobertura do solo provenientes do plugin do deep learning foram avaliados como muito bom na área mais crítica da sub-bacia, atingindo índice kappa = 0,756.

6.2. Extração de métricas de paisagem

Estudos sobre a evolução das mudanças de uso e cobertura da terra são largamente conduzidas através da classificação de imagens de satélites e aplicação de conhecimentos e métricas de ecologia da paisagem (TURNER et al., 2001; LANG e BLASCHKE, 2009). A ecologia da paisagem, disciplina que estuda as relações entre o meio físico e biótico, introduziu a preocupação com os padrões da paisagem e dos seus condicionantes, estudando a estrutura função e mudança nos elementos espaciais da paisagem (FORMAN e GODRON, 1986; TURNER et al, 2001). A ecologia da paisagem torna-se muito abrangente por envolver também as questões socioeconômicas do ambiente, onde o ser humano é visto como uma parte interativa dos ecossistemas naturais (NAVEH e LIEBERMAN, 1994).

A análise da estrutura da paisagem com ajuda de métricas pode ocorrer em três níveis: (1°) o nível da mancha (menores elementos individuais observáveis da paisagem); (2°) o nível da classe; e (3°) o nível de toda a paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009). Métricas relativas a manchas descrevem as características geométricas de manchas individuais. Métricas relativas a classes resumem todas as manchas de uma determinada classe. O grupo de métricas específicas de classe estuda explicitamente a configuração desse conjunto de manchas. Métricas do nível da paisagem referem-se a toda a paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

A análise de métricas da paisagem possuem um viés ecológico, sobretudo como indicadores biológicos e de integridade ambiental e nesse sentido, o estudo em nível de classe deve focar nas classes de vegetação natural. Dentre os parâmetros usualmente utilizados para a análise da qualidade ambiental da vegetação natural estão o tamanho, a forma, a proximidade e a

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

qualidade da matriz, assumindo-se que fragmentos maiores, de forma mais arredondada, conectados a outros fragmentos e imersos em uma paisagem favorável ao deslocamento das espécies possuem atributos naturais mais favoráveis à manutenção de uma parcela significativa da biodiversidade (HERRMANN, 2011). Neste estudo, como o interesse é nos atributos gerais de algumas classes, a saber (1) floresta estacional semidecidual e (2) cerrado, a extração das métricas foram executadas no nível de classe (Tabela 24). As análises foram realizadas para cada tempo (T1, T2 e T3), com a utilização do software livre Fragstats v4.2 (https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html).

Métrica	Equação	Unidade	Descrição
Número de manchas	$NUMP = \sum n_i$	-	NUMP= Número total de manchas dentro de uma mesma classe; ni=Quantidade de manchas de uma classe.
Área média	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{n_i}$	Hectare	MPS= Tamanho médio das manchas; aij= área da mancha i na classej; j= 1 a n número de manchas da classe.
Índice médio de forma	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left\| \frac{0,25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right\|}{n_i}$	Adimensional	MSI= Índice de forma média; pij= Perímetro da mancha ij; aij= área da mancha i na classe j; j= 1 a n número de manchas; e ni= número de manchas da classe. Quanto maior o valor de MSI, mais irregular são os fragmentos.
Área núcleo média	$MCA = \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{a_{ij}^{c}}{a_{ij}} \right)$	Hectare	MCA= Área núcleo média; j= 1 a n número de manchas; aij= área da mancha i na classe j; aij^c= core área (m^2) da mancha ij baseado na largura da borda, em metros. Para o cálculo das áreas núcleo, foi utilizado o valor de borda de 3 metros.
Distância média do fragmento vizinho	$MNN = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_{ij}}{n}$	Metros	MNN=Distância média do vizinho mais próximo; h_{ij}: h menor distância do fragmento j da classe i até outro fragmento de mesma classe; n Quantidade de manchas de uma classe.

Fonte: LANG e BLASCHKE (2009).

Tabela 24- Métricas de paisagem utilizadas neste estudo.

Os resultados das análises nos 3 tempos estão ilustrados Tabela 25. Ressalta-se que as métricas de paisagem não devem ser analisadas individualmente, mas sempre dentro de um contexto, utilizando métricas de várias dimensões.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Métrica	Floresta Estacional Semidecidual			Cerrado		
	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3
NUMP	107	132	103	92	137	89
MPS (Ha)	7,12	5,52	5,79	20,38	12,77	19,65
MSI	2,16	1,99	1,99	2,02	1,97	1,97
MCA (Ha)	6,67	5,17	5,38	19,60	12,26	18,90
MNN (m)	57,29	49,12	63,04	34,93	29,16	40,20

Tabela 25 -Resultados das métricas de paisagem para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, nos Tempos 1, 2 e 3. NUMP: número de fragmentos; MPS: área média dos fragmentos; MSI: Índice de forma de média dos fragmentos; MCA: Área "núcleo" média dos fragmentos; MNN: Distância média do vizinho mais próximo entre os fragmentos

O número de fragmentos tanto de floresta estacional semidecidual quanto de cerrado aumentou entre o T1 e o T2 (Figura 45), pois como observado nos mapas de uso e cobertura do solo (Figura 25), o espalhamento da lama afetou os fragmentos de vegetação natural, sobretudo os localizados às margens do ribeirão Ferro-Carvão. Nesse sentido, houve subdivisão dos fragmentos de vegetação após o rompimento da barragem e redução de suas áreas (Figura 46). Em relação ao T3, as constantes modificações vêm afetando o número de fragmentos.

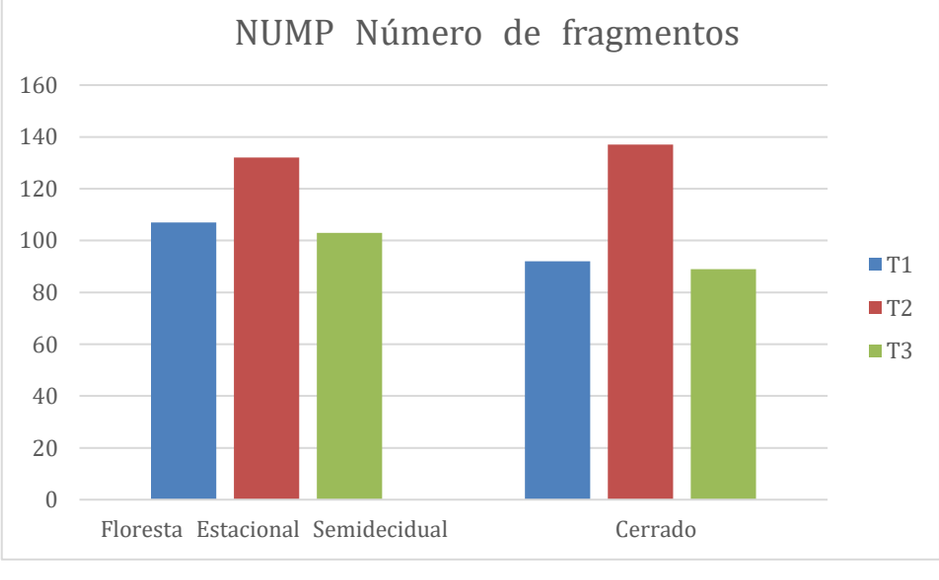


Figura 45 - Evolução da métrica NUMP para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado nos Tempos 1, 2 e 3.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

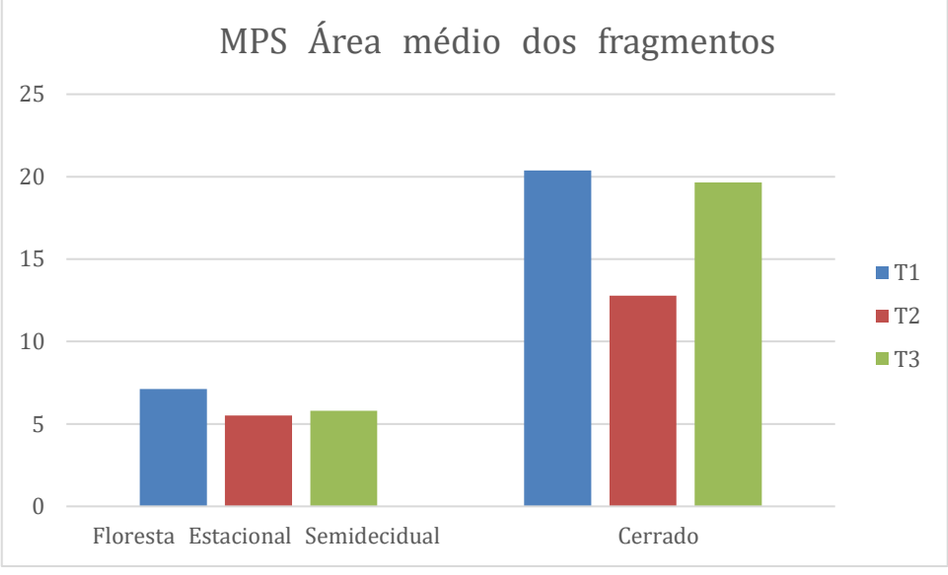


Figura 46- Evolução da métrica MPS para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, nos Tempos 1, 2 e 3.

O índice de forma média dos fragmentos, que indica a complexidade das formas, também se alterou entre o T1 e T2 (Figura 47. Os resultados indicam que entre o T1 e T2 os fragmentos de floresta estacional semidecidual e de cerrado no geral ficaram mais arredondados. No T3, as formas voltam a ficar mais complexas, visto que a área a bacia passa por várias intervenções.

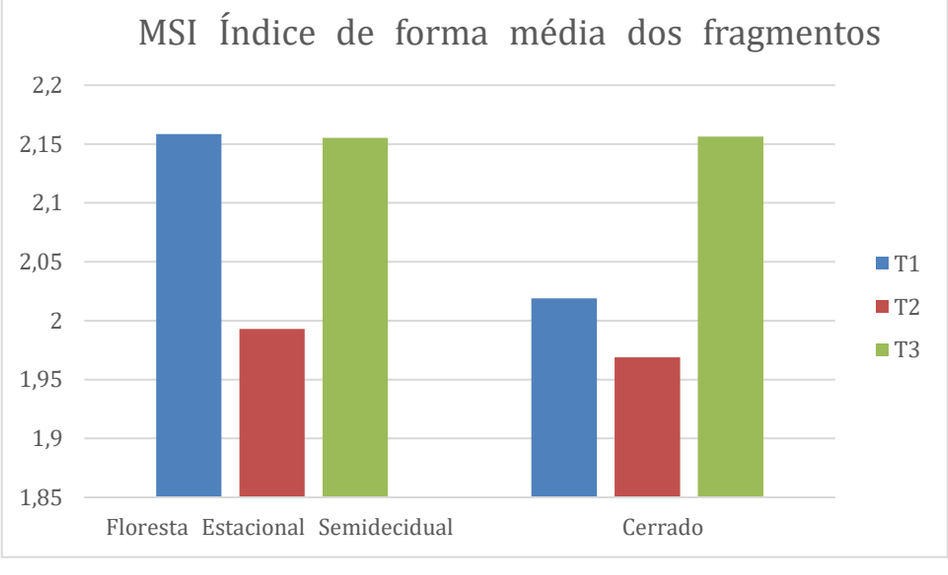


Figura 47 - Evolução da métrica MSI para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, nos Tempos 1, 2 e 3.

A área núcleo média dos fragmentos, que é a área excluindo as bordas, também diminui entre o T1 e T2 (Figura 48), em consequência do espalhamento da lama. No T3, a área núcleo vem aumentando, com destaque nas áreas de cerrado, que no geral foram menos afetadas pelo rompimento.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

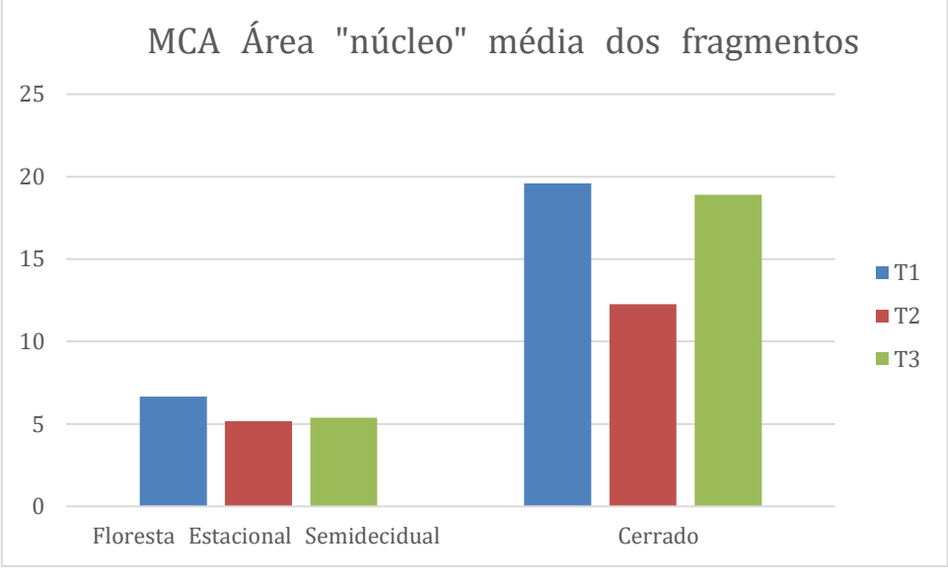


Figura 48- Evolução da métrica MCA para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, nos Tempos 1, 2 e 3.

A distância média do vizinho mais próximo mostra que, na média, os distância dos fragmentos ficou mais curta entre T1 e T2 (Figura 49). Como a análise leva em consideração toda a bacia hidrográfica, no geral a distância média diminuiu devido ao soterramento dos fragmentos próximos ao vale – mais distantes das partes altas da bacia. No T3, a distância voltou a aumentar, pois foi observado a presença de novos fragmentos nas áreas de obras.

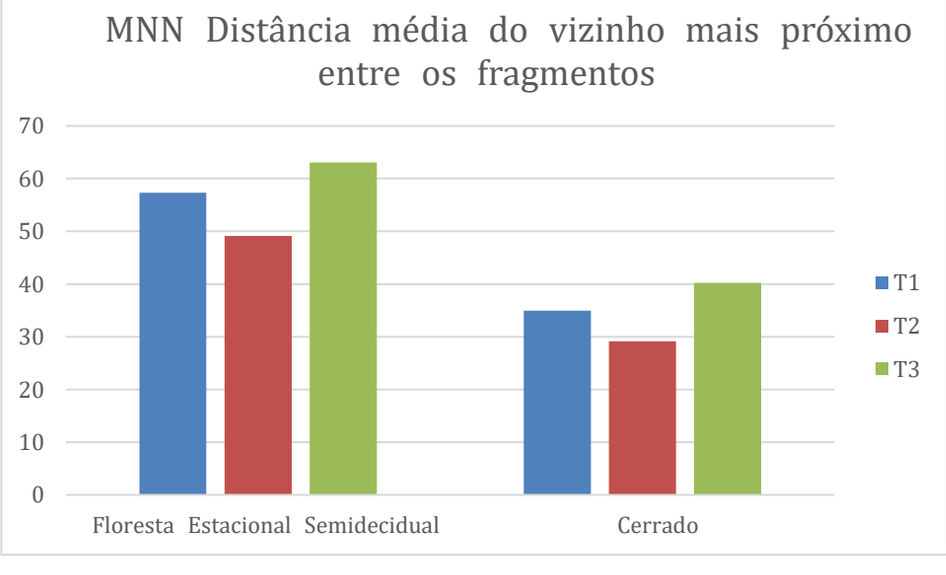


Figura 49 - Evolução da métrica MNN para as classes Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, nos Tempos 1, 2 e 3.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

6.3. Folha cartográfica modelo

No sentido de produzir uma Folha A0 que servisse de modelo para todos os tipos de mapas construídos pela equipe, foi obtido junto à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) – órgão técnico normativo da Cartografia Nacional – a Folha-Modelo na escala 1:10.000 utilizada em mapeamentos sistemáticos. De posse da folha obtida foram desenvolvidas adaptações à mesma em função das atividades e do produto pretendido pela equipe. Assim, foram identificadas as coordenadas limites do mapa, calculada a convergência meridiana e a declinação magnética do centro da folha.

Em contato com o a equipe do Subprojeto 01, responsável pelo desenvolvimento da plataforma interativa do Projeto Brumadinho UFMG, foi definido o tipo de arquivo a ser disponibilizado, no caso shapefile e GeoTiff, para os mapas produzidos. Ainda em interação com o CTC, foi estabelecido uma regra de identificação dos nomes dos mapas produzidos e do selo que se encontra aposto em cada canto inferior direito dos mapas.

Em função do mapa construído foram desenvolvidas legendas próprias. Estas legendas servem para identificar os elementos mapeados na região, e por esse motivo foram construídas em função das especificidades identificadas para o mapa em questão. Neste caso, cada mapa em particular possui legendas próprias. O arquivo da Folha-Modelo (Figura 50) encontra-se em formato *.qpt (para uso na plataforma QGIS), no qual cada usuário deve indexar imagens particulares contendo as legendas desenvolvidas.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

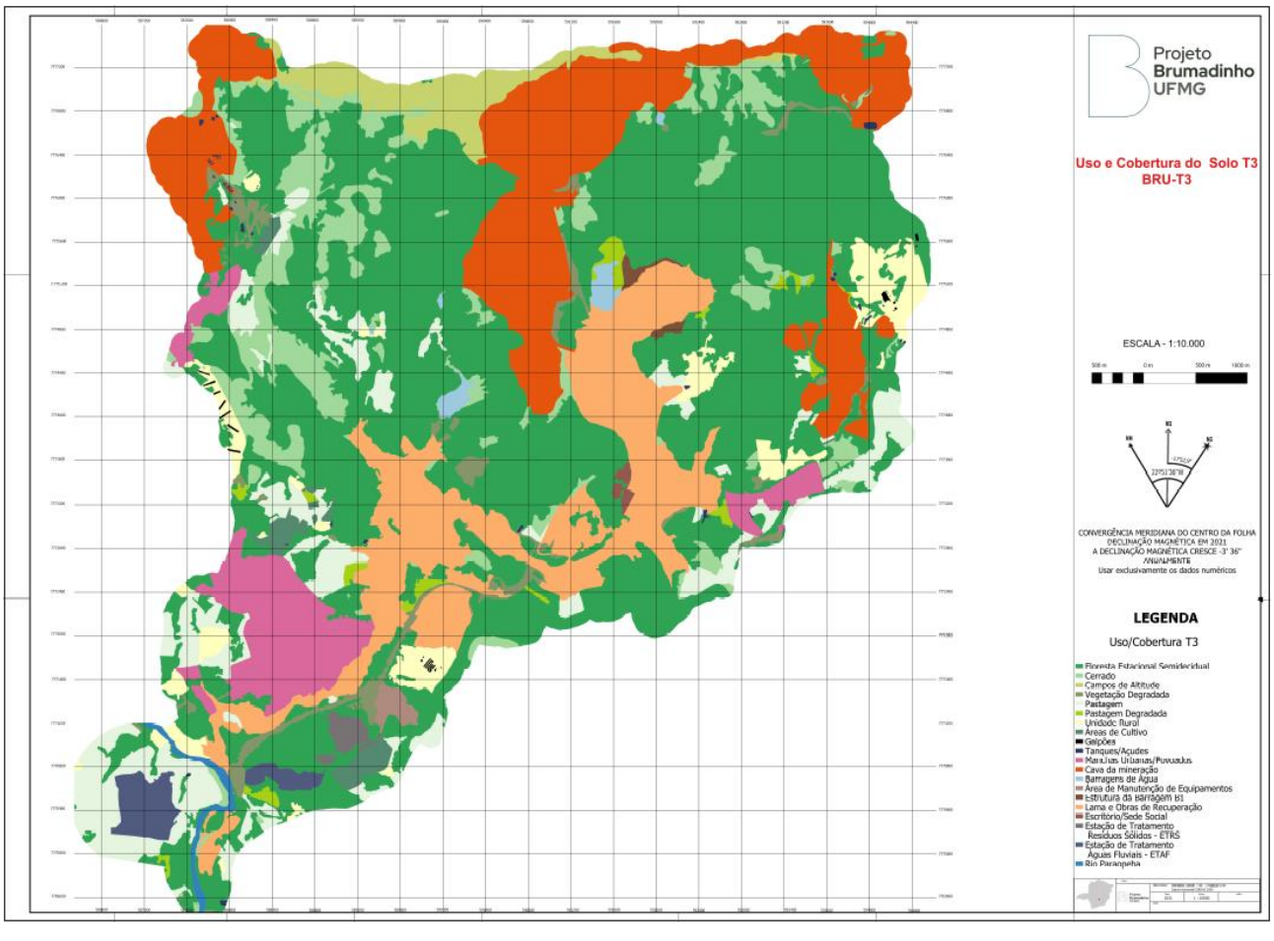


Figura 50- Ilustração da Folha-Modelo com mapeamento de Uso e Cobertura do Solo T3.

6.4. Mapeamento da drenagem, espelho d'água e mancha de lama em 2021

O delineamento das feições de hidrografia foi parte vital do escopo do subprojeto e subsidiou o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo e também das APPs. O mapeamento da linhas de drenagem no período anterior ao rompimento da barragem B1 recorreu ao apoio do modelo digital de terreno (MDT), da imagem orbital, de cartas topográficas e de observações realizadas em campo. Conforme informado anteriormente, o MDT utilizado foi produzido por um perfilamento laser (LIDAR aerotransportado) com dados previamente filtrados para entregar um produto equivalente a superfície física tereno.

O primeiro passo foi a extração da drenagem sintética recorrendo a ferramentas de análise hidrológicas do arcGIS sobre um modelo digital de terreno hidrologicamente consistente (APP de topo de morro). Os vetores resultantes foram analisados um-a-um quanto ao contexto e

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

adequação com base na imagem orbital e em cartas topográficas. A Figura 51 ilustra o resultado para toda a extensão da área de estudo.

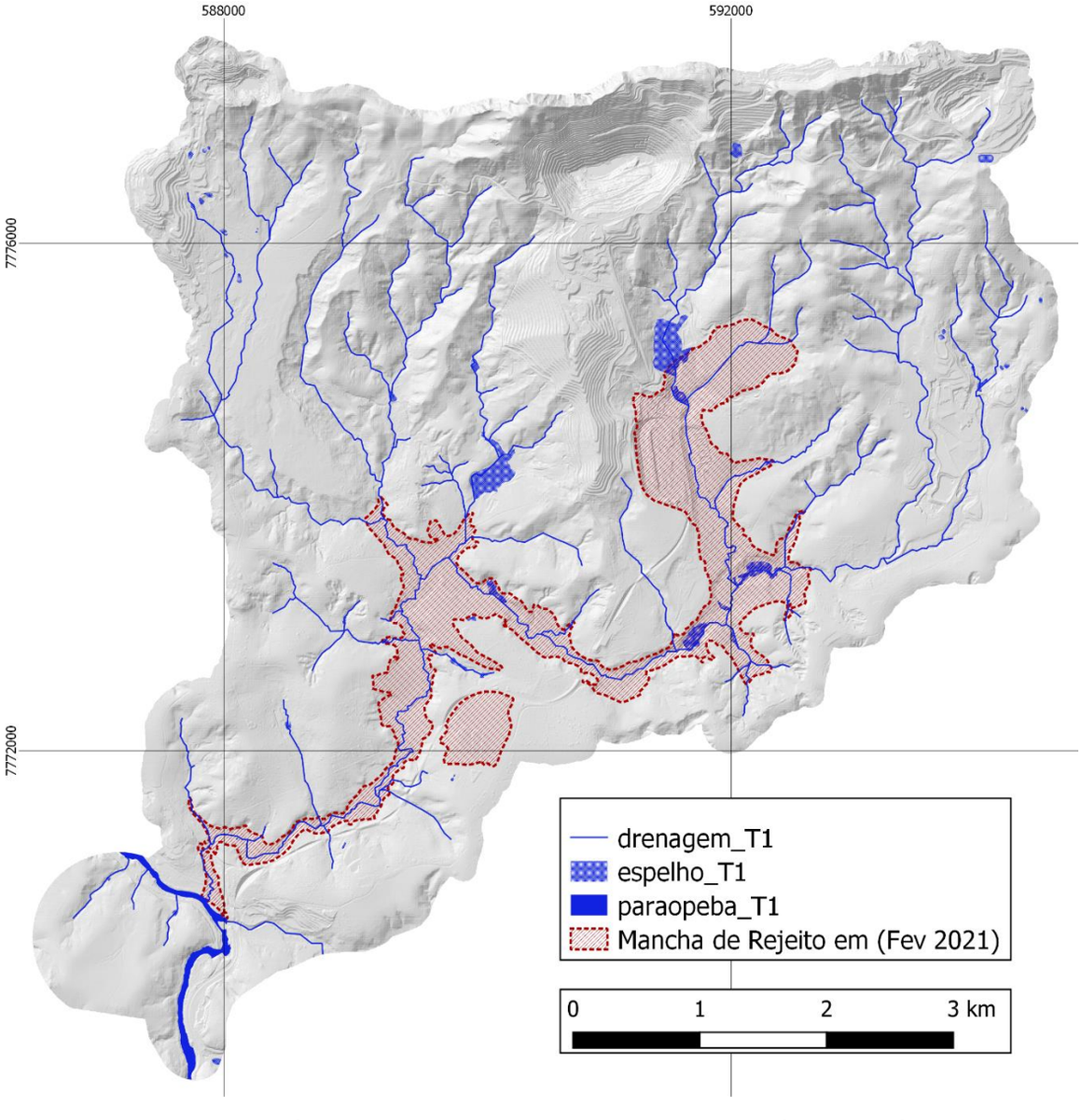


Figura 51 - Hidrografia da área de estudo representadas sobre a superfície topográfica revelando a situação *dos cursos d'água e espelhos d'água antes do rompimento da barragem B1. O polígono vermelho ilustra a área* onde as feições de hidrografia sofreram alteração e estão em processo de recuperação.

Cabe ressaltar que a alta qualidade do produto possibilitou a identificação de feições morfológicas locais do terreno para a vetorização das linhas de drenagem mesmo em áreas cobertas por vegetação densa. Esse recurso parece estar sendo utilizado no processo de restauração dos cursos d'água na área de estudo, como é o caso da foz do Ribeirão Ferro-Carvão no rio Paraopeba (Figura 52).

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

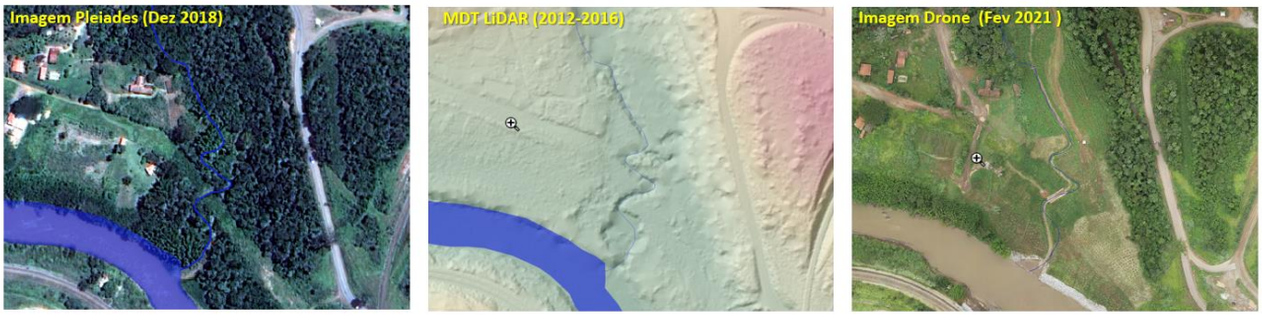


Figura 52 - Visualização da linha de drenagem para o período T1 (esquerda e centro) e período T4 (direita).

Embora todo o fundo de vale da sub-bacia esteja em obras, a situação presente já permite identificar trechos reconstituídos por canais construídos para alguns cursos d'água. A Figura 53 retrata alguns exemplos utilizando imageamento por drone, cujos dados (mosaico ortorretificado e modelo digital de superfície, descritos na seção 3.3, página 24) foram utilizados como base para a interpretação e vetorização manual dos cursos d'água e espelhos d'água da área diretamente atingida pela lama de rejeitos e área de depósito/inspeção de rejeitos. A Figura 54 apresenta um comparativo da situação das feições de hidrografia antes (T1) e depois (T2). Contudo, é importante considerar que o mapeamento da hidrografia na área atingida somente poderá ser concluído com êxito após a conclusão das obras.

Figura 53 - Perspectivas sintéticas mostrando a situação das obras de recuperação e remodelagem dos cursos *d'água e adjacências produzi*das a partir de dados capturados por drone em fevereiro de 2021.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

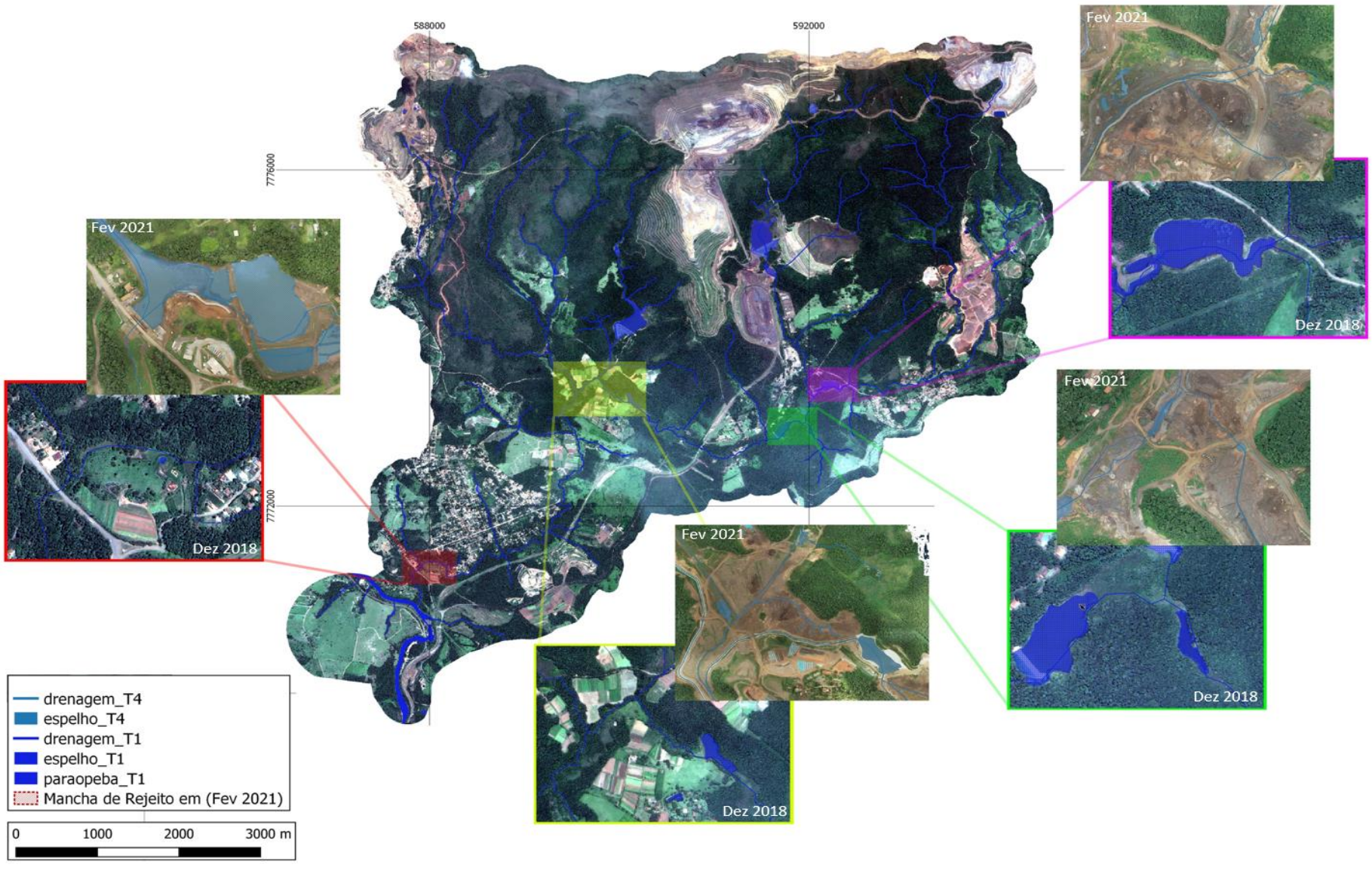


Figura 54 - *Quadro comparativo ilustrando a situação dos cursos e espelhos d'água nos períodos T1 (dezembro/2018) e T4 (fevereiro/2021) e*m 4 áreas distintas da sub-bacia..

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

7. Síntese dos produtos entregues

Os produtos foram disponibilizados seguindo orientação do Subgrupo 01 do Projeto Brumadinho, tendo como princípios gerais internacionais conhecidos como Open Science:

- Open Access (acesso aberto)
- Open Data (abertura de dados, especificações, modelos e experimentos)
- Open Computational Process (abertura de código-fonte)
- Os produtos foram divididos em dois agrupamentos:
- Dados Não Estruturados (DNE)
- Dados Estruturados (DE)

Os Dados Não Estruturados (DNE) possuem a característica de ser um texto livre. Neste caso, são disponibilizados no formato PDF não escaneado e, sim, convertido para viabilizar a extração do conteúdo textual visando indexação.

De modo a permitir uma associação de um conjunto de dados descritivos (metadados) de cada arquivo DNE produzido, foi criado um arquivo tabular (Metadados_DNE.CSV) contendo os seguintes atributos:

- Título
- Data de produção
- Autor(es)
- Proveniência (identificação do subprojeto)
- Resumo
- Descrição simplificada (linguagem não técnica)
- Nomes de localidades associadas ao documento
- Palavras-chave

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

- Tema, categoria, subcategoria

Os Dados Estruturados (DE), entretanto, são dados codificados de acordo com os padrões usuais de bancos de dados geográficos ou convencionais. Assim, são disponibilizados no formato SHP, GeoTIFF ou CSV.

De modo a permitir uma associação de um conjunto de dados descritivos (metadados) de cada arquivo DE produzido, foi criado um arquivo tabular (Metadados_DE.CSV) contendo os seguintes atributos:

- Título
- Data de produção
- Autor(es)
- Identificação do subprojeto
- Descrição, incorporando dicionário de dados
- Nome
- Descrição
- Tipo (numérico, string, data, etc...)
- Largura
- Descrição simplificada (linguagem não técnica)
- Extensão geográfica (bounding box da área)
- Sistema de referência geográfica
- Palavras-chave
- Tema, categoria, subcategoria.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

8. Sinergia com subprojetos de outras chamadas

O subprojeto 2 tem atuado a frente de outros subprojetos e, de forma coordenada pelo CTC, vem provendo dados, informações e produtos para subsidiar e otimizar o processo. Dentre os principais pontos, destacam-se:

- Imagens orbitais pós-processadas para planejamento e apoio aos subprojetos 58 e 60;
- Modelos digitais de terreno pós-processados para planejamento e apoio ao subprojeto 60;
- Produtos do voo de cobertura por drone (mosaico ortorretificado e modelo digital de superfície) para planejamento de operações dos subprojetos 58 e 60;
- Delimitação precisa da sub-bacia calculado a partir do modelo digital de terreno;
- Arquivo digital das classes de ocupação e uso do solo para o sub-projeto 60;
- Arquivo digital da hidrografia referente aos tempos T1 e T4 para o sub-projeto 60;
- Mapa de declividade para sub-projeto 60 (Figura 55).

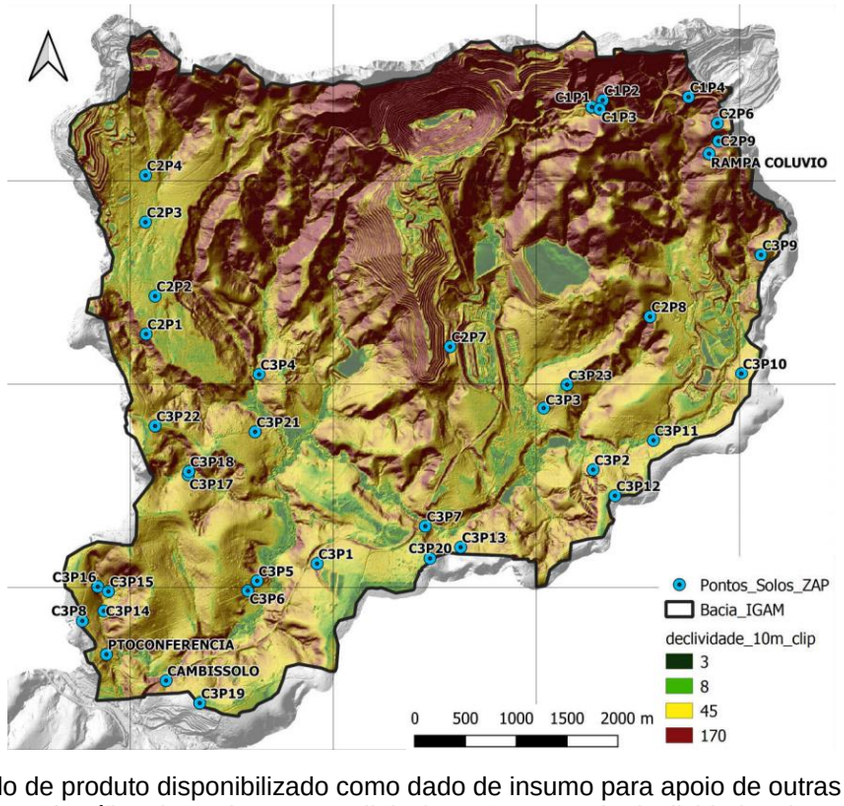


Figura 55- Exemplo de produto disponibilizado como dado de insumo para apoio de outras subprojetos coordenados pelo Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho/UFMG. Mapa de declividades do terreno em classes para apoiar o planejamento e interpretação dos levantamentos de solo do subprojeto 60.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

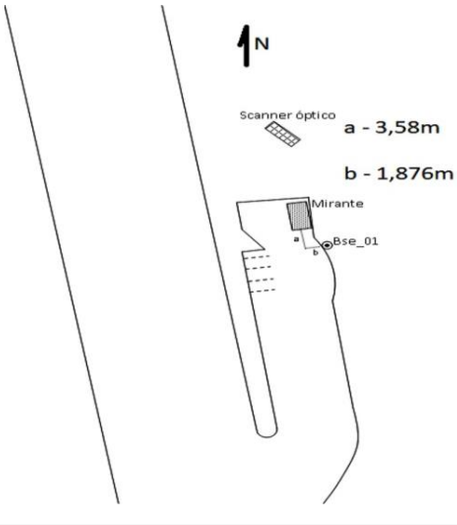
9. Material Suplementar

9.1. Monografia de marco de Levantamento GNSS

	MONOGRAFIA DO MARCO	Projeto Brumadinho UFMG

Identificação do vértice: BSE_01	Data: Janeiro/2021	Localidade: Brumadinho/ MG
Datum: SIRGAS2000 Elipsóide: GRS 80	Latitude	- 20°07’32,0802’’
	Longitude	- 44°07’38,0311’’
Projeção: UTM Fuso: 23 Meridiano Central: - 45°	N(m)	7.774.383,067
	E(m)	591.226,308
	Altitude elipsoidal - h (m)	886,44
Modelo Geoidal: MAPGEO2015	Altitude ortométrica - H (m)	891,93

Croqui



Descrição e Itinerário: Bse_01
Estaca de madeira inserida na crista de pequeno talude na proximidade do mirante(desativado instalada quase defronte às raias feitas com trilhos destinadas ao estacionamento de veículos.

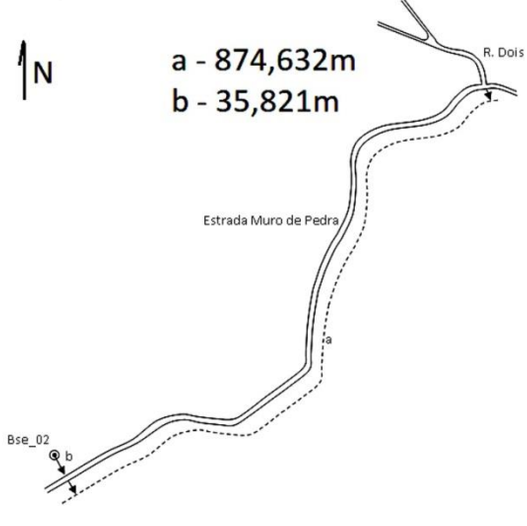
Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

MONOGRAFIA DO MARCO

Projeto Brumadinho UFMG

Identificação do vértice: **BSE_02**	Data: Janeiro/2021	Localidade: Brumadinho/ MG
Datum: SIRGAS2000 Elipsóide: GRS 80	Latitude	- 20°08’35,7500’’
	Longitude	- 44°06’57,1959’’
Projeção: UTM Fuso: 23 Meridiano Central: - 45°	N(m)	7.772.419,464
	E(m)	592.401,623
	Altitude elipsoidal - h (m)	849,07
Modelo Geoidal: MAPGEO2015	Altitude ortométrica - H (m)	854,49

Croqui



Descrição e Itinerário: Bse_02
Percorrer no sentido da cidade de Brumadinho aproximadamente 874,632 m na Rodovia vicinal conhecida por Estrada Muro de Pedra a partir da interseção da Rua 2 no vilarejo que abriga a Igreja de Nossa Senhora das Dores. A Bse_02 foi materializada na crista de pequeno talude afastado 35,821 da borda direita do guia da estrada.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

9.2. Controle de qualidade posicional das imagens orbitais utilizadas

Tabela 26 - Análise 3 - 1:10.000 PEC-PCD Classe A - T3T1.

DifX	DifY	DifZ	(x-mediaX)^2	(y-mediay)^2	(z-mediaz)^2
-0,55	-0,11		0,109466575	0,004446262	
-0,73	-0,07		0,260220714	0,012846023	
0,58	0,38		0,640412332	0,316024201	
-0,36	0,34		0,020686302	0,274502957	
0,15	0,32		0,131672944	0,252345785	
-0,09	-0,09		0,016890295	0,009312307	
0,13	-1,30		0,121934122	1,247531959	
-0,36	-0,08		0,020353683	0,01064824	
-0,37	-0,28		0,023381264	0,009629436	
-0,32	0,10		0,011588594	0,078400173	
-0,49	-0,26		0,076035489	0,005527878	
-0,67	0,25		0,206619642	0,186684751	
0,12	0,48		0,109983542	0,44061756	
-0,77	-0,16		0,311014047	0,000614064	
1,45	-0,86		2,77396242	0,46508266	
0,28	0,14		0,245296995	0,105865831	
0,64	-1,28		0,728893615	1,200689303	
-1,03	-0,34		0,655300503	0,024724321	
-1,01	0,09		0,636124816	0,075625164	
-0,14	-0,12		0,005705184	0,003624077	
-0,45	0,23		0,053487818	0,169620677	
0,04	-0,20		0,066922413	0,00028899	
0,58	-0,51		0,632404538	0,105423403	
-0,75	0,11		0,280926855	0,082771461	
-1,57	0,47		1,838723343	0,426278812	
-0,45	-0,02		0,053603054	0,024693077	
1,99	-0,30		4,848221224	0,013430421	
-0,35	-0,68		0,019099332	0,248611625	
-1,64	0,22		2,036795182	0,164552164	
-0,88	-0,93		0,441390598	0,56575926	
-0,48	0,24		0,06912605	0,174206322	
1,66	-0,60		3,535775042	0,175694856	
-1,29	-1,19		1,156905322	1,020261004	
-0,22	**-0,18**		**22,13892384**	**7,896335023**	
			0,69184137	0,246760469	
n=	33,00	DP	0,831770022	0,496749906	
Epplan=	1,70	Zcalc	**-0,729625911**	**-0,613418924**	
		Xcalc	**7,660527282**	**2,732295856**	
				X	Y
Ztab	**1,644853627**	Erro Sistemático		**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58474508**	Preciso 1:10.000		**Aprovada**	**Aprovada**

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Tabela 27- Análise 3 - 1:10.000 Tradicional (Brasil, 1984) Classe A - T3T1.

DifX	DifY	DifZ	(x-mediaX)^2	(y-mediay)^2	(z-mediaz)^2
-0,55	-0,11		0,109467	0,004446	
-0,73	-0,07		0,260221	0,012846	
0,58	0,38		0,640412	0,316024	
-0,36	0,34		0,020686	0,274503	
0,15	0,32		0,131673	0,252346	
-0,09	-0,09		0,01689	0,009312	
0,13	-1,30		0,121934	1,247532	
-0,36	-0,08		0,020354	0,010648	
-0,37	-0,28		0,023381	0,009629	
-0,32	0,10		0,011589	0,0784	
-0,49	-0,26		0,076035	0,005528	
-0,67	0,25		0,20662	0,186685	
0,12	0,48		0,109984	0,440618	
-0,77	-0,16		0,311014	0,000614	
1,45	-0,86		2,773962	0,465083	
0,28	0,14		0,245297	0,105866	
0,64	-1,28		0,728894	1,200689	
-1,03	-0,34		0,655301	0,024724	
-1,01	0,09		0,636125	0,075625	
-0,14	-0,12		0,005705	0,003624	
-0,45	0,23		0,053488	0,169621	
0,04	-0,20		0,066922	0,000289	
0,58	-0,51		0,632405	0,105423	
-0,75	0,11		0,280927	0,082771	
-1,57	0,47		1,838723	0,426279	
-0,45	-0,02		0,053603	0,024693	
1,99	-0,30		4,848221	0,01343	
-0,35	-0,68		0,019099	0,248612	
-1,64	0,22		2,036795	0,164552	
-0,88	-0,93		0,441391	0,565759	
-0,48	0,24		0,069126	0,174206	
1,66	-0,60		3,535775	0,175695	
-1,29	-1,19		1,156905	1,020261	
-0,22	**-0,18**		**22,13892**	**7,896335**	
			0,691841	0,24676	
n=	33,00	DP	0,83177	0,49675	
Epplan=	3,00	Zcalc	**-0,41345**	**-0,3476**	
		Xcalc	**2,45988**	**0,877371**	
				X	Y
Ztab	**1,644854**	Erro Sistemático		**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58475**	Preciso 1:10.000		**Aprovada**	**Aprovada**

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Tabela 28 - Análise 2 -1:10.000 PEC-PCDClasse A - T3T2.

DifX	DifY	DifZ	(x-mediaX)^2	(y-mediay)^2	(z-mediaz)^2
-0,66	0,46		0,23681495	0,867918082	
-0,12	0,19		0,00262796	0,427743746	
1,65	-0,26		3,343644972	0,041624655	
-0,29	0,43		0,012890506	0,812019438	
0,46	0,28		0,398115111	0,565987207	
-0,34	0,04		0,027204004	0,26042774	
0,68	-0,34		0,732673747	0,016389431	
-1,21	0,94		1,078765496	1,995216176	
-0,73	0,00		0,305517488	0,21960584	
0,36	-1,25		0,281603895	0,603074613	
-0,62	0,21		0,198057365	0,45605874	
-0,41	-0,41		0,054166215	0,003711394	
0,41	1,24		0,346171769	2,920411712	
-0,54	-0,18		0,135082979	0,08284105	
2,07	-0,61		5,035821604	0,019566075	
0,13	-0,33		0,0943495	0,019022261	
1,64	-2,58		3,308264928	4,472289321	
-1,03	0,00		0,722731837	0,21960584	
-0,90	-0,30		0,531202445	0,028029862	
-0,47	-0,19		0,086163597	0,079141625	
1,06	-1,32		1,520692554	0,729963113	
-1,60	-0,46		2,035005997	0,000123681	
-1,26	-0,53		1,170586295	0,00366979	
0,26	-1,32		0,193128288	0,729792247	
-2,94	0,68		7,639897019	1,315198893	
-1,01	0,34		0,698622427	0,648864422	
2,03	-1,01		4,842480318	0,296130553	
1,13	-2,95		1,714695015	6,15624818	
0,29	-0,58		0,216191183	0,012449826	
0,93	-0,66		1,212120929	0,037163661	
-1,58	-1,15		1,967949863	0,460740643	
-1,57	0,00		1,939714579	0,21960584	
-1,60	-3,84		2,034150165	11,38373286	
-0,17	**-0,47**		**44,117105**	**36,10436852**	
			1,378659531	1,128261516	
n=	33,00	DP	1,174163332	1,062196553	
Epplan=	1,70	Zcalc	**-0,590891243**	**-1,583543477**	
		Xcalc	**15,26543426**	**12,49286108**	
				X	Y
Ztab	**1,644853627**	Erro Sistemático		**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58474508**	Preciso 1:10.000		**Aprovada**	**Aprovada**

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Tabela 29 - Análise2 - 1:10.000 Tradicional (Brasil, 1984) Classe A - T3T2.

DifX	DifY	DifZ	(x-mediaX)^2	(y-mediay)^2	(z-mediaz)^2
-0,66	0,46		0,23681495	0,867918082	
-0,12	0,19		0,00262796	0,427743746	
1,65	-0,26		3,343644972	0,041624655	
-0,29	0,43		0,012890506	0,812019438	
0,46	0,28		0,398115111	0,565987207	
-0,34	0,04		0,027204004	0,26042774	
0,68	-0,34		0,732673747	0,016389431	
-1,21	0,94		1,078765496	1,995216176	
-0,73	0,00		0,305517488	0,21960584	
0,36	-1,25		0,281603895	0,603074613	
-0,62	0,21		0,198057365	0,45605874	
-0,41	-0,41		0,054166215	0,003711394	
0,41	1,24		0,346171769	2,920411712	
-0,54	-0,18		0,135082979	0,08284105	
2,07	-0,61		5,035821604	0,019566075	
0,13	-0,33		0,0943495	0,019022261	
1,64	-2,58		3,308264928	4,472289321	
-1,03	0,00		0,722731837	0,21960584	
-0,90	-0,30		0,531202445	0,028029862	
-0,47	-0,19		0,086163597	0,079141625	
1,06	-1,32		1,520692554	0,729963113	
-1,60	-0,46		2,035005997	0,000123681	
-1,26	-0,53		1,170586295	0,00366979	
0,26	-1,32		0,193128288	0,729792247	
-2,94	0,68		7,639897019	1,315198893	
-1,01	0,34		0,698622427	0,648864422	
2,03	-1,01		4,842480318	0,296130553	
1,13	-2,95		1,714695015	6,15624818	
0,29	-0,58		0,216191183	0,012449826	
0,93	-0,66		1,212120929	0,037163661	
-1,58	-1,15		1,967949863	0,460740643	
-1,57	0,00		1,939714579	0,21960584	
-1,60	-3,84		2,034150165	11,38373286	
-0,17	**-0,47**		**44,117105**	**36,10436852**	
			1,378659531	1,128261516	
n=	33,00	DP	1,174163332	1,062196553	
Epplan=	3,00	Zcalc	**-0,334838371**	**-0,897341304**	
		Xcalc	**4,901900555**	**4,011596502**	
				X	Y
Ztab	**1,644853627**	Erro Sistemático		**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58474508**	Preciso 1:10.000		**Aprovada**	**Aprovada**

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Tabela 30 - Análise-1:10.000 PEC-PCD Classe A - T3 pontos de controle GNSS.

DifE	**DifN**	**(E-mediaE)^2**	**(N-mediaN)^2**
-3,18	-0,40	8,355597266	0,790093317
-2,10	-0,18	3,299606856	0,444971626
-1,40	2,63	1,245875651	4,554417231
-2,45	0,88	4,694281224	0,14697874
1,75	2,28	4,141782609	3,182542053
-2,37	-0,90	4,331068779	1,933300969
-0,35	0,53	0,004322537	0,001104104
-0,80	0,47	0,267034697	0,000677141
-0,11	0,55	0,030818505	0,003476053
0,09	0,80	0,140179104	0,094033036
2,65	3,77	8,632578515	10,76980472
-2,04	1,80	3,087867816	1,69840339
-1,50	2,84	1,465799333	5,50323773
2,45	-0,18	7,482582756	0,444971627
0,35	0,18	0,402651164	0,100439513
1,36	-0,75	2,693415993	1,534382484
0,65	-0,05	0,877324462	0,293170199
1,11	1,03	1,958026497	0,289054688
-0,08	0,77	0,043396389	0,075497489
1,40	1,23	2,8391913	0,538063421
-0,60	-1,70	0,097628752	4,81259143
-0,27	1,18	0,00019572	0,478750608
-0,86	0,00	0,327142817	0,240739322
-0,37	-1,33	0,006663294	3,327566764
-0,12	0,71	0,028051895	0,04658607
-1,69	0,86	1,984542753	0,136846773
-0,94	0,16	0,432132687	0,112682362
1,60	-2,90	3,568173659	11,49597805
-0,35	0,97	0,004454094	0,224228828
-0,28	0,38	3,6E-05	0,011545918
-0,40	-0,36	0,014328808	0,721636548
-0,28	**0,49**	**62,45675193**	**54,00777221**
		2,081891731	1,800259074
n=	31,00	1,442876201	1,341737334
Epplan=	1,70	**-0,931457501**	**1,611350097**
		21,61133285	**18,68781045**
		E	N
Ztab	**1,644853627**	**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58474508**	**Aprovada**	**Aprovada**

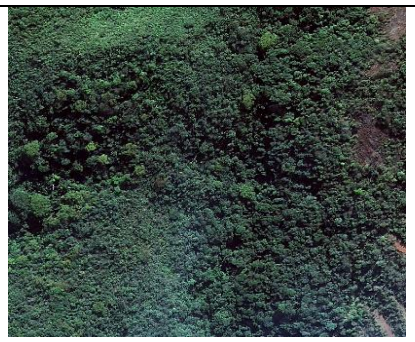
Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Tabela 31- Análise 1:10.000 Tradicional Classe A - T3 pontos de controle GNSS.

DifE	**DifN**	**(E-mediaE)^2**	**(N-mediaN)^2**
-3,18	-0,40	8,355597266	0,790093317
-2,10	-0,18	3,299606856	0,444971626
-1,40	2,63	1,245875651	4,554417231
-2,45	0,88	4,694281224	0,14697874
1,75	2,28	4,141782609	3,182542053
-2,37	-0,90	4,331068779	1,933300969
-0,35	0,53	0,004322537	0,001104104
-0,80	0,47	0,267034697	0,000677141
-0,11	0,55	0,030818505	0,003476053
0,09	0,80	0,140179104	0,094033036
2,65	3,77	8,632578515	10,76980472
-2,04	1,80	3,087867816	1,69840339
-1,50	2,84	1,465799333	5,50323773
2,45	-0,18	7,482582756	0,444971627
0,35	0,18	0,402651164	0,100439513
1,36	-0,75	2,693415993	1,534382484
0,65	-0,05	0,877324462	0,293170199
1,11	1,03	1,958026497	0,289054688
-0,08	0,77	0,043396389	0,075497489
1,40	1,23	2,8391913	0,538063421
-0,60	-1,70	0,097628752	4,81259143
-0,27	1,18	0,00019572	0,478750608
-0,86	0,00	0,327142817	0,240739322
-0,37	-1,33	0,006663294	3,327566764
-0,12	0,71	0,028051895	0,04658607
-1,69	0,86	1,984542753	0,136846773
-0,94	0,16	0,432132687	0,112682362
1,60	-2,90	3,568173659	11,49597805
-0,35	0,97	0,004454094	0,224228828
-0,28	0,38	3,6E-05	0,011545918
-0,40	-0,36	0,014328808	0,721636548
-0,28	**0,49**	**62,45675193**	**54,00777221**
		2,081891731	1,800259074
n=	33,00	1,442876201	1,341737334
Epplan=	3,00	**-0,527825917**	**0,913098388**
		6,939639104	**6,000863578**
		E	N
Ztab	**1,644853627**	**Aprovada**	**Aprovada**
Xtab	**42,58474508**	**Aprovada**	**Aprovada**

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

9.3. Chave de interpretação de uso e cobertura do solo

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Elemento Meio Físico	Veg. Arbórea	49-163-84		Floresta estacional perene. Esta feição aparece na imagem na coloração verde escura com uma maior rugosidade da textura. Não apresenta forma ou padrão definidos e ocupa a maior parte da bacia do córrego Ferro-Carvão.
	Veg. Arbustiva	161-217-155		Vegetação composta por predominância de arbustos, podendo ser chamada de cerrado/campo sujo. Apresenta uma coloração na imagem com um verde mais claro do que a feição anterior, e também não apresenta forma ou padrões definidos.
	Campos de Altitude	229-245-224		As manchas de Campos de altitude estão localizadas nas partes mais altas da bacia do córrego Ferro-Carvão e possuem como predominância o extrato herbáceo em sua composição.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Infraestrutura Rural T1,T2 e T3	Pastagem			As áreas de pastagem são áreas de médio porte com predominância do extrato herbáceo, possuindo alguns arbustos e/ou árvores. Possui uma forma normalmente poligonal e em algumas destas áreas pode-se observar os sulcos de seu plantio.
	Pastagem Degradada			As áreas de pastagem degradada possuem quase as mesmas características da anterior, porém, com marcas de sobre pastoreio (linhas brancas) ou mesmo pouca vegetação herbácea.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
	Unidade Rural			Esta classe foi definida como sendo um agrupamento de outras classes que seriam irrelevantes para a escala deste trabalho. A Unidade rural aqui definida, não se pressupõem que sejam os limites legais destas unidades rurais (também chamados de chácaras, sítios, pousadas, etc.). Aqui ela é composta por casas, currais, pequenos pastos, açudes, árvores, etc.
	Tanques e açudes			Esta classe está inserida na classe “Unidade Rural”, mas não obrigatoriamente, pois nem todas possuem açudes ou tanques. Normalmente os açudes se apresentam em forma linear (acompanhando o fundo dos vales) ou em formas circulares ou poligonais (no caso de tanques). Para a composição colorida ao lado, sua cor pode variar do verde escuro ao claro, e às vezes podendo adquirir tons azulados também.
	Galpões			Normalmente possuem formas poligonais retangulares ou quadradas e estão, em grande parte associadas à avicultura.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
	Vegetação Degradada			A classe de vegetação degradada é composta pela vegetação à beira de estradas e ferrovias às vezes com cores mais amarronzadas na imagem, ou mesmo áreas de culturas ou pastagens que foram abandonadas (neste caso algumas das características das pastagens podem ser observadas, como forma e padrão interno das manchas)
	Atividade Agrícola	255-255-191		Campos cultivados principalmente formados por horticultura, com uma textura mais lisa e fruticultura, com uma textura um pouco mais rugosa, mas com predominância herbácea e com padrões lineares bem nítidos. Existência de áreas de solo nu, quando do preparo da terra, mas com os padrões acima bem nítidos na imagem.
Infraestrutura Urbana (T1/T2/T3)	Área Urbana	150-150-150		Cidade/Vila/Distrito. É uma classe que não possui forma definida, mas possui um padrão interno quadriculado, formado muitas vezes pelo arruamento e alinhamento das casas. Pode possuir em seu interior áreas de vegetação arbórea ou mesmo rasteira.

Número do documento: 21110916164478000006831585411
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164478000006831585411
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Extrativismo Mineral (T1/T2/T3)	Mineração	230-85-13		Feição composta de cava, taludes, água, solo nu, etc. Esta classe é composta tanto pela cava, bem como outros tipos de áreas de extração. Normalmente apresenta taludes
Infraestrutura de Extrativismo Mineral (T1)	Escritório e Sede Social			Composta por grandes estruturas, tais como galpões, escritórios, refeitórios, etc. Possuem uma textura muito grosseira e normalmente o solo é asfaltado entre uma estrutura e outra (isso para T1). Estas estruturas foram destruídas após o rompimento da Barragem e só está presente desta forma em T1. Já para T3, esta classe possui uma outra formatação, onde algumas unidades rurais foram adquiridas pela Vale e novos escritórios, áreas de estacionamentos, restaurantes foram novamente reconstruídos.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

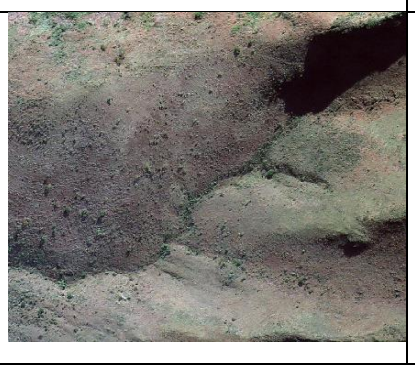
Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
	Barragem Rejeito	254-230-206		Existente intacta em T1 e inexistente em T2 e T3 devido ao colapso da barragem. Apresenta taludes em seu barramento e no topo uma superfície de textura lisa com tonalidades escuras, o que pode representar a presença de humidade ou água.
Mancha Derramamento (T2)	Lama	253-174-107		Derramamento de lama devido ao rompimento da barragem. Apresenta tonalidades marrons e brancas em alguns lugares. Não possui um padrão interno, mas a forma acompanha o fundo do vale do ribeirão Ferro-Carvão, até o final da bacia.
Infraestrutura De tratamento (T3)	Lama + Obras	253-174-107		Derramamento de lama devido ao rompimento da barragem e obras de recuperação do fundo do vale. Diferentemente da mancha de derramamento da lama, neste caso, pode-se observar padrões lineares bem distintos, onde a lama é movimentada e posteriormente selecionada à procura de traços de corpos.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Infraestrutura De tratamento T3	ETAF	90-180-172		Estação de Tratamento de Águas Fluviais: são estruturas de tonalidade de cinza bem escuras, com formas poligonais e padrões lineares internos compostos pelos sacos de filtragem tanto dos sedimento jogados no rio Paraopeba (ETAF2) quando do ribeirão Ferro-Carvão (ETAF1) cuja água, depois de tratada é lançada novamente no rio Paraopeba.
Infraestrutura Extrativismo Mineral (T1,T2, T3)	Barragens Água	158-202-225		Barramentos de água para utilização na mineração. Possui uma cor esverdeada nesta composição colorida de imagem, uma textura lisa e está associada a um barramento de uma tonalidade de cinza claro.
Infraestrutura de Tratamento	ETRS			Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos: Em um primeiro momento, foi confundida com algum tipo de atividade mineradora mas, através do trabalho de campo, foi verificado que se tratava de uma área destinada ao descarte de resíduos sólidos.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

9.4. Chave de interpretação para a cobertura do solo

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Elemento Meio Físico	Veg. Arbórea	49-163-84		Floresta estacional perene. Esta feição aparece na imagem na coloração verde escura com uma maior rugosidade da textura. Não apresenta forma ou padrão definidos e ocupa a maior parte da bacia do córrego Ferro-Carvão.
	Veg. Arbustiva	161-217-155		Vegetação composta por predominância de arbustos, podendo ser chamada de cerrado/campo sujo. Apresenta uma coloração na imagem com um verde mais claro do que a feição anterior, e também não apresenta forma ou padrões definidos.
	Vegetação Rasteira	229-245-224		Vegetação composta predominantemente por vegetação rasteira. Para ajudar no treinamento do *"Deep Learning"*, em termos de cobertura do solo foram agrupados várias classes dentro desta, tais como *"Campos de Altitude"*, *"Pastagem"*, *"Pastagem Degradada"*, *"Unidade Rural"* (Nesta classe, também foram inseridos as classes de infraestrutura rurais, tais como sedes, piscinas, galpões e currais, bem como pequenas pastagens) e *"Vegetação Degradada"*.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Infraestr. Rural T1,T2 e T3	Atividade Agrícola	255-255-191		Campos cultivados principalmente formados por horticultura, com uma textura mais lisa e fruticultura, com uma textura um pouco mais rugosa, mas com predominância herbácea e com padrões lineares bem nítidos. Existência de áreas de solo nu, quando do preparo da terra, mas com os padrões acima bem nítidos na imagem.
Infraestr. Urbana (T1/T2/T3)	Área Urbana	150-150-150		Cidade/Vila/Distrito. É uma classe que não possui forma definida, mas possui um padrão interno quadriculado, formado muitas vezes pelo arruamento e alinhamento das casas. Pode possuir em seu interior áreas de vegetação arbórea ou mesmo rasteira.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Extrativismo Mineral (T1/T2/T3)	Mineração	230-85-13		Feição composta de cava, taludes, água, solo nu, etc. Esta classe é composta tanto pela cava, bem como outros tipos de áreas de extração. Normalmente apresenta taludes
Infraestr. Extrativismo Mineral (T1)	Barragem Rejeito	254-230-206		Existente intacta em T1 e inexistente em T2 e T3 devido ao colapso da barragem. Apresenta taludes em seu barramento e no topo uma superfície de textura lisa com tonalidades escuras, o que pode representar a presença de humidade ou água.
Mancha Derramamento (T2)	Lama	253-174-107		Derramamento de lama devido ao rompimento da barragem. Apresenta tonalidades marrons e brancas em alguns lugares. Não possui um padrão interno, mas a forma acompanha o fundo do vale do ribeirão Ferro-Carvão, até o final da bacia.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

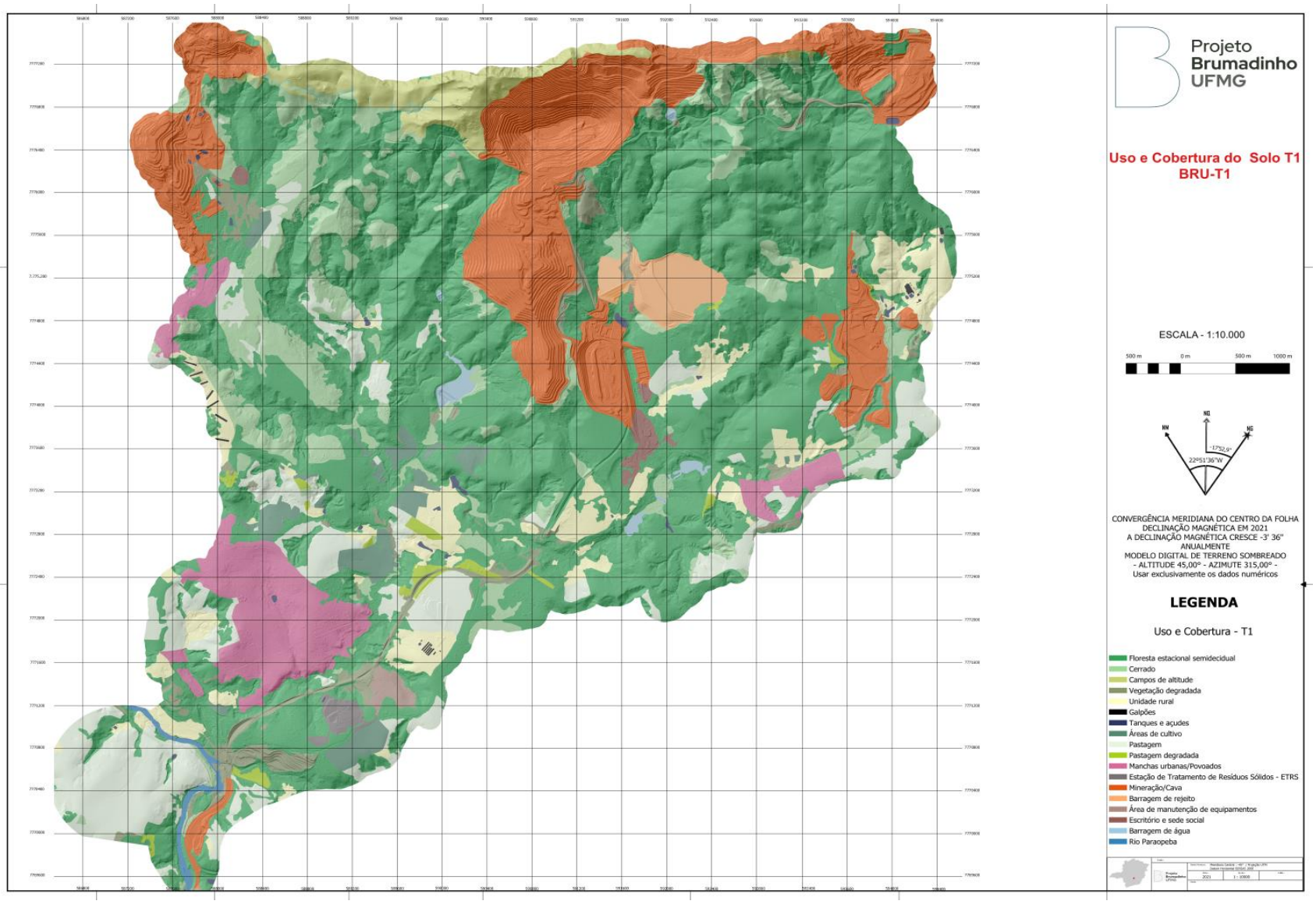
Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Infraestr. De tratamento (T3)	Lama + Obras	253-174-107		Derramamento de lama devido ao rompimento da barragem e obras de recuperação do fundo do vale
Infraestr. De tratamento T3	ETAF	90-180-172		Estação de Tratamento de Águas Fluviais
Infraestr. Extrativismo Mineral (T1,T2, T3)	Barragens Água	158-202-225		

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

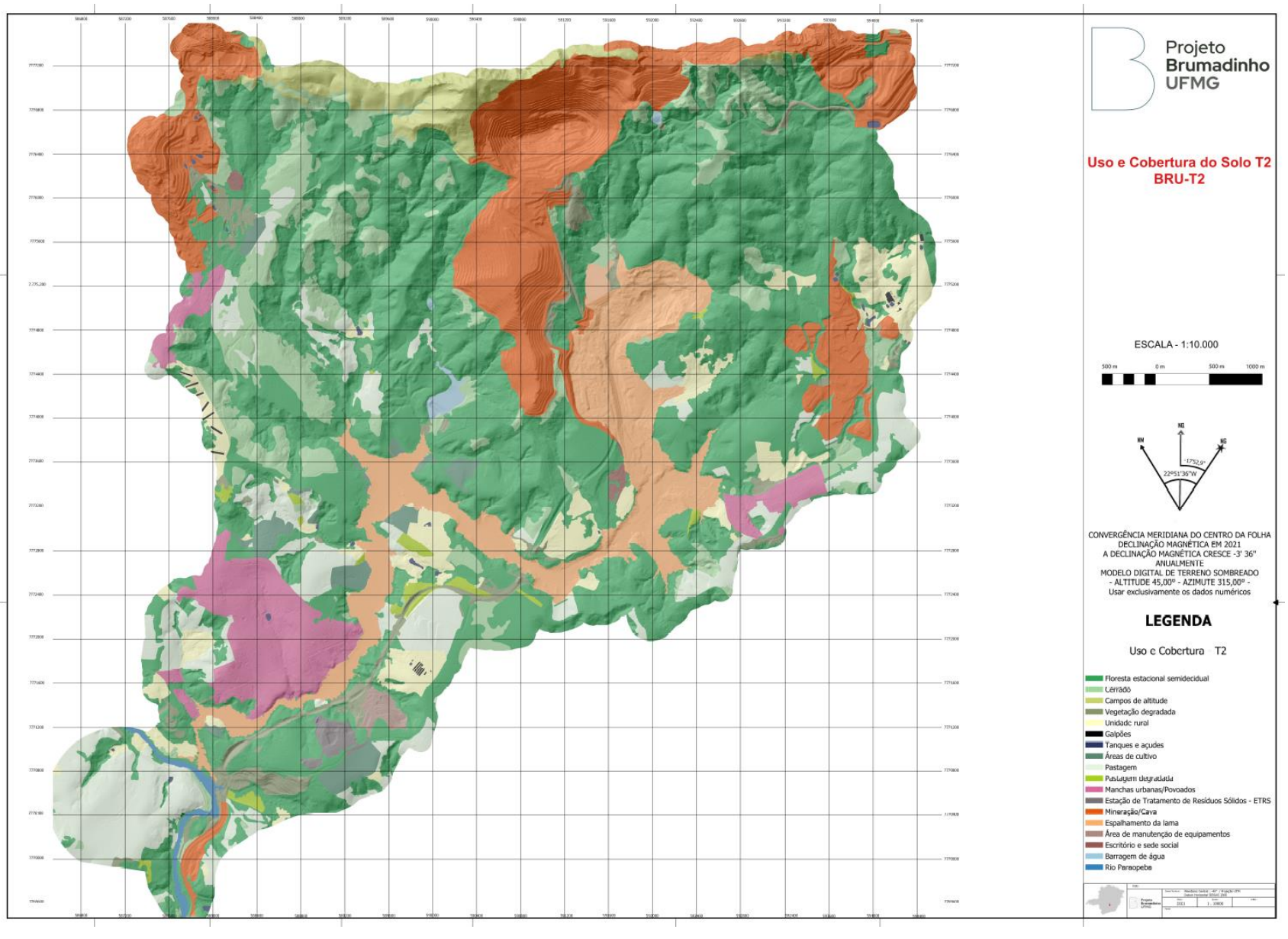
Cobertura	Feição	Cor (RGB)	Exemplo	Observações
Outros	Outros	233-163-201		ETRS (Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos
				Galpões
				Tanques e açudes

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

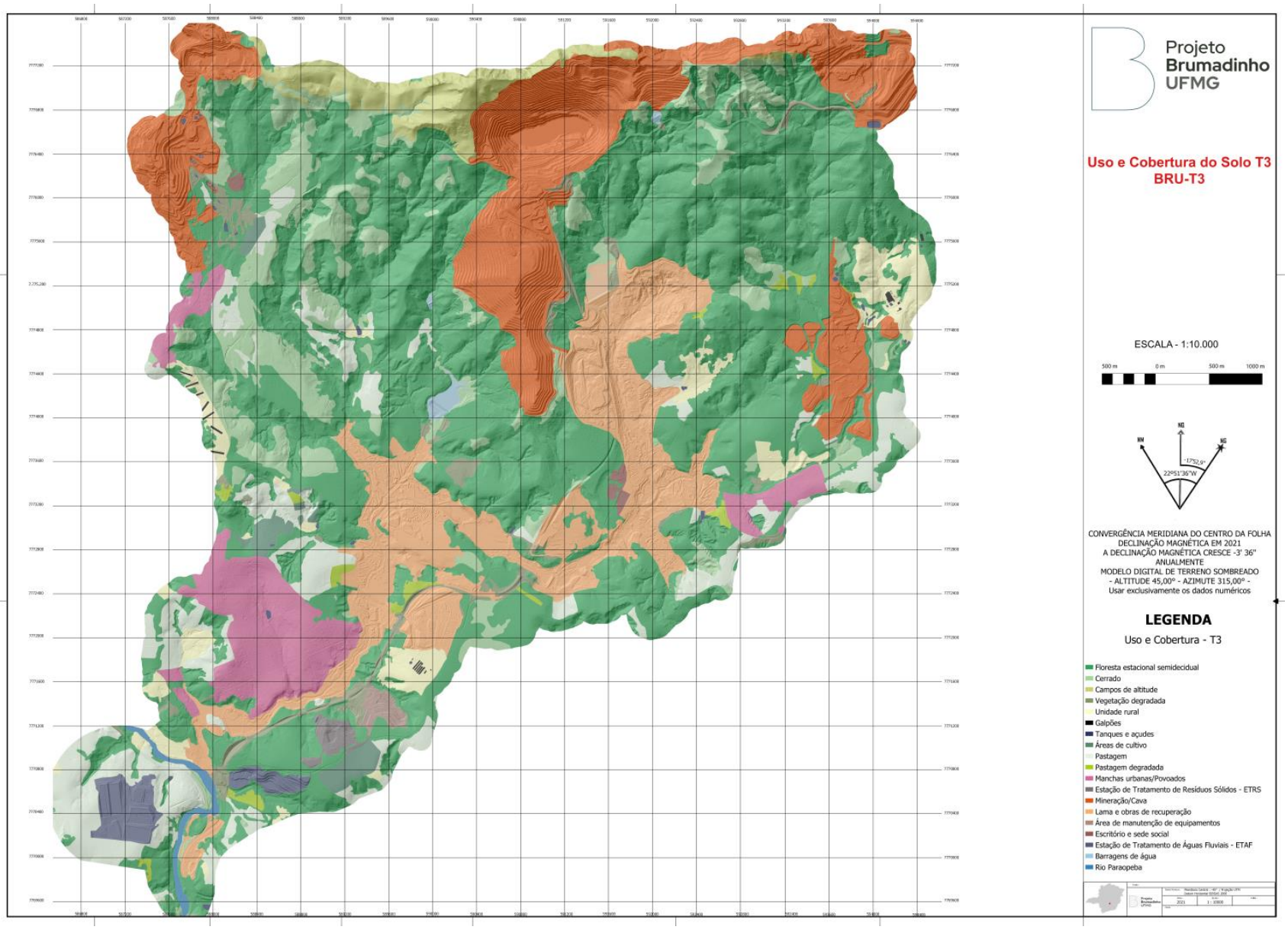
9.5. Mapas de uso e cobertura do solo da área de estudo



Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

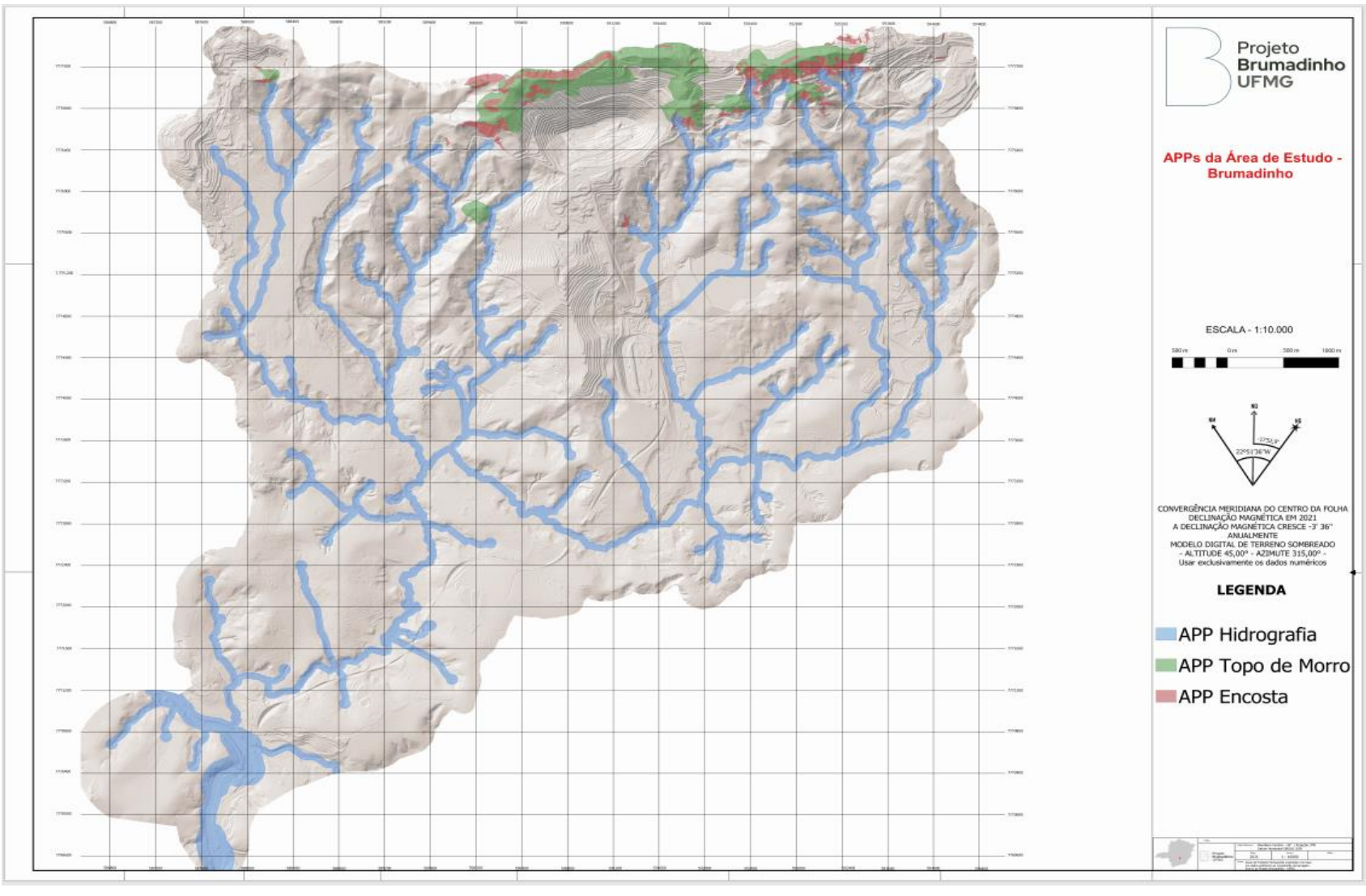


Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45



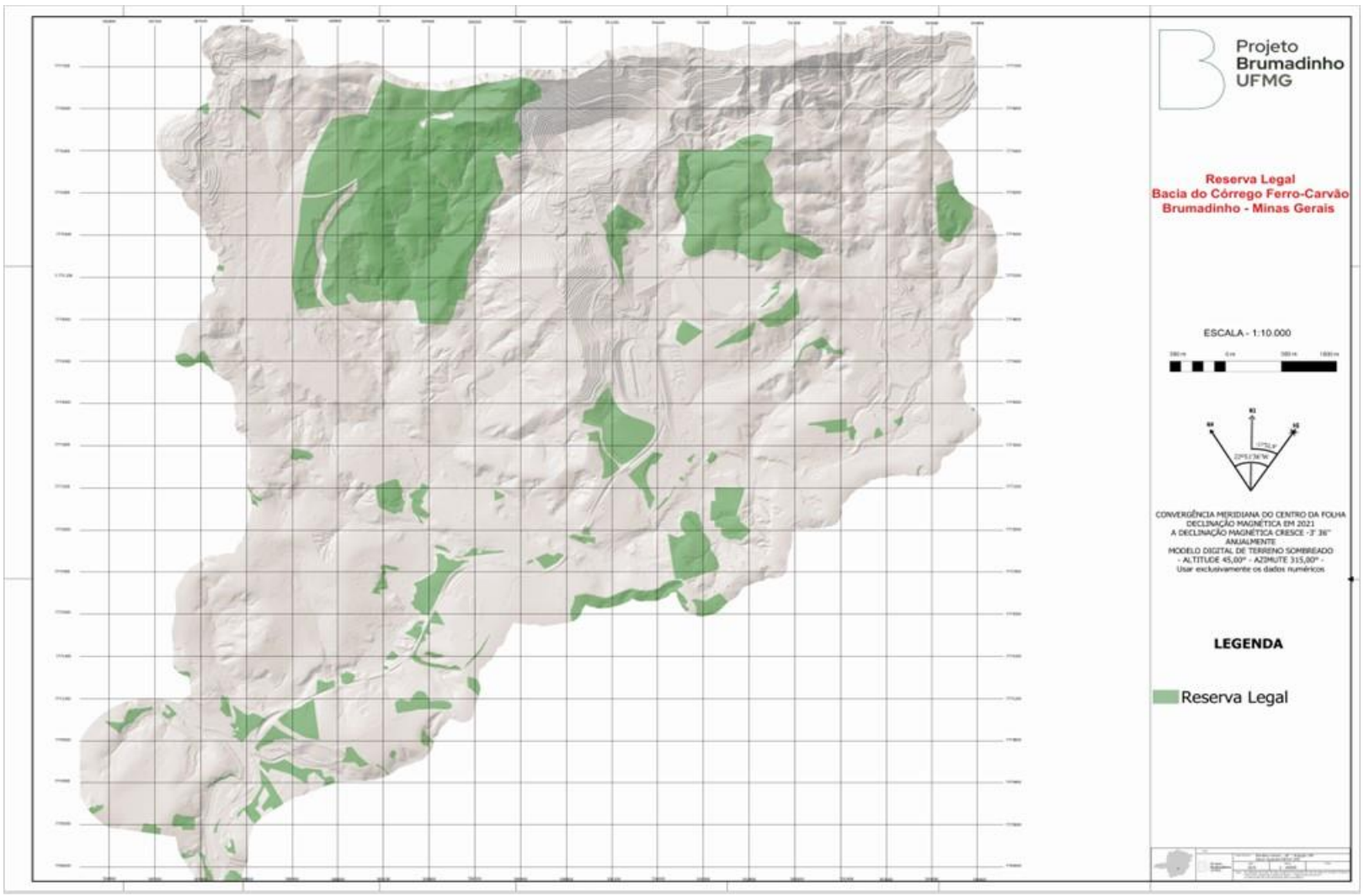
Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

9.6. Mapa das áreas de Proteção Permanente (APP) na área de estudo



Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

9.7. Mapa das áreas de Reserva Legal na área de estudo



Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Referências Bibliográficas

AGISOFT LCC. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.5. 2019

BALBOA, J. L. G.; FERNÁNDEZ, M. V. A.; LÓPEZ, F. J. A.; AVI, J. R. Analysis of Thematic Similarity Using Confusion Matrices. ISPRS International Journal of Geo-Information, v.7, 233. 2018. https://doi.org/10.3390/ijgi7060233

BRASIL. Decreto no. 89.817 de 30 de março de 1983. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, Diário Oficial da União, 1984. Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/FCCA32.HTM>.

CARRIVICK, Jonathan L.; SMITH, Mark W.; QUINCEY, Duncan J. Structure from Motion in the Geosciences. John Wiley & Sons, 2016.

CHEN, L-C., PAPANDREOU, G., SCHROFF, F., ADAM, H. Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation. arXivpreprint arXiv:1706.05587, 2017.

CONCAR, 2011. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Brasil. 2011. 2.ed.

CONCAR, 2016. Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG). Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Brasil. 2016. 1.ed.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Nova York, Boca Raton: Lewis Publishers, 137 p., 1999.

FERNÁNDEZ, V. A.; LOPEZ, F. A.; AVI, J. R.; BALBOA, J. G. (2020). Statistical Methods for Thematic-Accuracy Quality Control Based on an Accurate Reference Sample. Remote Sensing. 12. 2020. 816.10.3390/rs12050816.

FLEISS, J.L., COHEN, J., EVERITT, B.S., Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. Psychol. Bull. 72 (5), 323. 1969.

FOODY, G. M.. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment andcomparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. Remote Sensing of Environment. 239. 2021. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. Landscape Ecology. John Wiley e Sons, New York, NY. 1986.

HERRMANN, G. (Org.). Incorporando a Teoria ao Planejamento Regional da Conservação: A Experiência do Corredor Ecológico da Mantiqueira. Belo Horizonte: Valor Natural, 2011.

IGLHAUT, J.; CABO, C.; PULITI, S.; PIERMATTEI, L.; O'CONNOR, J.; ROSETTE, J. Structure from motion photogrammetry in forestry: A review. Current Forestry Reports, v. 5, n. 3, p. 155-168, 2019.

LANDIS, J.R., KOCH, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 33, 159–174.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

LONG, J., SHELHAMER, E., DARRELL, T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pages 3431–3440, 2015.

LU, M.; WU, W.; YOU, L.; SEE, L.; FRITZ, S.; YU, Q.; WEI, Y.; CHEN, D.; YANG, P.; XUE, B.: A cultivated planet in 2010 – Part 1: The global synergy cropland map, Earth Syst. Sci. Data, 12, 1913–1928, https://doi.org/10.5194/essd-12-1913-2020, 2020.

MACK, B.; LEINENKUGEL, P.; KUENZER, C.; DECH, S. A semi-automated approach for the generation of a new land use and land cover product for Germany based on Landsat time-series and Lucas in-situ data, Remote Sensing Letters, 2017, 8:3, 244-253, DOI: 10.1080/2150704X.2016.1249299, https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1249299

MALLET, C.; LE BRIS, A.: Current challenges in operational very high-resolution land-cover mapping, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2020, 703–710, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-703-2020, 2020.

MONSERUD, R.A., LEEMANS, R., 1992. Comparing global vegetation maps with the kappa statistic. Ecol. Model. 62 (4), 275–293.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. Landscape ecology: Theory and application. New York, Spring Verlag, 1994. 2nd ed. 360p.

NERO M. A.. Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional. Ph.D. Thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 187pp.

NERO, M. A., 2006. Metodologias avançadas para o controle de qualidade posicional de bases cartográficas. Relatório de Projeto de Pós Doutorado Júnior – Processo 151272/2005-0. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 178pp. 2005

NERO, M. A.; CINTRA, J. P; FERREIRA, G. F.; PEREIRA, T. A. J.; FARIA, T. S.. A computational tool to evaluate the sample size in map positional accuracy. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 23, p. 445-460, 2017.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B.; MONICO, J. F. G.; TACHIBANA, V. M. Tamanho da amostra no controle de qualidade posicional de dados cartográficos. Boletim de Ciências Geodésicas (Online), v. 10, n.1, p. 101-112, 2004.

OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; SEE, L.; SCHULTZ, M.; FOODY, G.; RIFFLER, M.; GASBER, T.; JOLIVET, L.; LE BRIS, A.; MENEROUX, Y.; LIU, L.; POUPÉE, M.; GOMBERT, M. Use of Automated Change Detection and VGI Sources for Identifying and Validating Urban Land Use Change. Remote Sens. 2020, 12, 1186. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1186/pdf

REMONDINO, F.; NOCERINO, E.; TOSCHI, I.; MENNA, F. A critical review of automated photogrammetric processing of large datasets. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, v. 42, 2017.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

SALK, C.; FRITZ, S.; SEE, L.; DRESEL, C.; MCCALLUM, I. An Exploration of Some Pitfalls of Thematic Map Assessment Using the New Map Tools Resource. Remote Sens. 2018, 10, 376. https://www.mdpi.com/2072-4292/10/3/376/htm

SAMASSE, K.; HANAN, N.P.; TAPPAN, G.; DIALLO, Y. Assessing Cropland Area in West Africa for Agricultural Yield Analysis. Remote Sens. v.10, 1785, 2018. https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1785/pdf

SCHEPASCHENKO, D., SEE, L., LESIV, M. et al. Recent Advances in Forest Observation with Visual Interpretation of Very High-Resolution Imagery. SurvGeophys 40, 839–862, 2019. https://doi-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10712-019-09533-z

SEE L, PERGER C, HOFER M, WEICHSELBAUM J, DRESSEL C, FRITZ S. LACO-WIKI: an open access online portal for land cover validation. In: ISPRS Geospatial Week 2015, 28 September-3 October 2015, Grande Motte, France. https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-3-W5/167/2015/isprsannals-II-3-W5-167-2015.pdf

SEE, L.; LASO BAYAS, J.C.; SCHEPASCHENKO, D.; PERGER, C.; DRESEL, C.; MAUS, V.; SALK, C.; WEICHSELBAUM, J.; LESIV, M.; MCCALLUM, I.; MOORTHY, I.; FRITZ, S. LACO-Wiki: A New Online Land Cover Validation Tool Demonstrated Using GlobeLand30 for Kenya. Remote Sens. 2017, 9, 754. https://www.mdpi.com/2072-4292/9/7/754/pdf

STEPHEN V. STEHMAN, RAYMOND L. CZAPLEWSKI, Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment: Fundamental Principles, Remote Sensing of Environment, Volume 64, Issue 3, 1998, Pages 331-344, ISSN 0034-4257, https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00010-8. (http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425798000108).

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; e O'NEILL, R. V. Landscape ecology in theory and practice: patterns and process. EUA: Springer. 2001.

WESTOBY, M. J.; BRASINGTON, J.; GLASSER, N. F.; HAMBREY, M. J.; REYNOLDS, J. M. 'Structure-from-Motion'photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, v. 179, p. 300-314, 2012.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Anexo I – Resposta aos quesitos formulados pelas partes

I.1 – Resposta aos quesitos formulados pela Advocacia Geral do Estado de Minas Gerais (documento id 112253073 de 17/04/2020)

[Quesitos Técnicos - Secretaria de Estado de Agricultura e Pecuária – SEAPA]

1 – Recomenda-se ao ilustre Perito Oficial a identificação de áreas irrigáveis no escopo do trabalho

Resposta: As áreas irrigadas correspondem à áreas de agricultura mapeadas no projeto e estão identificadas no mapa de uso e cobertura solo, mais especificamente na classe “áreas de cultivo”. Ademais, na seção 5 “Tabulações e Análises” do relatório final do projeto apresenta a quantificação dessas áreas em hectare.

2 – Recomenda-se ao ilustre Perito Oficial a identificação de novas áreas agrícolas inundadas no último período chuvoso (2020) no escopo do trabalho, pois os produtores potencialmente atingidos e a população precisam de informações seguras sobre os riscos e impactos nessas áreas.

Resposta: O mapeamento desenvolvido (objeto da Chamada 02) não contemplou a identificação de novas áreas agrícolas inundadas no período chuvoso de 2020.

3 – Pede-se ao ilustre Perito Oficial que esclareça todas as medidas de comunicação e relacionamento com a comunidade alvo da pesquisa estão previstas, tendo em vista que há risco de baixa aceitação da ação por parte da comunidade atingida, uma vez que, decorrido mais de um ano do desastre, tem-se a expectativa de receber ações corretivas e compensatórias, podendo haver críticas a ações que ainda estejam centradas em identificar, diagnosticar e avaliar impactos.

Resposta: O escopo do trabalho desenvolvido no Subprojeto 02 foi plenamente físico e não envolveu comunicação ou relacionamento com a comunidade. O alvo do estudo foi o mapeamento da cobertura e uso do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão e Estações de Tratamento de Águas Fluviais adjacentes a sub-bacia, para o qual as campanhas realizadas em campo foram restritas a coleta de coordenadas geográficas e fotografias locais sem interação com a comunidade.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Quesitos Técnicos - Instituto Estadual de Florestas – IEF

4 – Pede-se ao ilustre Perito Oficial esclarecer a definição conceitual das classes de uso e cobertura do solo que será utilizada na identificação, diagnóstico e avaliação propostos.

Resposta: A definição das classes mapeadas são as possíveis frente ao produto disponível e estão enumeradas na proposta da Chamada 02. Contudo, a definição conceitual das feições naturais, que no documento apenas foram identificadas como “vegetação densa” e “vegetação rasteira”, podem ser mehor explicadas quanto a sua fitofisionomia nos conceitos utilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Detalhes em: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Rio de Janeiro (2012). Disponível em https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf

5 – Pede-se ao ilustre Perito Oficial esclarecer a metodologia que será utilizada para garantir a obtenção de dados sobre o espalhamento da mancha de rejeito na área atingida como classe de uso do solo, considerando que ainda não existem informações sobre a área onde houve acúmulo ou passagem da lama de rejeitos, em especial no sub-bosque dos remanescentes florestais, e que há limitações de levantamento dessas informações por meio de geotecnologias e de previsão de apenas 2 campanhas de campo de 3 dias cada.

Resposta: A mancha de rejeito está bem delimitada na imagem de alta resolução adquirida no momento imediatamente após o rompimento, visto que a mancha, por ser movimento de massa, arrasou a vegetação ripária e deixo o terreno bem delimitado. A metodologia utilizada para a delimitação do espalhamento da mancha de rejeitos está descrita na seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) do presente relatório, e a chave de interpretação utilizada pode ser vista na seção 9 (material Suplementar), item 9.3. Cabe ressaltar que o mapeamento foi validado quanto a qualidade posicional e demonstrou atender a escala 1:10.000, e a qualidade temática, obtendo índices altamente confiáveis. Ademais, o projeto de mapeamento inclui o emprego de aerolevantamento por drone, instrumento que foi utilizado para maximizar a eficiência e a cobertura mapeamento

6 – Recomenda-se ao ilustre Perito Oficial que as classes "Áreas de Reserva Legal", "Cursos d´água" e "Áreas de Preservação Permanente" estejam contempladas em produtos à parte, como camadas de informações geoespaciais separadas, para serem usadas em relacionamentos e análises espaciais.

Resposta: As classes supracitadas fazem parte do escopo do trabalho e estão disponíveis na Plataforma Interativa do Projeto Brumadinho, e disponibilizados em camadas separadas(independentes).

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

7 – Recomenda-se ao ilustre Perito Oficial que as Reservas Legais sejam classificadas em três grupos distintos, considerando as diversas situações de regularização das áreas na sub-bacia em questão:

Firmadas ou aprovadas: englobando aquelas constantes em registros públicos (averbadas em cartório) ou termos de compromisso firmados com o IEF;

Propostas: para aquelas inscritas no CAR (Cadastro Ambiental Rural), mas, todavia, não aprovadas pelo órgão ambiental;

Incertas: quando não puder ser enquadrada em nenhuma das condições anteriores

Resposta: O mapeamento desenvolvido contemplou as Áreas de Reserva Legal, dos Cursos d'Água e "Áreas de Preservação Permanente", cujos produtos estão disponíveis na Plataforma Interativa do Projeto Brumadinho disponibilizados em camadas separadas (independentes). A síntese dos produtos entregues pode ser vista no item 7 do presente relatório, e os mapas presentes na seção 9 (Material Suplementar) deste relatório ilustram exemplos dos produtos finais independentes. Cabe ressaltar que o Cadastro Ambiental Rural, utilizado como referência no mapeamento das Áreas de Reserva Legal as classifica em "Reserva Legal Aprovada e Não Averbada, Reserva Legal Averbada e Reserva Legal Proposta.

8 – Considerando a classificação recomendada, pede-se ao ilustre Perito Oficial indicar a localização e a dimensão das Reservas Legais: a) firmadas ou aprovadas; b) propostas e c) incertas?

Resposta: As áreas de Reservas Legais da base do CAR dentro do limite da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão estão contempladas em um dos produtos do subprojeto 02, consequentemente suas respectivas localizações e dimensões. A tabela seguinte sintetiza as informações supracitadas. Contudo, conforme respondido no quesito anterior, não é objetivo da chamada em tela nenhum detalhamento em nível cadastral.

9 – Considerando que as escalas das fontes existentes (à exemplo do CAR) não refletem em sua totalidade a realidade observada em campo, pede-se ao ilustre Perito Oficial indicar a metodologia de mapeamento dos percursos dos cursos d´água, perenes ou intermitentes, inclusive no que se refere **às nascentes e olhos d'água perenes**.

Resposta: Foi utilizado um modelo de terreno de alta resolução oriundo de varredura por laser, e também imagens de alta resolução espacial ortorretificadas, que permitiram elaborar um produto cartográfico compatível com escala 1:10.000 (escala para mapeamento em área rural segundo o IBGE). O modelo digital de terreno serviu de apoio para o cálculo da drenagem sintética utilizando algoritmos de geoprocessamento. Os vetores da drenagem sintética apoiaram o processo de fotoidentificação, componente essencial na classificação desses

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

elementos, e que foi executada analisando o contexto em que estes os potenciais cursos d'água e nascentes estão inseridos. O mapeamento foi validado em campo quanto a qualidade posicional como para a qualidade temática.

10 – Onde se encontram os cursos d´águas perenes e intermitentes e nascentes e olhos d´água perenes?

Resposta: Os cursos d`água, incluindo as nascentes, foram mapeados no presente subprojeto em atendimento às especificações da Chamada 02. A localização precisa das feições de hidrografia mapeadas podem ser consultadas na seção 4.5.1 APP de cursos d'água e APP de nascente do presente relatórioas.

11 – Recomenda-se ao ilustre Perito Oficial que o momento considerado "atual" seja definido para até abril/2020, de forma a contemplar o término do período de obras emergenciais, permitindo a definição das áreas que sofreram intervenção ambiental e que serão objeto das ações de restauração na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, além de contornar limitação nas imagens devido às constantes ocorrências de nuvens.

Resposta: O momento "atual" pode ser qualquer data cuja partes acordarem como mais adequadas, assim aguardaremos essa definição. No entanto, se nos permitem a colocação, como duas das cenas serão em pleno verão, seria oportuno termos uma cena capturada em outra estação de menor intensidade de chuvas, como por exemplo junho 2020. Isso permite, além do acesso a informações posteriores ao término das obras emergenciais como apontado pelo analista da SEMAD, também a possibilidade de um maior discernimento entre cursos d'água intermitentes e perenes em fundos de vale e grotões nas cabeceiras da área de estudo. Cabe ressaltar que para o desenvolvimento do mapeamento, efetivamente ocorrido no início de 2021, contou-se também com imageamento através de drone, contemplando a questão temporal levantada pelo(a) ilustre analista da parte interessada.

12 – Quais áreas sofreram intervenção ambiental até o término do último período chuvoso, na área de abrangência desse mapeamento?

Resposta: As áreas que sofreram intervenção ambiental estão precisamente ilustradas e quantificadas nos mapas de uso e cobertura do solo, seja para o tempo 2 (dias após o rompimento da barragem) com o derramamento da lama de rejeitos em áreas lindeiras ao fundo de vale do ribeirão Ferro-Carvão, ou pela movimentação de equipamentos na logística operacional do resgate e das obras de recuperação que ocupam não somente o fundo de vale do ribeirão supracitado, mas também áreas adjacentes com terreno mais elevado utilizadas como

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

pátios operacionais, infraestruturas de apoio e até estações de tratamento de águas fluviais em sub-bacias adjacentes.

13 – Quais serão os índices utilizados e a metodologia de análise de mudança de uso do solo para produção dos mapas de índices de vegetação e solo e de mudanças na paisagem?

Resposta: Foi utilizada a taxa bruta de transformação, esta dada pela diferença entre a classe mapeado no tempo 2 (janeiro de 2019, imediatamente após o rompimento da barragem) e a classe mapeada no tempo 1 (dezembro de 2018, semanas antes do incidente), bem como a taxa relativa de transformação (diferença entre a classe mapeado no tempo 2 e a classe mapeado no tempo 1, cujo valor ao final é dividido pela área mapeada). Como complemento a especificação da Chamada 02, foi incluído no escopo do projeto o cálculo e análise de métricas de paisagens para subsidiar questões sobre a forma com que as transformações na paisagem ocorreram nos entre os períodos mapeados.

14 – 2.2.9 As análises de métricas da paisagem estão contempladas no projeto definitivo?

Resposta: Sim. De forma complementar ao originalmente especificado na Chamada 02, foi incorporado ao escopo do subprojeto 02 o cálculo de métricas da paisagem, apresentado no item 6 (Processos e produtos complementares) do presente relatório.

15 – No que se refere às classes de uso e ocupação do solo, quais são as áreas ocupadas e seu quantitativo, nos 3 momentos objeto do mapeamento, pela: a) vegetação nativa, em suas distintas fitofisionomias e estágios sucessionais; b) mancha de rejeito nos sub-bosques dos remanescentes florestais?

Resposta: A Tabela 10 da seção Tabulações e Análises traz o quantitativo das áreas em cada um dos três momentos para todas as classes de uso e cobertura do solo mapeadas. É importante frisar que as fitofisionomias e os estágios sucessionais da vegetação não foram objeto de estudo do subprojeto 02, o qual se ateve ao mapeamento das classes "Floresta Estacional Semidecidual", "Cerrado" e "Campos de Altitude", estas incorporadas posteriormente à Chamada 02. Já as classes vegetação nativa e sub-bosque dos remanescentes florestais não fizeram parte do rol de classes da Chamada 2.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

16 – Quais as mudanças observadas na paisagem, tanto no que se refere aos remanescentes de vegetação nativa, quanto às áreas de uso antrópico, entre a situação pretérita ao desastre, imediatamente após o rompimento das barragens e atual, considerando, portanto, impactos gerados pelo rompimento em si e, posteriormente, pelas ações da Vale S.A., bem como outras mudanças no uso e ocupação do solo por outrem na sub-bacia?

Resposta: Em linhas gerais, a investigação das mudanças ocorridas na paisagem entre 23 de dezembro de 2018 e 29 de janeiro de 2019 permitiu identificar a supressão parcial da vegetação densa em áreas lindeiras próximas à calha do ribeirão Ferro-Carvão e áreas de relevo baixo, diretamente atingidas pelo derramamento da lama de rejeitos. Tais áreas complavam matas ciliares e usos antrópicos como edificações, infraestrutura viária e culturas agrícolas. De forma complementar, o mapeamento realizado para a terceira data (05 de abril de 2020) permitiu identificar novas mudanças, muitas delas decorrentes da mobilização de apoio emergencial que alterou o padrão de uso de muitas das unidades rurais presentes na região, bem como a movimentação, triagem e transporte da lama de rejeitos para áreas adjascentes, ocupando em alguns casos terrenos antes usados como pastagem e culturas agrícolas. A quantificação precisa das mudanças entre as classes de uso e cobertura do solo entre os três períodos em valore absolutos (área) está disponível nas tabelas 11 e 13 da seção 5 (Tabulações e Análises) do presente relatório. As tabelas 12 e 14 informam a porcentagem das mudanças entre as classes entre os períodos.

17 – Quais as condições atuais dos remanescentes de vegetação nativa no que se refere ao seu grau de conectividade, tamanho dos fragmentos, densidade de bordas e outras características ecológicas, que poderão auxiliar na tomada de decisão quanto à identificação daqueles de interesse no estabelecimento de corredores ecológicos?

Resposta: O mapeamento realizado teve como finalidade levantar e quantificar as informações, conforme objeto da Chamada 02. Contudo, com base nas classes de cobertura e uso do solo foram analisadas e quantificadas as métricas de paisagem para auxiliar o diagnóstico das condições atuais dos remanescentes de vegetação, conforme apresentado na seção 6.2 (Extraçã das métricas de paisagem) do presente relatório.

18 – Qual software será utilizado na etapa de classificação supervisionada?

Resposta: Foi utilizado um coletivo de programas e algoritmos, a depender da etapa e do propósito de cada etapa. Utilizou-se ferramentas básicas do QGIS para o delineamento das feições utilizadas como amostras de treinamento no processo de classificação. A classificação supervisionada empregou um classificador por Deep Learn desenvolvido pelo PATREO (DCC/UFMG) que é parte integrante dessa proposta. O Classificador Deep Learning

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

desenvolvido opera sobre a plataforma ESRI ArcGIS e depende de um volume substancial de amostras de treinamento para sua operacionalização. Detalhes podem ser acessados na seção (Produtos e Processos Complementares) do presente relatório.

[Quesitos Técnicos - Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM]

19 – Qual a faixa de incerteza (limite superior e inferior), apresentada em unidade de área, propagadas do processo de classificação nas estimativas de área para cada classe de uso ecobertura do solo, permitindo aferição da qualidade do mapa, adequação ao objeto da Chamada, compreensão do erro e suas implicações em outros conjuntos de dados e quantificações oficiais, além do cálculo de um intervalo de confiança para as medidas, de modo que é possível identificar a faixa de variação, com significância estatística, do quantitativo de áreas das classes?

Resposta: Deve-se ressaltar que a CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 02/2019 não solicitou nehuma dessas questões. A qualidade temática que foi solicitada diz respeito apenas à definição do índice kappa. Isto é confirmado a seguir, no item 2.3. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS A SEREM OBSERVADOS, onde tem-se:

> "Como forma de validação em campo dos mapeamentos, os mesmos poderão ser realizados com o uso de imagens adquiridas e processadas, em software específico, por sobrevoo com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), contemplando todas as características do terreno. De posse das imagens, realizar os procedimentos e processamentos necessários para o seu melhor uso (indicar modelo do drone e do software para ortorretificações e mosaicagens necessárias). Equipamentos como esse e programas, se usados, deverão ser adquiridos pelo vencedor da chamada. A validação em campo, seja com o método do uso de VANTs ou por amostragem, como solicitado a seguir, ou outro qualquer complementar à amostragem, é obrigatória, devendo ser descrito nos relatórios parcial e final. A validação da classificação pode ser realizada pelo índice Kappa (Congalton & Green, 1999)1, e/ou qualquer outro método que permita avaliar a acurácia do mapeamento. A validação da classificação também é obrigatória, complementar à etapa de campo. "

20 – A medida de qualidade temática do mapeamento possibilita a quantificação precisa de área de impacto ambiental, uma vez que existe discussão sobre as limitações do índice Kappa como estimador de acurácia no campo do sensoriamento remoto para a representação de qualidade do processo de classificação no contexto de usos que requerem alta precisão nos resultados, tal como o cálculo de área do impacto ambiental?

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Resposta: A pergunta não está clara. Contudo, ressalta-se que neste projeto foram propostas e desenvolvidas duas análises de qualidade: [1] qualidade posicional (geométrica), a qual assegura medidas geométricas precisas (incluindo medidas de áreas) nos produtos cartográficos dentro do limite da escala para a qual o erro posicional foi quantificado e qualificado conforme a norma vigente mais atual no Brasil; [2] qualidade temática, estimada pelo índice Kappa e análises de erros de omissão (falso negativo) e comissão (falso positivo) das classes através da matriz de confusão. Assim, combinação de um produto cartográfico com qualidade posicional adequada ao projeto e temática exigida no edital confere ao usuário a garantia de que os resultados possam atender ao propósito de quantificação do impacto ambiental, desde que respeitando a escala cartográfica para a qual o produto foi desenvolvido

21 - Qual a área impactada pelo rompimento da Barragem B1 – Mina Córrego do Feijão, com sua correspondente faixa de incerteza (limite superior e inferior), segundo a tipologia vegetal (fitofisionomias) e estágio sucessional das formações florestais?

Resposta: O quantitativo de área de vegetação impactada pelo rompimento da Barragem está apresentado na seção 5 (Tabulações e Análises) do presente relatório, mais especificamente nas tabelas 11 e 13, que trazem métricas de conversão de uso e cobertura do solo entre os tempos T1 (23/dez/2018) e T2 (29/jan/2019) e entre T2 e T3 (05/abr/2020), respectivamente. Com relação às fitofisionomias, o subprojeto 02 se ateve ao mapeamento das classes "Floresta Estacional Semidecidual", "Cerrado" e "Campos de Altitude", que foram posteriormente incorporadas à Chamada 02. Em síntese, a área da classe Floresta Estacional Semidecidual variou de aproximadamente 1900ha antes do rompimento, para aproximadamente 1750ha. O Cerrado, variou neste período algo entre 350ha para 300ha. Não houve alteração na classe de Campos de altitude devido à sua localização, permanecendo próximo a 100ha nas três datas.

22 – Qual a localização, como precisa correspondência locacional entre o mapeamento e o terreno, das nascentes perenes na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão, a partir da qual seja possível direcionar a atuação dos agentes públicos e o delineamento das estratégias de recuperação, assumindo não apenas o vértice inicial de bases hidrográficas como a localizaçãode nascentes?

Resposta: As nascentes, embora não constem no escopo da Chamada 02, objeto do presente relatório, foram mapeadas no presente projeto, conforme descrito na seção 4.5 (Áreas de Proteção Permanente) do presente relatório. O mapa da seção 9 (Material Suplementar do presente relatório ilusta a localização precisa nas nascentes. O mapa está também disponível em escala 1:10.000 (para visualização detalhada ou impressão em papel formato A0. Contudo, cabe ressaltar que o delineamento de estratégias de recuperação mencionado na questão não fa parte do foco dessa Chamada 02, e consequentemente não foi objeto do presente trabalho.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

23 – Qual a área estimada, com sua correspondente faixa de incerteza (limite superior e inferior), e localização das Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação que foram impactadas diretamente pelo rompimento da Barragem B1 – Mina Córrego do Feijão ou que sofreram intervenções pelas ações emergenciais consequentes?

Resposta: A área de estudo definida para o Subprojeto 02 faz intersecção geográfica com a Unidade de Conservação APA Estadual Sul RMBH, porém a área interceptada está localizada na região de cabeceira da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, com elevação superior à da barragem B1 rompida, área de consequentemente não recebeu o rejeito de lama. Quanto às Áreas de Preservação Permanente (APP), os impactos diretos foram identificados e medidos nas APPs de hidrografia, as quais englobam cursos d'água e nascentes.

Como resposta ao quesito, a área calculada pela intersecção da mancha de lama de rejeitos e movimentações de solo no tempo T3 (abril de 2020) sobre as APPs é de 105,35 ha. Há também 0,38 há de ára referente a sobreposição entre parte da ETAF do córrego Casa Branca e a APP do mesmo. Cabe ressaltar que as APPs da área de estudo apresentam uma variedade de composição de classes de cobertura e uso do solo. O diagrama apresentado na figura 43 demonstra transição da cobertura do solo dentro das APPs de hidrografia entre os três períodos considerados. As áreas estimadas para as transições entre classes entre os três períodos avaliados estão descritas nas tabelas 18 e 20 deste relatório.

24 – Qual a condição de conservação ambiental (área comcobertura vegetal nativa) das Área de Preservação Permanente, Unidades de Conservação e Reservas Legais na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão nos três momentos avaliados?

Resposta: Responder qual a condição de conservação ambiental remete a um diagnóstico. Diagnosticar não faz parte do escopo da Chamada 02 à qual o presente relatório está reportado, mas sim mapear e prover elementos para o diagnóstico.

25 – Quais áreas sofreram intervenção ambiental na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão (as quais serão objeto das ações de restauração), em razão de ações de contenção do carreamento de rejeitos depositados pelo rompimento da Barragem B1 – Mina Córrego do Feijão até o término do período de obras emergenciais (abril/2020)?

Resposta: O escopo do subprojeto 02 contempla o mapeamento da classe "espalhamento da lama" no tempo T2 (29 de janeiro de 2019) e da classe "lama e obras de recuperação" no tempo T3 (05 de abril de 2020). As figuras 21, 22 e 23 da seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) ilustram essas áreas. Na seção 5 (Tabulações e análises, as tabelas 11 e 13 informam o quantitativo das transições entre classes que sobreram supressão de área e que foram convertidas em lama respectivamente para os dois momentos após o desastre. Todavia, o subprojeto não teve (não tem) acesso ao plano de ação de restauração, portanto não foi possível responder o quesito como colocado.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

26 – Como ocorreu a evolução dos padrões da paisagem e interação entre suas unidades na sub-bacia do ribeirão FerroCarvão no período coberto pelos imageamentos segundo métricas padronizadas, tais como: tamanho de fragmento, distância entre fragmentos, área core, densidade de bordas, dentre outras preconizadas na literatura científica nacional e internacionalcorrelata à ecologia da paisagem?

Resposta: O estudo se limita a calcular e apresentar a quantificação das métricas de paisagem na área de estudo para as três datas estudadas, visando subsidiar futuras investigaç~eos e diagnósticos. Contudo, foram tecidas informações no presente relatório, mais especificamente na seção 6.2 (extração de métricas de paisagem) que podem elucidar a Parte interessada

27 - Qual a localização e a área estimada, com sua correspondente faixa de incerteza (limite superior e inferior), que foi atingida pela passagem da onda de inundação ou que houve deposição de rejeito na sub-bacia hidrográfica do ribeirão FerroCarvão em decorrência do rompimento da Barragem B1 – MinaCórrego do Feijão, inclusive no sub-bosque dos remanescentes florestais?

Resposta: O subprojeto 2 mensurou, dentre outras classes requeridas na Chamada 02, a área da mancha da lama de rejeitos. Os valores estão apresentados de forma precisa na Tabela 10 da seção 5 (Tabulações e Análises). Em suma, a área diretamente atingida pela lama de rejeitos imediatamente após o rompimento da barragem foi de 299 ha. Contudo, esse montante passou a ser de 432 há em abril de 2020, aumento que pode ser justificado pela movimentação do rejeito para ações emergenciais, inspeção e operações logísticas. Com relação a área dos remanescentes florestais (classe floresta estacional semidecidual) atingidos pela lama de rejeito no geral, o montante é de 146 ha. As figuras 19, 20 e 23 da seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) do presente relatório ilustram as localizações das áreas.

28 – No que se refere às classes de uso e ocupação do solo, qual a área estimada, com sua correspondente faixa de incerteza (limitesuperior e inferior), e localização das áreas ocupadas nos três momentos avaliados pela: vegetação nativa, em suas distintas fitofisionomias e estágios sucessionais; deposição de rejeito, inclusive nos sub-bosques dos remanescentes florestais, decorrentedo rompimento da Barragem B1 – Mina Córrego do Feijão?

Resposta: A tabela 10 (Quantificação do uso e cobertura do solo na área de estudo) da seção 5 (Tabulações e Análises) do presente relatório informa a área de todas as classes mapeadas. As figuras 19, 20 e 23 da seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) ilustram as localizações destas áreas.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

29 – Considerando a classificação descrita no item 2.2.4 e subitens, pergunta-se: qual a área estimada, com sua correspondente faixa de incerteza (limite superior e inferior), e localização das Reservas Legais: firmadas ou aprovadas (englobando aquelas constantes em registros públicos, averbadasem cartório ou termos de compromisso firmados com o IEF;propostas (para aquelas inscritas no Cadastro Ambiental Rural, mas, todavia não aprovadas pelo órgão ambiental; incertas(quando não puder ser enquadrada em nenhuma das condições anteriores)?

Resposta: Como respondido no referido item 2.4.4 (Quesito n.8 do presente documento), o mapeamento desenvolvido para as áreas de Reserva Legal recorreu às informações disponíveis na base de dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR). A localização dessas áreas pode ser vista na seção 4.6 (reserva Legal) do presente relatório e item 9.7 da seção Material Suplementar. Com base nos dados do CAR, a área estimada para Reserva Legal Aprovada e Não Averbada é de 75,24 ha, a área estimada para Reserva Legal Averbada é de 783,19 ha e para Reverva Legal Proposta é de 102,64 ha. Contudo, é importante ressaltar que, pela natureza autodeclaratória das informações, ocorrem sobreposiççoes entre as áreas. Cabe também ressaltar que não foi objetivo do presente estudo (Chamada 2) nenhum detalhamento em nível cadastral.

30 – Qual a localização dos cursos d´águas perenes, intermitentes e nascentes e olhos d´água perenes na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão nos três momentosavaliados, trechos impactados e deslocamento do canal fluvial em decorrência do rompimento da Barragem B1?

Resposta: A resposta aqui apresentada complementa as infomações reportadas no Quesito n. 10, e como tal a localização dos cursos d'água e nascentes podem ser consultadas na seção 4.5. APP de cursos d'água e APP de nascente do presente relatório. Com o rompimento da barragem (conforme detectado na imagem de 201/2019), houve um total bloqueio da linha de drenagem do ribeirão Ferro-Carvão, ficando esta impossível (e inviável) de ser delineada. Contudo, a área atingida pela lama de rejeitos limitou literalmente os trechos diretamente impactados do ribeirão Ferro-Carvão e de seus afluentes. No terceiro momento (05/04/2020), embora passado mais de um ano do derramamento da lama de rejeitos, predominou na calha do ribeirão Ferro-Carvão e áreas lindeiras a intensa movimentação de terra consequente da triagem por vítimas e das obras de restauração, que de forma anáoga, inviabilizou o delineamento do curso dágua. Assim, o estudo desenvolvido no subprojeto 02, em caráter adicional à proposta, desenvolveo o mapeamento dos cursos dágua e das infraestruturas de transporte para um quarto período (fevareiro de 2021) a partir de imageamento por drone. A localização das feições hidrográficas está reportada na seção 6.4 (mapeamento de drenagem, espelho d'água e mancha de lama em 2021) do presente relatório.

31 – Quais as mudanças observadas na paisagem da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão, tanto no que se refere aos remanescentes de vegetação nativa, quanto às

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

áreas de uso antrópico, entre a situação pretérita ao desastre, imediatamente após o rompimento das barragens e atual, pelas ações emergenciaisexecutadas pela VALE S.A., bem como as demais mudanças nouso e ocupação do solo que ocorrem no período?

Resposta: As informações solicitadas neste questito podem ser encontradas na seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) do presente relatório, mais especificamente no item 4.2 (vetorização das feições) e 4.3 (infraestrutura viária). Em linhas gerais, foram identificadas supressões significativas de remanescentes de vegetação natural nas regiões lindeiras ao ribeirão Ferro-Carvão, e supressões de áreas de terreno baixo e plano onde antes haviam culturas. Identificou-se também a conversão de áreas de pastagem e de cultura adjacentes a área diretamente afetada pela lama de rejeitos para insfraestruturas e pátios de operações logísticas e para depósito de material. A seção 5 (tabulações e Análises) reporta em números as mudanças ocorridas entre as classes. É importante esclarecer as análises se limitaram a a mapear a verdad de campo, não atribuindo responsabilidade a nenhum stakeholder.

32 – Quais as condições atuais dos remanescentes de vegetação nativa na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão no que se refere ao seu grau de conectividade, tamanho dos fragmentos, densidade de bordas e outras características ecológicas, quepoderão auxiliar na tomada de decisão quanto à identificaçãodaqueles de interesse no estabelecimento de corredoresecológicos?

Resposta: Conforme respondido no Quesito n.17, o escopo do trabalho proposto não traçar diagnóstico das análises e condições das classes nem dos elementos da paisagem, mas sim mapeará as classes, calculará as extensões de suas áreas e apresentará as métricas da paisag (incluindo as mencionadas pelo analista, em adição ao mapeamento requisitado no Edital. No entanto, as métricas da paisagem geradas ao final do projeto poderão subsidiar essa análise.

33 – Qual a localização das áreas irrigáveis na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão nos três momentosavaliados?

Resposta: A localização de todas as classes mapeadas em cada um dos três momentos pode se consultada na seção 4 (Mapeamento de uso e cobertura do solo) do presente relatório, mas especificamente nas figuras 19, 20 e 23, cujos mapas finais em escala 1:10.000 em formato A0 são produtos de entrega deste trabalho. As classes incluem áreas de cultura, que potencialmente correspondem ao termo as áreas irrigáveis aqui questionado.

34 – Para a efetiva compatibilidade com a Infraestrutura deDados Espaciais do Sisema (IDE-SISEMA), recomenda-se ao ilustre Perito Oficial que os dados geoespaciais digitais vetoriais e os documentos estejam em conformidade com as especificações técnicas

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

estabelecidas pela Resolução ConjuntaSemad/Feam/IEF/Igam nº 2.684, de 03 de setembro de 2018.

Resposta: Os dados serão disponibilizados nos padrões espaciais definidos pela plataforma interativa, contratada pela Chamada 01, conforme prezou o Edital da Chamada 02 à qual o presente relatório reporta.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

I.2 – Resposta aos quesitos formulados pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais (documento id 112453184 de 21/04/2020)

[AECOM]

01 – Pede-se esclarecer como o Perito irá tratar todos os dados já produzidos pela Vale e que vêm sendo apresentados para a auditoria mensalmente.

Resposta: Não nos foi repassado nenhum dado produzido pela Vale referente a auditoria mensal. Cabe ressaltar que o único dado fornecido pela empresa e que foi utilizado para o mapeamento do uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão se refere a duas imagens orbitais e a três modelos digitais de terreno. Os dados foram solicitados devido a alta qualidade, alto poder de resolução para a identificação das feições. A seção 3 (Processos e Produtos Elementares) do presente relatório traz em detalhes toda a preocupação e as ações realizadas para assegurar o controle de qualidade posicional e temático dos produtos cartográficos derivados dessas imagens.

02 – Pede-se esclarecer como serão evitadas redundâncias e retrabalhos, tendo em vista os dados já produzidos pela Vale.

Resposta: O trabalho aqui reportado não fez uso de material de trablaho já produzido pela empresa.

03 – Pede-se esclarecer como serão detalhadas todas as áreas e seus diferentes usos e ocupações, considerando os cenários pretérito e posterior ao rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IV A.

Resposta: A metodologia do projeto é elucidativa a esta questão. O detalhamento das classes de uso e ocupação do solo está descrito no relatório presente. Se houver alguma dúvida pontual, favor apontá-la com clareza para que possamos responder.

04 – Pede-se esclarecer qual será o tratamento para o correto diagnóstico da existência de nascentes, cursos d`água, bacias, e áreas de preservação permanente, e como será a metodologia utilizada para a proposta de reabilitação destas áreas.

Número do documento: 21110916164551500006831955364
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164551500006831955364
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:45

Resposta: A metodologia de delineamento dos cursos d'água, bacias, APPs e nascentes recorre ao emprego de um modelo digital de terreno preciso e de imagens orbitais de alta resolução espacial. Em linhas gerais, o modelo digital de terreno serviu de apoio para o cálculo da drenagem sintética da delimitação da bacia por meio de ferramentas consagradas de análise espacial em geoprocessamento. Os vetores da drenagem sintética apoiaram o processo de fotoidentificação, componente essencial na classificação desses elementos, e que foi executada analisando o contexto em que estes os potenciais cursos d'água e nascentes estão inseridos. No entanto, é importante esclarecer que produziu-se um produto cartográfico compatível com escala 1:10.000 (escala para mapeamento em área rural segundo o IBGE), conforme a proposta aprovada na Chamada pública. Quanto a proposta de reabilitação dessas áreas, este assunto não foi abordado no Edital da Chamada 02.

05 – Pede-se esclarecer como serão explicitados os impactos ocasionados e áreas atingidas imediatamente pelo rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IV A, bem como as áreas degradadas pelas obras e serviços emergenciais em desenvolvimento pela Vale.

Resposta: Foi mapeado a verdade de campo, respeitando as classes de uso e ocupação do solo previstas no edital da Chamada 02, sem atribuir responsabilidade ou juízo à Parte.

06 – Pede-se esclarecer como será a metodologia empregada para aferição dos impactos totais e para o estabelecimento do nexo causal.

Resposta: O escopo do subprojeto 2 foi subsidiar a demanda do Comitê Técnico Científico do Projeto Brumadinho/UFMG por conhecer (em caáter quantitativo e qualitativo) as classes que compõem a cobertura e uso do solo na sub-bacia do ribeirão ferro-Carvão em cenários ante e pós o rompimento da barragem de rejeitos. A proposição do subprojeto em sí já indica como deverá ser a metodologia empregada para a aferição dos impactos, ou seja, baseada na comparação de áreas que sofreram transições de padrões de cobertura e uso do solo. Serão medidas as áreas das classes de cobertura e uso do solo, área de impacto direto da lama e também áreas de proteção. As diferenças nas métricas das classes para os períodos analisados subsidiará a determinação do impacto. O estabelecimento do nexo causal não faz parte do escopo da chamada 02.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

I.3 – Resposta aos quesitos formulados pela Vale S. A. (documento id 113860316 de 04/05/2020)

01 – Queira o Sr. Perito informar qual será a metodologia adotadapara **a "realização de mapeamento de uso e cobertura de solo emtrês momentos distintos da bacia",** considerando que, enquantoa Chamada nº 02 tem por objeto as áreas localizadas entre ascidades de Brumadinho e Três Marias, o plano juntado aos autosrestringe o trabalho de mapeamento à sub-bacia do RibeirãoFerro-Carvão, o que representa uma parcela diminuta da área de estudo.

Resposta: Chamada 02 publicada teve como foco a área do ribeirão Ferro Carvão https://www2.ufmg.br/proex/Fomento/Projeto-Brumadinho-UFMG. As informações que respondem ao questionamento do ilustre perito estão detalhadamente apresentadas na proposta mais especificamente na Seção 2, que trata da "Descrição das Etapas e Atividades" (páginas 7-11) e na Seção 3 que trata da "Metodologia" propriamente dia (páginas 12-18).

02– Queira o Sr. Perito esclarecer a razão pela qual o mapeamento proposto deixa de considerar localidades em que se situam estruturas fundamentais para o estudo de **impactos, dentre asquais as áreas de localização das ETAF's 1 e 2**, assim como as áreas previstas para a dragagem de rejeito. Adicionalmente, queira o Sr. Perito informar se nos autos existe decisão que determina que as estruturas construídas após o rompimento da Barragem I devam ser utilizadas para fins de construção da modelagem final da reparação

Resposta: Foi mapeada a realidade de campo dentro da bacia do ribeirão Ferro Carvão, conforme estabelecido no edital público. O questionamento adicional não é foco dessa Chamada, contudo, conforme solicitado pelo CTC, o mapeamento incluiui as áreas da ETAFs1 e 2, que são adjacentes ao polígono da sub-bacia. Não está claro quais são as áreas de previsã de dragagem. Se elas estiverem dentro da área de estudo, as mesmas possivelmente foram mapeadas

03 – Queira o Sr. Perito elucidar a razão pela qual a proposta de pesquisa apresenta grandes restrições em termos de mapeamentodos diversos tipos de vegetação natural, limitando-se a classificá-las como vegetação densa e rasteira quando, na verdade, a área impactada pelo rompimento apresenta uma diversidade muito mais significativa, como Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, e Áreas Antropizadas;

Resposta: As classes de mapeamento da proposta, incluindo as de vegetação, foram inicialmente desenhadas com base no Edital da Chamada 02. Contudo, atendendo a

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

comunicação do CTC, foram incluídas ss classes floresta estacional semidecidual e cerrado conforme o primeiro nível de classificação descrito no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf), processo compatível ao emprego de técnicas tradicionais de Sensoriamento Remoto.

04 – Queira o Sr. Perito realizar o mapeamento considerando toda adiversidade de espécies de vegetação natural na área objeto do estudo, considerando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, além dos impactos decorrentes da antropização, considerando a situação anterior ao acidente, osimpactos causados e a situação ao tempo da perícia, após asmedidas adotadas pela VALE;

Resposta: O mapeamento contemplou as características supracitadas, conforme descrito na resposta do quesito nº 3.

05 – Queira o Sr. Perito especificar as áreas diretamente atingidas pela onda de inundação decorrente do rompimento da barragem I, bem como aquelas em que houve deposição de rejeitos provenientes da estrutura;

Resposta: No escopo da proposta foi previsto o mapeamento da classe “espalhamento da lama de rejeito”, que acreditamos responder ao presente questionamento.

06 – Queira o Sr. Perito informar os impactos diretos verificados nessas áreas, do ponto de vista do uso e cobertura do solo, em razão do rompimento da Barragem I;

Resposta: A solicitação apresentada está contemplada no resultado do projeto, posto que o escopo do trabalho proposto visa mapear as classes de cobertura e uso do solo (incluindo o espalhamento da lama de rejeito) e quantificar as áreas de cada classe mapeada.

07 – Queira o Sr. Perito apontar os diferentes tipos de uso do solo, antes e após o rompimento da Barragem I, nas áreas diretamente impactadas localizadas entre Brumadinho e TrêsMarias;

Resposta: A delimitação geográfica da proposta atende ao Edital da Chamada 02, cujo foco é na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Desta forma, a área entre Brumadinho e Três Marias não está no escopo dessa chamada.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

08 – Queira o Sr. Perito apontar os diferentes tipos de coberturado solo, imediatamente antes e após o rompimento da Barragem I, nas áreas diretamente impactadas localizadas entreBrumadinho e Três Marias;

Resposta: A delimitação geográfica da proposta atende ao Edital da Chamada 02, cujo foco é na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Desta forma, a área entre Brumadinho e Três Marias não está no escopo dessa chamada.

09 – Queira o Sr. Perito especificar as medidas adotadas pela VALE para endereçar os impactos no solo em razão do contato diretocom a mancha de inundação ou o depósito de rejeitos, quando for o caso

Resposta: Conforme solicitado pelo CTC, o mapeamento incluiu as áreas da ETAFs1 e 2, que são adjacentes ao polígono da sub-bacia. O mapeamento incluiu também as obras de contenção de rejeito, a qual está contida dentro do limite da sub-bacia. Contudo, cabe ressaltar que será mapeada a verdade de campo, sem atribuir responsabilidade.

10 – Queira o Sr. Perito informar se os rejeitos depositados na área imediatamente a jusante da estrutura já foram removidos pela VALE e encaminhados a uma destinação adequada, conformeinformado aos órgãos competentes;

Resposta: O mapeamento se ateve a retratar a verdade de campo segundo as classes elencada na Chamada 02, sem atribuir responsabilidade ou juízo de valores.

[QUESITOS SUPLEMENTARES VALE 28 de agosto de 2020]

11 – Queira o Sr. Perito informar como será feito o processo de identificação das áreas prioritárias para a restauração? OBSERVAÇÃO: Para possibilitar uma melhor identificação, tem-se como sugestão a realização de análises multicritérios para a definição das áreas prioritárias para a restauração florestal.

Resposta: O objeto do subprojeto 02 foi o de mapear as classes de uso e ocupação do solo e quantificar as transições dessas classes nas 3 datas, conforme preza a Chamada 02. Processo analíticos de identificação de áreas prioritárias com ou sem emprego de análise multicritério não fazem parte do escopo do referido subprojeto.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

12 – Queira o Sr. Perito informar como as informações contidas nos mapas de mudança no uso e cobertura do solo e dos impactos nas áreas de preservação permanentes (APP) e Reserva Legal, gerados na Chamada 02, poderão ser analisadas em conjunto com as alterações na qualidade das águas superficiais e subterrâneas (Chamada 60), aos danos aos sistemas hidrogeomorfológicos de fundos de vale (Chamada 64), aos danos causados à flora, à fauna e na qualidade de vida das comunidades atingidas pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho?

Resposta: O objeto do subprojeto 02 foi o de mapear as classes de uso e ocupação do solo e quantificar as transições dessas classes nas 3 datas, conforme preza a Chamada 02. O interrelacioamento dos produtos gerados pelos subprojetos para responder a questões como a levantada no presente quesito não faz parte do escopo do presente subprojeto.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

I.4 – Resposta aos quesitos formulados pelo Ministério Público Federal

1 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, ocasionou a alteração da paisagem, do uso e ocupação da terra à jusante do rompimento, no que se refere às repercussões sistêmicas inerentes à dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, garantindo no mapeamento a representatividade amostral em todo o território, sem prejuízo a nenhuma das cinco regiões estabelecidas pelas Instituições de Justiça?

Resposta: Embora haja indícios de que o material proveniente do rompimento das barragens localizadas na Mina Córrego do Feijão, bem como de substanciais alterações nas atividades regulares e de alterações na paisagem, incluindo áreas a jusante ao longo da Bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, cabe ressalter que a Chamada 02 (item 2, página2, Chamada Pública Interna Induzida Nº 02/2019) tem como objetivo o mapeamento de uso e cobertura do solo na Sub-Bacia do Ribeirão Ferrocarvão, pertencente ao Brumadinho-MG. Assim, o plano de trabalho apresentado na proposta garante a representatividade amostral das classes de uso e ocupação d solo (objeto da chamada) dentro do limite da área definida na Chamada 02.

2 – Será realizada a identificação, diagnóstico e avaliação (inclusive, quantitativamente) dos usos múltiplos do solo, para a toda a paisagem da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (considerando o trecho Brumadinho a Três Marias) e não apenas na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão? Será preciso adaptar a metodologia descrita no plano de trabalho apresentado para as atividades periciais da chamada n. º2? Indicar quais alterações metodológicas foram realizadas.

Resposta: Não (vide resposta do quesito anterior). Não, a metodologia apresentada na proposta não precisou

ser adaptada posto que foi criteriosamente desenhada para cumprir aos objetivos claramente expostos na Chamada 02.

3 – Como será demonstrado o espectro de uma continuidade espacial e temporal, das dinâmicas dadas na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (considerando o trecho Brumadinho a Três Marias), e na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, que considere, **cenários futuros de possíveis riscos (conforme preconiza o item "2.2 objetivos específicos",** em **sua letra "c")?**

Resposta: A metodologia proposta para o mapeamento das classes de cobertura e uso do solo na sub-bacia do Ribeirão Ferrocarvão (objeto da Chamada 02) utiliza técnicas robustas de inteligência artificial baseadas em classificador por Deep Learning e imagens orbitais/aéreas

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

multispectrais de alta resolução. Seu desenho metodológico foi proposto para poder ser escalonado para possíveis expansões da área de estudo, e para ser passível de replicação em eventos similares que possam ocorrer no futuro.

4 – O mapeamento irá incluir, no rol dos produtos cartográficos gerados, a cartografia social no desenvolvimento da base cartográfica contínua, bem como, a produção de mapas a partir de mapeamento participativo?

Resposta: Não. O mapeamento incluiu especificamente as classes de uso e ocupação do solo descritas na Chamada 02 e classes complementares solicitadas pelas partes. Ressalto que no subprojeto 02 foram considerados instrumentos e técnicas precisas de mapeamento de forma a garantir a qualidade posicional das medidas e a qualidade temática das classes mapeadas, e que a introdução de dados oriundos de mapeamento participativo para esse projeto especificamente poderia “contaminar” a qualidade do trabalho e, respectivamente comprometer a qualidade dos produtos.

5 – De que modo a cartografia que segue os critérios técnicos sustentados pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), pode incorporar, na metodologia, iniciativas internacionalmente reconhecidas de MAPEAMENTO PARTICIPATIVO, combinando assim as tecnologias (SIGs e Sensoriamento Remoto) aos métodos de pesquisa participativa?

Resposta: Para este projeto especificamente (Chamada 02), o mapeamento participativo não foi considerado (vide resposta do quesito anterior).

6 – O cronograma de desenvolvimento das atividades periciais será executado no período previsto? Caso não, qual nova proposta de cronograma se aplicaria?

Resposta: A proposta para atendimento a Chamada 02 foi desenhada para atender ao prazo. A equipe está organizada em diferentes frentes, e muitas das atividades poderão ser desenvolvidas em paralelo para garantir o cumprimento do prazo.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

7 – Em que medida, quantitativamente e qualitativamente, outras áreas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba podem apresentar impactos e danos referentes ao extravasamento do leito fluvial, e o conseqüente carreamento e deposição de rejeitos para áreas alhures em sua planície de inundação?

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

8 – Como considerar e aferir, a partir do crivo das metodologias apresentadas, os mapeamentos nos demais territórios considerados atingidos em juízo, na bacia hidrográfica do rio Paraopeba?

Resposta: Embora o quesito fuja ao objeto e ao contexto da Chamada 02 (limitada a sub-bacia do Ribeirão Ferrocarvão), a questão colocada abre a oportunidade para ressaltar que a metodologia empregada na proposta da Chamada 02 prove instrumentos para análise multi-temporal assegurada pelo rigor e a qualidade da cartografia posicional e temática. Com isso, qualquer área com características físicas relativamente similares (no contexto de cobertura e uso do solo, aplicável à bacia hidrográfica do rio Paraopeba) em que se deseje realizar mapeamento das classes de cobertura e uso do solo ou realizar análises das mudanças na paisagem análises, poderá recorrer a metodologia apresentada.

9 – Em escala detalhada espaço-temporalmente, sobretudo, diante do registro pluviométrico histórico no último período chuvoso 2019/2020 e da dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, existem áreas à jusante que possam, também, apresentar alteração de sua paisagem?

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

10 – **Quais os cursos d'água, que formam a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, foram** atingidos pelo rompimento das barragens da mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Apresentar mapa da bacia hidrográfica **com a indicação dos cursos d'água a tingidos pelo** evento danoso.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

11 – **Quais são os municípios banhados pelos cursos d'água, que formam a bacia** hidrográfica do rio Paraopeba, e que foram atingidos pelo rompimento das barragens da Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Indicar a localização espacial dos territórios municipais atingidos pelo evento danoso.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

12 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho, ocasionou o soterramento de áreas/comunidades e a deposição de sedimentos (rejeitos) em córregos e rios ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Indicar o nome, a localização espacial das áreas soterradas e a continuidade/dissolução de cada uma das comunidades atingidas pelo evento danoso.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

13 – Quais foram os imóveis soterrados, de modo total e parcial, pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Quem são os proprietários/posseiros dos imóveis soterrados (individualizar cada um dos proprietários/posseiros)? Indicar a localização espacial dos imóveis soterrados.

Resposta: Dentre os produtos a serem entregues na Chamada 02 estão os mapas de classes d uso e cobertura do solo, incluindo a classe de rejeitos. Contudo, o mapeamento dos imóveis e, sobretudo o levantamento dos respectivos proprietários não faz parte do escopo da Chamada 02.

14– Quais foram as vias de acesso e trânsito soterradas, de modo total e parcial, pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? É possível indicar o tempo de interdição das estradas soterradas? Durante o tempo de interdição houve disponibilização de outras vias? Em caso positivo, o uso dessas alternativas trouxe incremento de tempo, distância, segurança ou custo no deslocamento das pessoas atingidas? Quais? Houve possibilidade de retomar ou so de todas as estradas soterradas? Em caso negativo, qual a alternativa adotada?A alternativa traz alteração de tempo, distância ou custo do deslocamento para as comunidades atingidas? Indicar no mapeamento as vias de acesso e trânsito soterradas.

Resposta: A identificação das vias de trânsitos faz parte do rol de classes mapeadas (caminho, estradas de terra, estradas de asfalto e ferrovia, vide Figuras 26, 27 e 29 do presente relatório). Estas foram apresentadas junto aos demais produtos que entregues ao final do trabalho. As

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

demais questões do presente quesito definitivamente não são objetos do presente estudo e fogem ao contexto da Chamada 02.

15 – **Dos cursos d'água, que formam a bacia hidrográfica** do rio Paraopeba, quais foram interditados em virtude da contaminação de corrente do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Favor apresentar **enquadramento das classes dos cursos d'água, conforme RESOLUÇ**ÃOCONAMA/357. **Indicar a localização dos cursos d'água interditados.**

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.15.

16 – **Existiam equipamentos de lazer, turismo e/ou recreativos nos cursos d'água da bacia** hidrográfica do rio Paraopeba que foram contaminados pelos rejeitos da barragem que rompeu? Onde? Estes equipamentos foram danificados e/ou inutilizados em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

17 – Quais locais e áreas eram utilizados para atividades de pesca recreativa e esportiva **nos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Estes locais e áreas foram** interditados em virtude do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Qual foi o tempo de duração da interdição? Estas atividades já foram retomadas? Há previsão de retomada destas atividades no futuro? Identificar no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

18 – **Existiam ou existem equipamentos religiosos e/ou culturais nos cursos d'água da** bacia hidrográfica do rio Paraopeba que foram contaminados pelos rejeitos da barragem que rompeu? Onde? Estes equipamentos foram danificados e/ou inutilizados em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

19 – Quais locais e áreas eram e/ou são utilizados para atividades religiosas de matriz africana? O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho ocasionou a paralisação das distintas atividades religiosas? Qual foi o tempo de duração da paralisação das atividades religiosas? As atividades religiosas já foram retomadas? Caso seja negativa a resposta ao quesito anterior, há previsão da possibilidade de retomada das atividades religiosas de matriz africana no futuro? Identificar no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

20 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, ocasionou modificações no uso das terras para agropecuária? O mapeamento permitirá identificar o uso das terras para agropecuária antes e depois do rompimento, ajudando a identificar impactos nas cadeias produtivas locais? Como identificar cenários de possíveis riscos futuros para áreas de agropecuária? Identificar no mapeamento.

Resposta: Sim, o rompimento das barragens supracitadas ocasionou modificações no uso das terras, incluindo parte das terras então utilizadas para agropecuária. Sim, o mapeamento identificou e quantificou o uso e as mudanças antes e depois do rompimento (vide seção 4 – Mapeamento de uso e cobertura do solo e seção 5 – Tabulações e análises) do presente relatório Entende-se que os mapas e informações produzidas no subprojeto 02 irão auxiliar a identificação dos impactos nas cadeias produtivas locais, contudo este não é um dos objetivos do subprojeto 02, assim como a identificação de cenários de possíveis riscos futuros para áreas de agropecuária.

21 – O mapeamento permitirá identificar, para além da classe temática pastagens, a classe temática criação de animais (aves, suínos, muares, asininos, equinos, caprinos, ovinos e outras criações)? Quais imóveis rurais promoviam a criação de animais (aves, suínos, muares, asininos, equinos, caprinos, ovinos e outras criações)? Indicar no mapeamento.

Resposta: A proposta seguiu o escopo da Chamada 02 e não considerou a subclassificação da pastagem nas classes supracitadas. Contudo, tais classes, caso existam na sub-bacia do ribeirã Ferrocarvão, são objetos de mapeamento da Chamada 58 que trata dos empreendimentos agropecuários, e que fará uso dos produtos (mapas e tabelas) gerados no subprojeto 02.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

22 – Quais as áreas agrícolas foram impedidas de serem cultivadas pela falta de irrigação ocasionada pela proibição de utilização da água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e/ou deposição de sedimentos (rejeitos), em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todas as áreas agrícolas.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

23 – O mapeamento permitirá identificar a sub-classe quintais produtivos, na classe temática plantios agrícolas, em virtude e sua relevância na etnobotânica, na soberania/segurança alimentar, na subsistência das famílias e na geração de renda nos espaços rurais e urbanos? Quais quintais produtivos foram atingidos pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todos os quintais produtivos considerando o trecho compreendido entre Brumadinho e a represa de Três Marias.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

24 – Quais as áreas de várzea foram/são atingidas pelo rejeito durante a cheia dos cursos **d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor apresentar o** quantitativo dessas áreas. As áreas de várzea continuam sendo atingidas pela lama durante a cheia d**os cursos d'água? É possível estimar o tempo de duração deste dano** ocasionado pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Indicar a localização das áreas de várzea no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

25 – Quais os locais de extração de areia foram/são atingidos pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Qual foi o tempo de interdição dos locais de extração de areia? Os locais de extração de areia continuam interditados em decorrência do evento danoso? É possível estimar o tempo de duração da interdição dos locais de extração de areia? Indicar a localização dos locais de extração de areia no mapeamento

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

26 – O mapeamento da área permitirá a visualização dos danos relativos ao uso e à cobertura do solo antes do rompimento (para fins de reparação dos danos, quando possível) e depois do rompimento a barragem (também para reparação dos danos, quando possível, ou compensação das pessoas atingidas, em sua integralidade)? Quais formas de uso e cobertura do solo foram prejudicadas pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar no mapeamento todos os tipos de solo, em escala detalhada, a cobertura vegetal e uso do solo que foram atingidos pelo evento danoso

Resposta: Sim, o mapeamento permite não apenas visualizar como também quantificar as áreas relativas ao uso e à cobertura do solo e estimar os os danos a partir do mapeamento das diferenças antes e depois do rompimento para os períodos estipulados na Chamada 02. Para melhor responder a segunda questão deste quesito, sugiro consultar a Tabela 10 da seção 5 (Tabulações e Análises) do presente relatório, e também as tabelas 11-14 da mesma seção, que quantificam as transições entre as classes de uso e cobertura do solo nos três momentos avaliados.

27 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu Áreas de Preservação Permanente existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas pelo artigo 4º da Lei Federal n.º 12.651/2012? Indicar a localização de todas as áreas de preservação permanente atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

Resposta: Fez parte do escopo da Chamada 2 e, respectivamente da proposta, mapear as área de preservação permanente atingidas dentro do limite da sub-bacia do ribeirão Ferrocarvão. Contudo, identificar os danos socioambientais provocados pelo evento danoso é algo complexo que está além do escopo da Chamada 02

28 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas de Reserva Legal dos imóveis localizados na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas pelo artigo 12 da Lei Federal n.º12.651/2012? Indicar a localização de todas as áreas Reserva Legal atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

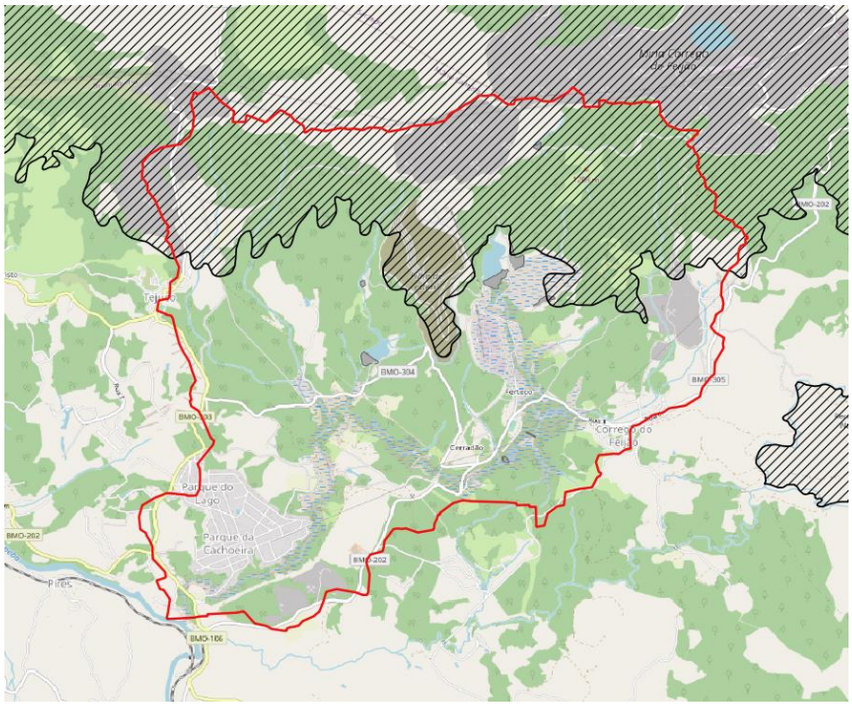
Resposta: de forma análoga a resposta do quesito anterior, o mapeamento das áreas de reserva legal dentro da sub-bacia do ribeirão Ferrocarvão faz parte do escopo da proposta.

29 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu Unidades de Conservação existentes na bacia hidrográfica do rio

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

Paraopeba e definidas nos artigos 8º e 14 da Lei Federal n.º 9.985/2000? Indicar a localização de todas as unidades de conservação atingidas e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento.

Resposta: Em resposta ao quesito, a sub-bacia do ribeirão Ferrocarvão (polígono vermelho na figura abaixo e objeto de mapeamento), está parcialmente inserida na APA Estadual Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (área hachurada em preto na figura abaixo).



30 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas integrantes do Bioma Mata Atlântica existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba e definidas no artigo 2º da Lei Federal n.º 11.428/2006? Indicar a localização de todas as áreas integrantes do Bioma Mata Atlântica e os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas no mapeamento

Resposta: a sub-bacia do ribeirão Ferrocarvão (objeto de mapeamento), está totalmente inserida no polígono de abrangência do Bioma Mata Atlântica fornecido pelo ICMBio.

31 – Quantos animais foram encontrados mortos em decorrência do rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Há animais de espécies ameaçadas de extinção que foram mortos em decorrência do evento danoso? É possível indicar a localização dos animais que foram encontrados mortos e

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

identificar o tipo de habitat das principais espécies da fauna afetados pelo evento danoso? Indicar o método utilizado para a quantificação do impacto do evento danoso sobre a fauna, com indicação dos locais de habitat da fauna no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02

32 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou os usos relacionados a cadeia produtiva da pesca existente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Quais Municípios sofreram os impactos na cadeia produtiva da pesca? Quais atividades, relacionadas à cadeia produtiva da pesca (pescadores, comerciantes, sitiantes, etc.), foram prejudicadas pelo evento danoso? Identificar os locais de pesca e as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na cadeia produtiva da pesca no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

33 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou as pessoas que realizam a venda de iscas para os pescadores da bacia hidrográfica do rio do Paraopeba? Identificar a localização espacial das comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na venda de iscas no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

34– O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu as pessoas que trabalham no shopping da minhoca no município de Caetanópolis? Identificar as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso no shopping da minhoca em Caetanópolis. Identificar a localização espacial do shopping da minhoca.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto geográfico da Chamada 02.

35 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, atingiu áreas tombadas e/ou especialmente protegidas (por inventário, registros, vigilâncias e outros institutos jurídicos) pelo Instituto do Patrimônio Histórico

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

e Artístico Nacional (IPHAN), pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA) e/ou pelo órgão municipal de proteção cultural dos municípios atingidos pelo evento danoso? Indicar a localização de todas as áreas de relevante valor histórico e cultural no mapeamento. Indicar os danos socioambientais provocados pelo evento danoso nestas áreas.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.35.

36 – Quantas comunidades quilombolas, regularmente inscritas no Cadastro Geral de Remanescentes das Comunidades dos Quilombolas previsto na Portaria n.º98 da Fundação Cultural Palmares e cuja relação de comunidades certificadas está disponível em http://www.palmares.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/TABELA-DE-CRQ-COMPLET A-CERTIFICADAS.pdf, e aquelas em processo de reconhecimento, estão localizadas nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Quais os usos essas comunidades fazem no território com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Identificar sua localização, descrevendo os danos sofridos, no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

37 – De acordo com as informações fornecidas pela Comissão Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (CNPCT), órgão público criado pelo Decreto n.º 6.040/2007, e pela Comissão Estadual dos Povos e Comunidades Tradicionais (CEPCT-MG), órgão público criado pelo Decreto n.º 46.671/2014, quais são os povos e comunidades tradicionais que vivem ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, entendidos como os povos ciganos, quilombolas, ribeirinhos, povos de terreiro, extrativistas, comunidades de fundo de pasto, pescadores artesanais, dentre outros? Quais os usos do território e as relações destas comunidades com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Identificar a localização dos povos e comunidades tradicionais ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, descrevendo os impactos sofridos, no mapeamento

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

38 – Há outros povos e comunidades tradicionais, que não foram identificados nas informações fornecidas pela CNPTCT e CEPCT-MG, que vivem ao longo da bacia

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

hidrográfica do rio Paraopeba? Quais são estes outros povos e comunidades tradicionais? Na identificação destes povos e comunidades tradicionais, foi respeitado o critério da auto-atribuição previsto no artigo 1º da Convenção n.º 169 da OrganizaçãoInternacional do Trabalho (OIT)? Quais os usos do território e relações destes outros povos e comunidades tradici**onais com os cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio** Paraopeba? Identificar a localização dos povos e comunidades tradicionais ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, descrevendo os impactos sofridos, no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

39 – Quantas Colônias de Pescadores, regularmente constituídas na forma da legislação vigente e com registro dos atos constitutivos no cartório de títulos e documentos nos termos da Lei Federal n.º 11.699/08, possuem sede nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor individualizar todas as colônias de pescadores, descrever os impactos sofridos e indicar a localização das colônias de pescadores no mapeamento

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

40 – **Favor considerar na classe "Cobertura Vegetal Nativa" a inclusão dos diversos usos** de espécies pelos povos e comunidades tradicionais, especialmente os povos e comunidades tradicionais de matriz africana, considerando que essa flora tem potencialidades terapêuticas e que as práticas religiosas de raiz afro-brasileiras utilizam grande parte dessas plantas. Identificar a localização dos espaços nos quais as espécies animais e vegetais são obtidos pelas comunidades e povos tradicionais.

Resposta: Serão consideradas além das classes de uso do solo especificadas no edital e na proposta, também as classes floresta estacional semidecidual e cerrado conforme o primeiro nível de classificação descrito no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf), processo compatível ao emprego de técnicas tradicionais de Sensoriamento Remoto.

41– O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em **Brumadinho, atingiu povos e comunidades tradicionais, entendidos como "grupos** culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando **conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição" (artigo3º,** inciso I, do Decreto n.º6.040/2007)? Indicar as comunidades tradicionais atingidas, o

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

impacto do evento danoso na forma de vida das comunidades tradicionais e a localização destas comunidades.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

42 – O rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho, afetou a cadeia econômica do turismo existente na bacia hidrográfica do rio Paraopeba? Favor espacializar quais municípios sofreram os impactos na cadeia econômica do turismo. Favor espacializar quais atividades, relacionadas à cadeia produtiva do turismo (pousadas, restaurantes, museus, etc.), foram prejudicadas pelo evento danoso. Identificar as comunidades atingidas pelo impacto do evento danoso na cadeia econômica do turismo, com a sua respectiva localização, com especial atenção para aquelas situadas nas áreas 4 (Pompéu e Curvelo) e 5 (municípios banhados pelo lago da UHE de Três Marias – São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Martinho Campos, Abaeté e TrêsMarias).

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

43 – Os municípios localizados bacia hidrográfica do rio Paraopeba, em especial aqueles situados nas áreas 4 e 5, possuíam roteiros turísticos antes do evento danoso? Quais eram os roteiros turísticos e onde estavam localizados? Como ficaram os roteiros turísticos após o rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na Mina Córrego do Feijão em Brumadinho? Identificar a localização dos roteiros de turismo, com a indicação dos atingidos pelo evento danoso, no mapeamento.

Resposta: O quesito foge ao objeto e ao contexto da Chamada 02.

44 – Considerando todos os danos sociais, ambientais, culturais, econômicos, dentre outros, é possível definir a área dos danos ocasionados pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho (inclusive geográfica e cartográfica)? Qual o é critério utilizado para a definição da área e das pessoas impactadas pelo evento danoso? Indicar a localização de toda a área atingida pelo evento danoso.

Resposta: Sim, é absolutamente possível definir a área (geográfica) dos danos ocasionados pelo rompimento das barragens I, IV e IV-A, localizadas na mina Córrego do Feijão em Brumadinho. Contudo o subprojeto 02 cartografou e quantificou as das classes de cobertura e uso do solo na sub-bacia do ribeirão Ferrocarvão, conforme estabelecido na Chamada 02, não sendo objetivo da mesma prover um diagnóstico dos danos sociais, ambientais, culturais e econômicos.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

Anexo II – Resumo do Projeto em linguagem acessível

O Subprojeto 02, intitulado Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho/MG, surgiu em resposta à Chamada Pública Interna Induzida Nº 02/2019 do Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Minas Córrego Feijão" com a missão prover informação qualitativas e quantitativas sobre as classes de cobertura e de uso do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão em três momentos distintos, estrategicamente escolhidos para dar suporte a análise judicial das transformações ocorridas na paisagem. Este contou com uma equipe multidisciplinar formada por professores pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação de diferentes departamentos (Cartografia/IGC, Geografia/IGC, Ciências da Computação/ICEX).

Para a investigação foram utilizadas três imagens orbitais de alta resolução que correspondem a 23/12/2018 (quatro semanas antes do rompimento da barragem), 29/01/2019 (terceiro dia após o incidente e que revelou o impacto imediato e direto da lama de rejeitos na paisagem) e 05/04/2020 (15 meses após o incidente, momento que revelou o estado das obras de recuperação e os respectivos impactos segundários da movimentação da lama de rejeitos para áreas adjacentes). A topografica acidentada do relevo e a necessidade de assegurar acurácia cartográfica nos produtos passíveis de assistir ao processo judicial levaram a necessidade de utilizar modelos digitais de terreno de alta resolução, bem como de incorporar um criterioso controle de qualidade posicional das imagens. Ademais, o Subprojeto 02 contou com imagens aéreas capturadas por um drone nas campanhas de campo entre janeiro e fevereiro de 2021, as quais foram utilizadas para assegurar a qualidade temática dos mapas, mas que também serviram para revelar a situação atual.

No mapeamento foram utilizadas técnicas clássicas de fotointerpretação das feições geográficas de interesse. As feições alimentaram o banco de dados do classificador deep learning, que computou as classes de cobertura do solo para as imagens orbitais nos três momentos supracitados. O classificador é a ferramenta que faz a "leitura" das imagens, reconhece padrões e agrupa os resultados em diferentes categorias (classes). No presente trabalho foi utilizado uma um classificador moderno cuja estrutura é baseana em aprendizagem de máquina por rede produnda, arquitetura de vanguarda e que revela o estado da arte em reconhecimento de padrões na computação. Os resultados da classificação permitiram, não apenas a composição dos mapas mas também a tabulação das mudanças ocorridas nas classes, tal como as regiões onde ante

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

haviam matas, atividades agropecuárias ou mesmo edificações e que foram suprimidas pela lama de rejeito. De forma análoga, foi possível tabular as transições de classes ocorridas um ano após o rompimento, como a conversão de áreas agrícolas, pastos e unidades rurais em terrenos destinados a depósito de rejeitos para operacionalização logística e inspecional, estações de tratamento e pátios de equipamentos utilizados nas obras de recuperação. Foram também computadas as áreas de proteção permanente referentes a encostas, topos de morro nascentes e cursos d`água, e posteriormente analisadas a composição das classes de uso cobertura do solo dentro das tipologias de área de proteção permanente.

O mapeamento cumpriu com os objetivos elencados na Chamada 02 provendo mapas de uso e cobertura da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, áreas de proteção permanente, áreas de reserva legal e métricas associadas a área de cada classe e as respectivas transições. Com produtos, o subprojeto gerou documentos cartográficos em formatos analógico (mapas e cartas-imagem em escala 1:10.000 impressos em folha A0) e em formato digital (arquivos em formato PDF para visualização e impressão), arquivos digitais intercambiáveis para a Plataforma Interativa do Projeto Brumadinho/UFMG (Subprojeto 01) de todas as camadas que compões as feições presentes nos mapas e seus respectivos metadados. Cabe ressaltar que os produto (finais e intermediários) do Subprojeto 02 fomentaram análises de outras chamadas (subprojeto 58 e Subprojeto 60).

As entrevistas dos professores Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega (coordenador do subprojeto 02) e Vagner Nunes Braga Coelho, veiculadas em forma de podcast e disponíveis na página eletrônica do Projeto Brumadinho/UFMG, complementam a síntese aqui exposta.

https://soundcloud.com/user-468333627/episodio-4-uso-e-cobertura-do-solo-na-sub-bacia-do-ribeirao-ferro-carvao-subprojeto-02

https://soundcloud.com/user-468333627/episodio-21-a-interdiscpilinaridade-dos-subprojetos-subprojeto-02

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

Anexo III – Relatório Financeiro Fundep

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

Projeto
Brumadinho
UFMG

Projeto técnico científico de extensão da UFMG.

PRESTAÇÃO DE CONTAS

FINANCIADOR:	**TRIBUNAL DE JUSTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS**
PROJETO:	**27748 - BRUMADINHO/FACE/SUBPROJETO 2-REALIZAÇÃO DE MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DE SOLO EM TRÊS MOMENTOS DISTINTOS DA BACIA**
PROCESSO:	**CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024**
COORDENADOR:	**RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBREGA**
PERÍODO:	**16/09/2020 À 16/07/2021**

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Un. Adm. II – Campus UFMG
Belo Horizonte, MG – Brasil Caixa postal 856 – 30161-970
Telefone: (31) 3409-4200 | www.fundep.ufmg.br

FUNDEP UFMG

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

EXECUÇÃO DA RECEITA E DESPESA

OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "

CONTRATANTE/CONTRATADA:	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024 REFERÊNCIA FUNDEP: 27748
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS FINAL PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021

RECEITA		RESTITUIÇÃO ADIANTAMENTOS FUNDEP	
SALDO ANTERIOR	**0,00**	**DESPESAS**	
RECURSOS RECEBIDOS	**339.538,38**	MATERIAL DE CONSUMO	7.088,93
		EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	98.779,13
LIBERAÇÃO 12/08/2020	339.538,38	VIAGENS	11.835,77
		CUSTOS ADMINISTRATIVOS	30.758,04
		O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	15.115,18
		RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	14.733,09
		RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	16.025,20
		RESOLUCAO 10/95-UFMG	6.151,60
		BOLSA	137.750,63
		TARIFAS BANCARIAS	100,86
		DEVOLUÇAO DE SALDO	**1.622,10**
TOTAL RECEITAS	**339.538,38**	**TOTAL DESPESAS**	**338.338,43**
RENDIMENTOS NO PERÍODO	**422,15**	**SALDO EM 26/10/2021**	**0,00**
TOTAL	**339.960,53**	**TOTAL**	**339.960,53**

EXECUTOR	RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO
Musamara Mistica dos Santos **Analista de Projetos**	Wesley Roberto de Paiva **Analista de Prestação de Contas**

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP					PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "						PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024					PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748								
REC.	**ITEM**	**CREDOR**	**CNPJ/CPF**	**RUBRICAS**	**CH/OB**	**DATA PAGTO**	**TÍT.CRÉDITO**	**DATA EMISSÃO**	**VALOR**
1	1	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	14.785,35
1	2	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	11.575,17
1	3	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	6.173,43
1	4	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	2.561,97
1	5	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	648,21
1	6	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	648,21
1	7	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 47197/20	08/10/2020	AD	08/10/2020	648,21
1	8	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 47219/20	09/10/2020	726617	09/10/2020	3.366,99
1	9	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - APV	100.121.066-23	VIAGENS	GEFIN 47654/20	30/10/2020	1351017	30/10/2020	88,50
1	10	HELDER LAGES SARDIM - APV	555.229.476-91	VIAGENS	GEFIN 47654/20	30/10/2020	1351020	30/10/2020	88,50
1	11	PLINIO DA COSTA TEMBA - APV	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 47654/20	30/10/2020	1351021	30/10/2020	88,50
1	12	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 47682/20	30/10/2020	729945	30/10/2020	24,13
1	13	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	30/10/2020	843.041.201.500.120	30/10/2020	2,46
1	14	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - DEV.REF.DESPESA OCORRIDA EM 05/11/2020	178.787.118-52	VIAGENS	14.339	05/11/2020	1350677	05/11/2020	(88,50)
1	15	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - DEV.REF.DESPESA OCORRIDA EM 05/11/2020	178.787.118-52	VIAGENS	14.339	05/11/2020	1350682	05/11/2020	(231,18)
1	16	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DIÁRIAS	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 47905/2020	05/11/2020	1350677	05/11/2020	88,50
1	17	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: POSTO MANACAS LTDA - NF 225271 - R$ 231,18	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 47905/2020	05/11/2020	1350682	05/11/2020	231,18
1	18	DIEGO MACEDO - REEMBOLSO DE DIÁRIAS	057.213.156-95	VIAGENS	GEFIN 47762/2020	05/11/2020	1350673	05/11/2020	88,50
1	19	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	05/11/2020	813.101.300.560.462	05/11/2020	2,46
1	20	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 47855/20	06/11/2020	731021	06/11/2020	8,49
1	21	TOPOMIG - MINASTEC ASSISTÊNCIA TÉCNICA E COMERCIO DE PEÇAS, SOFTWARE E EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS LTD	20.653.436/0001-97	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 47937/20	11/11/2020	000002126	06/11/2020	3.000,00
1	22	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 47905/2020	11/11/2020	1350682	11/11/2020	231,18
1	23	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DIÁRIAS	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 47905/2020	11/11/2020	1350677	11/11/2020	88,50
1	24	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	11/11/2020	883.161.100.180.025	11/11/2020	2,46
1	25	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 48009/20	13/11/2020	732464	13/11/2020	301,98
1	26	MICROSUPPLY LTDA	03.048.100/0001-86	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 48259/20	24/11/2020	2415	16/11/2020	7.970,00

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS		
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "	PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021		
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748			

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	27	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	24/11/2020	803.291.100.146.673	24/11/2020	2,46
1	28	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: CARREFOUR COMERCIO E INDUSTRIA LTDA - NF 56437 - R$ 191,76	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 48261/2020	25/11/2020	1352746	25/11/2020	191,76
1	29	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: CENTRO AUTOMOTIVO FALCAO LTDA - NF 29842 - R$ 142,08	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 48261/2020	25/11/2020	1352744	25/11/2020	142,08
1	30	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: SUPERMERCADOS BH COM DE ALIMENTOS LTDA - NF 57733 - R$ 33,94	673.642.337-68	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 48261/2020	25/11/2020	1352751	25/11/2020	33,94
1	31	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	25/11/2020	883.301.100.071.454	25/11/2020	2,46
1	32	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. FECHAMENTO DE CAMBIO a favor de EVOLUTION TRADING INC..	00.000.000/0033-79	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEIMP-PROC. 1349589/17309	26/11/2020	PI-273-2020	26/11/2020	10.868,39
1	33	DC TRAVEL AGENCIA DE VIAGENS LTDA	35.913.132/0001-99	VIAGENS	GEFIN 48323/20	27/11/2020	2020/52	30/10/2020	348,88
1	34	TICKET SOLUÇÕES HDFGT S/A	03.506.307/0001-57	VIAGENS	GEFIN 48323/20	27/11/2020	37367330/T00	11/11/2020	513,33
1	35	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 48369/20	27/11/2020	735111	27/11/2020	836,73
1	36	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	27/11/2020	863.321.100.421.071	27/11/2020	4,92
1	37	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 48435/20	30/11/2020	735348	30/11/2020	988,38
1	38	VIA VAREJO S/A	33.041.260/0652-90	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 48469/20	01/12/2020	BO354058	30/11/2020	3.349,00
1	39	MICROSUPPLY LTDA	03.048.100/0001-86	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 48181/20	02/12/2020	2418	23/11/2020	22.464,00
1	40	MUNICIPIO DE BELO HORIZONTE - Ref. Retencao S/NF	18.715.383/0001-40	VIAGENS	GEFIN 48479/20	02/12/2020	2020/52	30/10/2020	0,63
1	41	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	02/12/2020	803.371.100.152.654	02/12/2020	2,46
1	42	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 48586/20	04/12/2020	736387	04/12/2020	2.346,69
1	43	ALL MIDIA COMERCIAL LTDA	04.437.237/0001-95	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 48423/20	07/12/2020	000.088.538	10/11/2020	61,60
1	44	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	07/12/2020	823.421.200.532.878	07/12/2020	2,46
1	45	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 48742/20	11/12/2020	737983	11/12/2020	5,82
1	46	MAPFRE SEGUROS GERAIS S.A.	61.074.175/0001-38	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 48957/20	17/12/2020	BO355041	16/12/2020	417,02
1	47	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49010/20	18/12/2020	739357	18/12/2020	37,91
1	48	PROTHEUS COMÉRCIO DE PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA AUTOMAÇÃO LTDA.	22.154.980/0001-10	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 48975/20	21/12/2020	377	23/11/2020	6.400,00
1	49	EVOLUTION EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL LTDA	14.959.252/0001-57	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49025/20	22/12/2020	22.906	05/11/2020	120,00
1	50	EVOLUTION EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL LTDA	14.959.252/0001-57	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49025/20	22/12/2020	22907	05/11/2020	96,00
1	51	PORT DISTRIBUIDORA DE INFORMATICA E PAPELARIA LTDA	08.228.010/0005-14	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 49097/20	28/12/2020	000333296	30/11/2020	680,00
1	52	TWO CLOUD SERVICOS DE INFORMATICA EIRELI	35.093.555/0001-00	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 49097/20	28/12/2020	000.000.075	03/12/2020	1.703,74

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "		PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748				

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	53	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	28/12/2020	883.631.100.410.143	28/12/2020	4,92
1	54	DIEGO RODRIGUES MACEDO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	057.213.156-95	BOLSA	GEFIN 49223/20	29/12/2020	202012	29/12/2020	9.373,43
1	55	PLINIO DA COSTA TEMBA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	673.642.337-68	BOLSA	GEFIN 49223/20	29/12/2020	202012	29/12/2020	7.030,08
1	56	VAGNER BRAGA NUNES COELHO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	010.432.527-54	BOLSA	GEFIN 49223/20	29/12/2020	202012	29/12/2020	7.030,08
1	57	EDEMIR FERREIRA DE ANDRADE JUNIOR - Ref. BOLSA DE PESQUISA	095.371.676-74	BOLSA	GEFIN 49223/20	29/12/2020	202012	29/12/2020	6.314,74
1	58	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	29/12/2020	803.641.100.326.738	29/12/2020	4,92
1	59	HELDER LAGES SARDIM - Ref. BOLSA DE PESQUISA	555.229.476-91	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	7.030,08
1	60	MARCELO ANTÔNIO NERO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	121.059.608-39	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	7.030,08
1	61	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - Ref. BOLSA DE PESQUISA	100.121.066-23	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	4.420,32
1	62	JULIA GLENDA RIBEIRO PEREIRA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	147.441.966-67	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	1.094,06
1	63	PEDRO HENRIQUE LUCENA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	702.946.171-16	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	1.094,06
1	64	JOÃO VICTOR PEREIRA SABINO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	144.146.206-60	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	1.094,06
1	65	PEDRO MARCOS GOMES DE MOURA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	018.635.236-00	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	1.094,06
1	66	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	178.787.118-52	BOLSA	GEFIN 49221/20	30/12/2020	202012	30/12/2020	9.373,43
1	67	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	30/12/2020	803.651.100.292.096	30/12/2020	2,46
1	68	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49310/21	04/01/2021	740790	04/01/2021	6.452,81
1	69	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	LIBERACOES	GEFIN 49456/21	08/01/2021	GEFIN 49456/21	08/01/2021	1.117,90
1	70	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49457/21	08/01/2021	742192	08/01/2021	101,84
1	71	PLINIO DA COSTA TEMBA - APV	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361977	11/01/2021	354,00
1	72	DIEGO RODRIGUES MACEDO - APV	057.213.156-95	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361981	11/01/2021	170,00
1	73	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - APV	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361978	11/01/2021	354,00
1	74	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - APV	100.121.066-23	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361973	11/01/2021	354,00
1	75	HELDER LAGES SARDIM - APV	555.229.476-91	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361974	11/01/2021	354,00
1	76	JOÃO VICTOR PEREIRA SABINO - APV	144.146.206-60	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361975	11/01/2021	354,00
1	77	JULIA GLENDA RIBEIRO PEREIRA - APV	147.441.966-67	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361976	11/01/2021	354,00
1	78	PEDRO MARCOS GOMES DE MOURA - APV	018.635.236-00	VIAGENS	GEFIN 49486/21	11/01/2021	1361980	11/01/2021	265,50
1	79	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	11/01/2021	820.111.200.545.326	11/01/2021	4,92
1	80	DIALCOMP COMPUTADORES LTDA	03.814.351/0001-24	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49450/21	12/01/2021	000.002.276	30/12/2020	295,00
1	81	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	12/01/2021	890.121.100.261.968	12/01/2021	2,46
1	82	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	LIBERACOES	GEFIN 49558/21	13/01/2021	GEFIN 49558/21	13/01/2021	(2.235,80)
1	83	JEFERSSON ALEX DOS SANTOS - Ref. BOLSA DE PESQUISA	011.434.551-18	BOLSA	GEFIN 49553/21	14/01/2021	202101	14/01/2021	6.896,88
1	84	JEFERSSON ALEX DOS SANTOS - Ref. BOLSA DE PESQUISA	011.434.551-18	BOLSA	GEFIN 49553/21	14/01/2021	202101	14/01/2021	6.896,87

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "		PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748				

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	85	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49620/21	15/01/2021	743429	15/01/2021	2.715,17
1	86	UFMG	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 49600/21	15/01/2021	16	15/01/2021	1.103,50
1	87	DIEGO RODRIGUES MACEDO - APV - ESTORNO PARCIAL REF. A DESPESA OCORRIDA EM 11/01/2021.	057.213.156-95	VIAGENS	GEFIN 49486/2021	18/01/2021	1361981	18/01/2021	(81,50)
1	88	DIEGO RODRIGUES MACEDO - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: Relacionar Comercio LTDA - NF 1386 - R$ 35,00	057.213.156-95	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49612/2021	18/01/2021	1362231	18/01/2021	35,00
1	89	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	18/01/2021	800.181.100.001.890	18/01/2021	2,46
1	90	PEDRO MARCOS GOMES DE MOURA - APV - ESTORNO PARCIAL REF.DESPESA OCORRIDA EM 11/01/2021	018.635.236-00	VIAGENS	106.163.328	19/01/2021	1361980	19/01/2021	(177,00)
1	91	JP TEC COMERCIO DE INFORMATICA LTDA	28.750.953/0001-96	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 49646/21	19/01/2021	10	07/12/2020	15.450,00
1	92	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	19/01/2021	830.191.000.296.594	19/01/2021	2,46
1	93	HELDER LAGES SARDIM - APV	555.229.476-91	VIAGENS	GEFIN 49486/2021	12/05/2021	1361974	12/05/2021	(88,50)
1	94	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - APV - ESTORNO PARCIAL DE DÉBITO OCORRIDO EM 11/01/2021.	100.121.066-23	VIAGENS	GEFIN 49486/2021	28/01/2021	1361973	28/01/2021	(88,50)
1	95	HELDER LAGES SARDIM - APV	555.229.476-91	VIAGENS	GEFIN 49662/21	22/01/2021	1363987	22/01/2021	88,50
1	96	JULIA GLENDA RIBEIRO PEREIRA - APV	147.441.966-67	VIAGENS	GEFIN 49662/21	22/01/2021	1363986	22/01/2021	88,50
1	97	PLINIO DA COSTA TEMBA - APV	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 49662/21	22/01/2021	1363985	22/01/2021	88,50
1	98	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - APV	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 49662/21	22/01/2021	1363984	22/01/2021	88,50
1	99	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49786/21	22/01/2021	744766	22/01/2021	136,12
1	100	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	22/01/2021	860.220.900.420.631	22/01/2021	2,46
1	101	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: POSTO CHAVES LTDA - NF 343668 - R$ 179,80 | REDE MAIS DE COMBUSTÍVEIS - NF 174688 - R$ 147,08 | POSTO ANTUNES LTDA - NF 58190 - R$ 40,23	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 49855/2021	27/01/2021	1364739	27/01/2021	367,11
1	102	LUCAS MANOEL DA COSTA 08864133623	19.209.231/0001-38	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 49841/21	27/01/2021	1622	14/12/2020	639,00
1	103	DIALCOMP COMPUTADORES LTDA	03.814.351/0001-24	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49841/21	27/01/2021	2220	03/12/2020	495,00
1	104	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	27/01/2021	800.271.100.343.294	27/01/2021	2,46
1	105	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	27/01/2021	800.271.100.348.174	27/01/2021	2,46
1	106	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: ALMEIDA & VELLO COMERCIO DE MADEIRAS LTDA - EPP - NF 5804 - R$ 200,00	673.642.337-68	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49876/2021	28/01/2021	1364740	28/01/2021	200,00
1	107	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	28/01/2021	800.281.100.363.236	28/01/2021	2,46
1	108	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 49964/21	29/01/2021	745542	29/01/2021	172,50

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "		PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748				

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	109	JULIA GLENDA RIBEIRO PEREIRA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 0.1 - R$ 21,24 | Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 0.2 - R$ 18,33 | Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 0.3 - R$ 10,63	147.441.966-67	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 49922/2021	29/01/2021	1364308	29/01/2021	50,20
1	110	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: POSTO AEROPORTO LTDA - NF 88958 - R$ 205,08	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 49922/2021	29/01/2021	1363966	29/01/2021	205,08
1	111	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: PASTORE BRUMADINHO - SOARES COMERCIO DE UTILIDADE E TECNOLOGIA EIRELI - NF 13801 - R$ 20,00	673.642.337-68	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49922/2021	29/01/2021	1363967	29/01/2021	20,00
1	112	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	29/01/2021	800.291.100.418.185	29/01/2021	2,46
1	113	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: DEPOSITO CAMPOS E DANTAS LTDA - NF 32124 - R$ 50,00	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 49961/2021	01/02/2021	1363975	01/02/2021	50,00
1	114	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 01 - R$ 15,36 | Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 02 - R$ 21,37	178.787.118-52	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 49961/2021	01/02/2021	1363982	01/02/2021	36,73
1	115	TECTERRA GEOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE LTDA	12.908.243/0001-01	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 50000/21	01/02/2021	151	21/12/2020	6.644,58
1	116	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	01/02/2021	890.321.100.055.431	01/02/2021	2,46
1	117	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: REDE MAIS DE COMBUSTÍVEIS - NF 172481 - R$ 210,03 | POSTO AEROPORTO LTDA - NF 89554 - R$ 85,39	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 50037/2021	02/02/2021	1363972	02/02/2021	295,42
1	118	MINISTERIO DA FAZENDA (IRRF-1708) - Ref. Retencao S/NF	00.394.460/0058-87	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 50043/21	03/02/2021	151	21/12/2020	106,20
1	119	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 50171/21	05/02/2021	746621	05/02/2021	882,76
1	120	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - APV	100.121.066-23	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366918	05/02/2021	442,50
1	121	HELDER LAGES SARDIM - APV	555.229.476-91	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366917	05/02/2021	442,50
1	122	PEDRO HENRIQUE LUCENA - APV	702.946.171-16	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366933	05/02/2021	442,50
1	123	PEDRO MARCOS GOMES DE MOURA - APV	018.635.236-00	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366926	05/02/2021	442,50
1	124	PLINIO DA COSTA TEMBA - APV	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366914	05/02/2021	442,50
1	125	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - APV	178.787.118-52	VIAGENS	GEFIN 50137/21	05/02/2021	1366913	05/02/2021	442,50
1	126	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	05/02/2021	830.361.200.506.385	05/02/2021	2,46
1	127	TICKET SOLUÇÕES HDFGT S/A	03.506.307/0001-57	VIAGENS	GEFIN 50252/21	11/02/2021	38113737/T00	04/02/2021	504,95

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS		
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "	PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021		
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748			

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	128	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	11/02/2021	800.421.100.162.195	11/02/2021	2,46
1	129	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 50371/21	12/02/2021	747583	12/02/2021	46,35
1	130	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(353,06)
1	131	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(353,06)
1	132	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(353,06)
1	133	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(1.395,41)
1	134	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(3.362,43)
1	135	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(6.304,55)
1	136	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 50520/21	19/02/2021	AC	19/02/2021	(8.053,02)
1	137	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 50521/21	19/02/2021	748839	19/02/2021	1.081,71
1	138	SILVANE CRISTINA DOS SANTOS VICENTE	35.316.374/0001-03	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 50405/21	19/02/2021	189	23/01/2021	11.900,00
1	139	ECO360 - DRONES E ENGENHARIA DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM 28.172.919/0001-81	28.172.919/0001-81	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 50826/21	05/03/2021	2021/15	05/02/2021	4.500,00
1	140	DC TRAVEL AGENCIA DE VIAGENS LTDA	35.913.132/0001-99	VIAGENS	GEFIN 51176/21	18/03/2021	2021/34	03/02/2021	586,91
1	141	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	18/03/2021	800.771.100.056.040	18/03/2021	2,46
1	142	MINISTERIO DA FAZENDA (PIS,COFINS,CSLL) - Ref. Retencao S/NF	00.394.460/0058-87	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 51157/21	19/03/2021	151	21/12/2020	329,22
1	143	MUNICIPIO DE BELO HORIZONTE - Ref. Retencao S/NF	18.715.383/0001-40	VIAGENS	GEFIN 51308/21	24/03/2021	2021/34	03/02/2021	1,05
1	144	LUIZ ALBERTO FERREIRA ALVES 90818067691	30.574.622/0001-94	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 51086/21	24/03/2021	000.000.080	19/03/2021	2.600,00
1	145	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	24/03/2021	890.831.100.025.924	24/03/2021	2,46
1	146	ADC VIAGENS E TURISMO LTDA-ME	17.512.369/0001-86	VIAGENS	GEFIN 50972/21	25/03/2021	2021/67	13/03/2021	2.743,28
1	147	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	25/03/2021	830.841.200.243.085	25/03/2021	2,46
1	148	MUNICIPIO DE BELO HORIZONTE - Ref. Retencao S/NF	18.715.383/0001-40	VIAGENS	GEFIN 51561/21	05/04/2021	2021/67	13/03/2021	6,72
1	149	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - Dev. REEMBOLSO DE DESPESAS	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 52425/2021	23/04/2021	1368296	23/04/2021	(202,40)
1	150	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: ELETRO FERRAGENS SANTA MARIA - NF 2514 - R$ 49,90 | KYLENHA COMERCIO E TRANSPORTE DE LENHA - NF 5031 - R$ 152,50	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 52425/2021	23/04/2021	1368296	23/04/2021	202,40
1	151	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: Uber do Brasil Tecnologia Ltda - NF 1623 - R$ 16,23	178.787.118-52	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 52085/2021	23/04/2021	1368651	23/04/2021	16,23
1	152	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	23/04/2021	851.131.100.303.466	23/04/2021	2,46

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "		PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748				

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	153	PLINIO DA COSTA TEMBA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: CARREFOUR COMERCIO E INDUSTRIA LTDA - NF 189639 - R$ 96,89 | POSTO ANTUNES LTDA - NF 58495 - R$ 25,00	673.642.337-68	VIAGENS	GEFIN 52251/2021	30/04/2021	1369194	30/04/2021	121,89
1	154	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	30/04/2021	831.201.201.767.673	30/04/2021	2,46
1	155	DIEGO RODRIGUES MACEDO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	057.213.156-95	BOLSA	GEFIN 52419/21	04/05/2021	202105	04/05/2021	9.373,43
1	156	PLINIO DA COSTA TEMBA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	673.642.337-68	BOLSA	GEFIN 52419/21	04/05/2021	202105	04/05/2021	7.030,07
1	157	VAGNER BRAGA NUNES COELHO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	010.432.527-54	BOLSA	GEFIN 52419/21	04/05/2021	202105	04/05/2021	7.030,07
1	158	EDEMIR FERREIRA DE ANDRADE JUNIOR - Ref. BOLSA DE PESQUISA	095.371.676-74	BOLSA	GEFIN 52419/21	04/05/2021	202105	04/05/2021	6.314,74
1	159	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR MANUT CONTA	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	04/05/2021	811.240.700.181.203	04/05/2021	54,95
1	160	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	04/05/2021	831.241.200.362.49333	04/05/2021	4,92
1	161	MARCELO ANTÔNIO NERO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	121.059.608-39	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	7.030,07
1	162	HELDER LAGES SARDIM - Ref. BOLSA DE PESQUISA	555.229.476-91	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	7.030,07
1	163	DANIEL HENRIQUE CARNEIRO SALIM - Ref. BOLSA DE PESQUISA	100.121.066-23	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	4.420,32
1	164	JOÃO VICTOR PEREIRA SABINO - Ref. BOLSA DE PESQUISA	144.146.206-60	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	1.094,05
1	165	PEDRO MARCOS GOMES DE MOURA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	018.635.236-00	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	1.094,05
1	166	JULIA GLENDA RIBEIRO PEREIRA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	147.441.966-67	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	1.094,05
1	167	PEDRO HENRIQUE LUCENA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	702.946.171-16	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	1.094,05
1	168	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - Ref. BOLSA DE PESQUISA	178.787.118-52	BOLSA	GEFIN 52416/21	05/05/2021	202105	05/05/2021	9.373,43
1	169	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 52425/2021	05/05/2021	1368296	05/05/2021	202,40
1	170	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - REEMBOLSO DE DESPESAS - PAGAMENTOS A SABER: IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/7 - R$ 15,00	178.787.118-52	O. SERVS. TERC. PES. JURIDICA	GEFIN 52425/2021	05/05/2021	1368302	05/05/2021	15,00
1	171	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAGAMENTOS	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	05/05/2021	821.251.200.400.073	05/05/2021	2,46
1	172	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 52558/21	07/05/2021	762489	07/05/2021	4.817,80
1	173	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	2.429,01
1	174	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	1.901,62
1	175	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	1.014,19
1	176	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	420,89
1	177	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	106,50
1	178	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	106,50
1	179	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 52711/21	12/05/2021	AD	12/05/2021	106,50

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "		PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024	PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748				

REC.	ITEM	CREDOR	CNPJ/CPF	RUBRICAS	CH/OB	DATA PAGTO	TÍT.CRÉDITO	DATA EMISSÃO	VALOR
1	180	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. ESTORNO DE TAR MANUT CONTA OCORRIDA EM 04/05/2021	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	13/05/2021	101.330.800.046.742	13/05/2021	(54,95)
1	181	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 52791/21	14/05/2021	763916	14/05/2021	529,01
1	182	FEDERAL SOLUTIONS SOLUCOES TECNOLOGICAS LTDA	08.782.748/0001-03	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 53644/21	21/06/2021	48	07/06/2021	14.400,00
1	183	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 53753/21	25/06/2021	770842	25/06/2021	3.922,56
1	184	CCL DISTRIBUIDORA EIRELI	05.786.956/0001-84	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 53748/21	28/06/2021	000.195.393	31/05/2021	35,70
1	185	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 53895/21	30/06/2021	771623	30/06/2021	3,57
1	186	BACKUP MANUTENCAO E DISTRIBUICAO DE PRODUTOS DE INFORMATICA EIRELI	40.224.243/0001-28	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 53921/21	05/07/2021	149	08/06/2021	89,00
1	187	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	05/07/2021	841.861.200.027.088	05/07/2021	2,46
1	188	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	2.650,70
1	189	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	2.296,73
1	190	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	1.413,71
1	191	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	586,69
1	192	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	148,44
1	193	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	148,44
1	194	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54078/21	07/07/2021	AD	07/07/2021	148,44
1	195	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - APD 1391289 | Forcenter - NF 2676 - R$ 444,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/194 - R$ 648,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/195 - R$ 1020,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/205 - R$ 324,00	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 54021/21	07/07/2021	1391289	07/07/2021	3.000,00
1	196	JL MERCO GRAFE COMERCIO LTDA - ME	17.161.704/0001-49	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 54041/21	08/07/2021	1177	10/06/2021	398,00
1	197	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	08/07/2021	821.891.200.398.531	08/07/2021	2,46
1	198	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 54135/21	09/07/2021	774421	09/07/2021	1.248,84
1	199	INOVAMAX TELEINFORMATICA LTDA	07.055.987/0001-90	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 53955/21	09/07/2021	000.011.371	11/06/2021	915,00
1	200	PORT DISTRIBUIDORA DE INFORMATICA E PAPELARIA LTDA	08.228.010/0005-14	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 53955/21	09/07/2021	000360343	14/06/2021	688,29
1	201	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	09/07/2021	861.901.100.012.278	09/07/2021	4,92
1	202	MICROSUPPLY LTDA	03.048.100/0001-86	EQUIP./MATERIAL PERMANENTE	GEFIN 54166/21	13/07/2021	000.002.480	29/06/2021	355,00
1	203	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	13/07/2021	821.941.200.436.930	13/07/2021	2,46
1	204	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	2.035,85
1	205	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	847,73
1	206	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	452,12
1	207	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	187,63
1	208	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	47,47

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

RELAÇÃO DE PAGAMENTOS

RECURSOS	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP				PRESTAÇÃO DE CONTAS			
1- CONC.	OBJETO: "Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual. "					PARCIAL	X	FINAL
2 - EXEC.	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024				PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021			
3 - OUTROS	REFERÊNCIA FUNDEP: 27748							
REC.	**ITEM**	**CREDOR**	**CNPJ/CPF**	**RUBRICAS**	**CH/OB**	**DATA PAGTO**	**TÍT.CRÉDITO**	**DATA EMISSÃO**	**VALOR**
1	209	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	47,47
1	210	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54286/21	15/07/2021	AD	15/07/2021	47,47
1	211	JOSÉ MARIA DO NASCIMENTO	26.738.020/0001-58	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 54289/21	15/07/2021	000.000.074	29/06/2021	918,00
1	212	UFMG	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 54284/21	15/07/2021	40	15/07/2021	150,48
1	213	BANCO DO BRASIL S.A. - Ref. TAR PAG FORNEC	00.000.000/0033-79	TARIFAS BANCARIAS	AVISO BANCARIO	15/07/2021	831.961.200.467.783	15/07/2021	2,46
1	214	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 54319/21	16/07/2021	776226	16/07/2021	509,90
1	215	DCG-CARTOGRAFIA	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-DEPARTAMENTO	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	1.103,09
1	216	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	863,59
1	217	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	17.217.985/0001-04	RESOLUCAO 10/95-UFMG	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	460,58
1	218	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	191,41
1	219	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	48,36
1	220	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	48,36
1	221	IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG	17.217.985/0005-38	RESOLUCAO 10/95-UNIDADE	GEFIN 54341/21	16/07/2021	AD	16/07/2021	48,36
1	222	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 54342/21	16/07/2021	776309	16/07/2021	219,95
1	223	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 54362/21	19/07/2021	776453	19/07/2021	56,43
1	224	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	18.720.938/0001-41	LIBERACOES	GEFIN 55398/21	30/08/2021	GEFIN 55398/21	30/08/2021	1.117,90
1	225	RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBRGA - Dev. APD 1391289 | Forcenter - NF 2676 - R$ 444,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/194 - R$ 648,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/195 - R$ 1020,00 | IMPRESSO COPIADORA DIGITAL - NF 2021/205 - R$ 324,00	178.787.118-52	MATERIAL DE CONSUMO	GEFIN 53983/2021	01/09/2021	1391289	01/09/2021	(564,00)
1	226	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - ESTORNO PARCIAL DE DESPESA OCORRIDA EM 19/07/2021.	18.720.938/0001-41	LIBERACOES	GEFIN 55526/21	02/09/2021	GEFIN 55526/21	02/09/2021	(1.117,90)
1	227	FUNDACAO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - ESTORNO TOTAL DE DESPESA OCORRIDA EM 30/08/2021.	18.720.938/0001-41	CUSTOS ADMINISTRATIVOS	GEFIN 56516/21	11/10/2021	792083	11/10/2021	(56,40)
								TOTAL GERAL DE PAGAMENTOS	**338.338,43**

Musamara Mistica dos Santos
Analista de Projetos

Wesley Roberto de Paiva
Analista de Prestação de Contas

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

FUNDEP UFMG	Anexo IV	RELAÇÃO DE BENS - NACIONAIS E IMPORTADOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP

CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58
REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024

REFERÊNCIA FUNDEP: 27748

DOC. Nº	DATA	ESPECIFICAÇÃO	QTDE.	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
000.002.415	16/11/2020	PLACA DE VIDEO ASUS NVIDIA GEFORCE RTX 2080	1	7.970,00	7.970,00
PI-273-2020	11/06/2020	PIX4DMAPPER, EDUCATIONAL PROFESSOR, PERPETUAL LICENSE	1	10.868,39	10.868,39
003.477.568	02/12/2020	IPAD APPLE MINI WIFI/64GB/7.9/SPACE GRAY	1	3.349,00	3.349,00
000.002.418	23/11/2020	FONTE 80PLUS PLATINUM CP-9020137-WW HX 750W	1	1.599,42	1.599,42
		GABINETE GAMER C3 TECH M. MT-G50 BK SEM FONTE	1	107,88	107,88
		MEMORIA HYPERX FURY, 64GB 2X32GB, 3000MHZ,	1	3.677,46	3.677,46
		PLACA DE VIDEO ASUS NVIDIA GEFORCE RTX 2080	1	8.006,84	8.006,84
		PLACA-MAE ASUS TUF GAMING Z490-PLUS, INTEL	1	2.143,19	2.143,19
		PP4-00005 - KIT TECLADO E MOUSE WIRELESS	1	454,81	454,81
		PROCESSADOR INTEL CORE I9-10900, CACHE 20MB 2.8GHZ, LGA 1200 - BX8070110900	1	4.289,00	4.289,00
		SOFTWARE FQC-08932 L WIN PRO 10 64BIT BRAZILIAN	1	638,36	638,36
		SSD CORSAIR FORCE SERIES MP510 960GB M.2 LEITURAS 3480MBS E GRAVACOES 3000MBS	1	1.547,04	1.547,04
000.000.377	23/11/2020	MICROCOMPUTADOR PORTATIL ACER NITRO 5 CORE I5-9300H 2.40 GHZ, RAM 8GB DDR4 2400M	1	6.400,00	6.400,00
000.333.296	30/11/2020	NOBREAK SMS 1200VA STATION II BIVOLT REF.27392 Cest: 2103800	1	680,00	680,00
000.000.075	03/12/2020	PN:29UM69G-B.AWZ-MON LG 29 29UM69G-B.AWZ IPS 21MNTRULTRAWIDE 2560X1080	1	1.703,74	1.703,74
000.000.010	07/12/2020	DJI DRONE PHANTOM 4 PRO V2	1	15.450,00	15.450,00
000.001.622	14/12/2020	RADIO COMUNICADOR MOTOROLA T100 25KM	2	319,50	639,00
000.000.189	23/01/2021	NOTEBOOK DELL XPS 13 9300 -I7-1065G7,1TB SSD, MEM 16GB, WINDOWS 10 H	1	11.900,00	11.900,00
000.000.080	19/03/2021	BATERIA DRONE DJI MAVIC PRO	2	1.300,00	2.600,00
000.000.048	07/06/2021	BATERIA DRONE DJI PHANTOM 4 PRO - ORIGINAL	8	1.800,00	14.400,00
000.002.480	29/06/2021	GABINETE NOX HUMMER JANELA LATERAL EM ACRILICO USB 3.0 NXHUMMERZS	1	355,00	355,00
				Total	**R$ 98.779,13**

Musamara Mistica dos Santos
Analista de Projetos

Wesley Roberto de Paiva
Analista de Prestação de Contas

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

CONCILIAÇÃO BANCÁRIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG/DCG-CARTOGRAFIA (IGC-INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DA UFMG)/FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP	CONTRATO: 113/2020 - PROCESSO: UFMG 23072.222043/2020-58 REF.FINANCIADOR 5036254-74.2020.8.13.0024 REFERÊNCIA FUNDEP: 27748

FONTE DO RECURSO	AGENTE FINANCEIRO	CONTA BANCÁRIA	AGÊNCIA Nº	PERÍODO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE MINAS GERAIS	**Banco do Brasil S/A**	**960.363-8**	**1.615-2**	**PERÍODO: 16/09/2020 À 16/07/2021**

ITEM	HISTÓRICO	VALOR
	Saldo bancário em 26/10/2021 conforme extratos bancários em anexo	-
1	Conta Corrente 0,00	-
	Aplicação Investimentos 0,00	-
2	MENOS: valor das ordens bancárias, de saques, de pagamentos e/ou cheques emitidos no período e não DEBITADOS, conforme discriminação nominal no quadro abaixo:.....	-
3	OUTROS: lançamentos contabilizados e não constantes do Extrato Bancário:	
	# DÉBITO (-).....	-
	# CRÉDITO (+).....	-
4	Lançamentos constantes do Extrato Bancário e não contabilizados	-
	21/07/2021 Recebimentos Diversos Doc 183.393	(564,00)
	01/09/2021 Estorno de recebimento diversos Doc 8.924	564,00
5	Saldo do Demonstrativo de execução financeira	-
	Saldo Disponível	0,00

DOCUMENTOS EMITIDOS E NÃO COMPESADOS				
DOC.	NÚMERO	DATA	FAVORECIDO	VALOR
TOTAL				0,00

Musamara Mistica dos Santos
Analista de Projetos

Wesley Roberto de Paiva
Analista de Prestação de Contas

D4Sign 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 - Para confirmar as assinaturas acesse https://secure.d4sign.com.br/verificar
Documento assinado eletronicamente, conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Número do documento: 21110916164609700006831955365
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164609700006831955365
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

27748 - RELATORIOS PRESTACAO DE CONTAS FINAL pdf

Código do documento 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4

Assinaturas

Musamara Mistica dos Santos
musamarasantos@fundep.com.br
Assinou

Musamara Mistica dos Santos

WESLEY ROBERTO DE PAIVA
wesleypaiva@fundep.com.br
Assinou

WESLEY ROBERTO DE PAIVA

Eventos do documento

26 Oct 2021, 19:26:15
Documento número 95f58ad7-a735-47ad-adb5-af800d54f5e4 **criado** por WESLEY ROBERTO DE PAIVA (Conta 60168055-8483-4f73-8cdc-ed4e37f0bd94). Email :wesleypaiva@fundep.com.br. - DATE_ATOM: 2021-10-26T19:26:15-03:00

26 Oct 2021, 19:26:37
Lista de assinatura **iniciada** por WESLEY ROBERTO DE PAIVA (Conta 60168055-8483-4f73-8cdc-ed4e37f0bd94). Email: wesleypaiva@fundep.com.br. - DATE_ATOM: 2021-10-26T19:26:37-03:00

26 Oct 2021, 19:26:50
WESLEY ROBERTO DE PAIVA **Assinou** (Conta 60168055-8483-4f73-8cdc-ed4e37f0bd94) - Email: wesleypaiva@fundep.com.br - IP: 201.80.1.144 (c9500190.virtua.com.br porta: 64906) - Documento de identificação informado: 037.328.266-43 - DATE_ATOM: 2021-10-26T19:26:50-03:00

26 Oct 2021, 19:27:32
MUSAMARA MISTICA DOS SANTOS **Assinou** (Conta 3c9a2916-ca74-4607-9739-40b459e5ba32) - Email: musamarasantos@fundep.com.br - IP: 191.185.111.46 (bfb96f2e.virtua.com.br porta: 13582) - Documento de identificação informado: 082.044.276-38 - DATE_ATOM: 2021-10-26T19:27:32-03:00

Hash do documento original
(SHA256):d2c14c24a6d156e30da87f86a88fb22eaab53732cac7807ad96fd8a87128f194
(SHA512):314f071d4dcac925be7e99ea1ea36ab57f907f9414946d9dea2b1474a5d10a428aa5dd340d6ba486e449042baecacd3bf7d594ea1d87a65a705ff117f8e3cd59

Esse log pertence **única** e **exclusivamente** aos documentos de HASH acima

Esse documento está assinado e certificado pela D4Sign

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

NOTA TÉCNICA DE ANÁLISE DE PRESTAÇÃO DE CONTAS

DADOS DO PROCESSO

Contrato nº: 113/2020
Processo: 23072.222043/2020-58
Projeto nº: 27748 - BRUMADINHO/FACE/SUBPROJETO 2-REALIZAÇÃO DE MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DE SOLO EM TRÊS MOMENTOS DISTINTOS DA BACIA

Referência: Análise da prestação de contas do Contrato 113/2020, referente ao período de 16/09/2020 a 16/07/2021.
Objeto do contrato: Contratação da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa com **a finalidade de dar apoio ao Projeto de Pesquisa "Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG".**
Vigência do contrato: 16/09/2020 a 16/07/2021
Valor do contrato: R$ 339.358,38.
Demonstrativo sintético da execução das despesas na Fundação de Apoio:

Unidade Executora:	Instituto de Geociências	**Nr.do projeto na FUNDAÇÃO:**	27748-2
Fundação (SIGLA):	FUNDEP	**Processo:**	23072.222043/2020-58
RECEITAS		**DESPESAS**	
Liberações no período	339.358,38	**Custos Administrativos**	30.758,04
Operações Financeiras	422,15	**Material de Consumo**	7.088,93
		O.S.T.PJ	15.115,18
		Equipamento/material permanente	98.779,13
		Viagens	11.835,77
		Bolsas	137.750,63
		Resolução 10/95 Departamento	14.733,09
		Resolução 10/95 Unidade	16.025,20
		Resolução 10/95 UFMG	6.151,60
		Tarifas Bancárias	100,86
Soma das Receitas	339.960,53	**Soma das Despesas**	338.338,43
		Saldo devolvido em 22/10/2021	1622,10
Total	339.960,53	**Total**	339.960,53

O presente parecer foi fundamentado:

Lei 8958/94, o Decreto 7423/10 e suas alterações posteriores.

Nas informações contidas na Prestação de Contas do Contrato nº 113/2021 **Processo: 23072.222043/2020-58** elaborada pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – (FUNDEP), fundação de apoio à Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, encaminhada a esta Universidade em 26/10/2021 1060310 1060324.

Número do documento: 21110916164670900006831955366
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164670900006831955366
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

"parágrafos 1° e 2° do artigo 11° do Decreto 7423/2010:

- ***1ºA prestação de contas deverá abranger os aspectos contábeis, de legalidade, efetividade e economicidade de cada projeto, cabendo à instituição apoiada zelar pelo acompanhamento em tempo real da execução físico-financeira da situação de cada projeto e respeitar a segregação de funções e responsabilidades entre fundação de apoio e instituição apoiada.***
- ***2ºA prestação de contas deverá ser instruída com os demonstrativos de receitas e despesas, cópia dos documentos fiscais da fundação de apoio, relação de pagamentos discriminando, no caso de pagamentos, as respectivas cargas horárias de seus beneficiários, cópias de guias de recolhimentos e atas de licitação."***

2 – Da origem e aplicação dos recursos:

Em 28/07/2020, a UFMG recebeu por meio do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19-00, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, com interveniência da FUNDEP, o valor de R$ 339.538,38 (trezentos e trinta e nove mil, quinhentos e trinta e oito reais e trinta e oito centavos) para apoiar o desenvolvimento do projeto "Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG".

3 – Atividades do projeto desenvolvidas:

"Identificar, diagnosticar e avaliar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão (Brumadinho/MG) apoiado no conjunto de Geotecnologias (i.e., imagens de satélite, levantamento aéreo por veículo não tripulado, posicionamento por GNSS, processamento digital de imagens por deep learning, análise espacial via sistemas informativos geográficos) em perspectiva multitemporal considerando três momentos: (1) momento imediatamente anterior ao rompimento da Barragem I; (2) momento imediatamente após o rompimento; e (3) momento atual.

4 – Objetivos Alcançados:

"parágrafo 3° do artigo 11° do Decreto 7423/2010:

- *3ºA instituição apoiada deverá elaborar relatório final de avaliação com base nos documentos referidos no § 2º e demais informações relevantes sobre o projeto, atestando a regularidade das despesas realizadas pela fundação de apoio,* ***o atendimento dos resultados esperados no plano de trabalho e a relação de bens adquiridos em seu âmbito****."*

Os dados foram coletados e as análises e produtos gerados foram entregues ao financiador.

Conclusão:

Como coordenador responsável pelo Contrato nº 113/2020, Processo: 23072.222043/2020-58, após verificação da documentação entregue:

- Considerando que acompanhei e a execução na Fundação de Apoio durante o período de 16/09/2021 a 16/07/2021;
- Considerando que toda a execução da despesa se deu, conforme previsto no projeto, atendendo as legislações aplicadas a execução da despesa pública, combinada com a legislação aplicada as Fundações de Apoio, mantendo em dia as obrigações tributárias e previdenciárias decorrentes da execução do projeto;
- Considerando que a prestação de contas financeira apresentada pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa relata detalhadamente os gastos efetivados no projeto e os mesmos concorreram para a consecução do objeto;
- Considerando que a relação dos bens adquiridos no âmbito do projeto foi apresentada, demonstrando inclusive o local de guarda na UFMG,
- Considerando que não houve inconsistências na gestão administrativo-financeira do projeto e que o saldo de R$ R$ 1.622,10 foi devolvido ao financiador.
- Concluo que as informações apresentadas pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa, analisadas e relatadas por meio desta Nota Técnica, condizem com o projeto "**Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG**.", contrato 113/2020 Processo: 23072.222043/2020-58 e que o objeto do instrumento foi integralmente cumprido. Com o exposto aprovo a prestação de contas do referido contrato.

RODRIGO AFFONSO DE ALBUQUERQUE NÓBREGA

Número do documento: 21110916164670900006831955366
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164670900006831955366
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46

COORDENADOR DO PROJETO

Acolho a nota técnica elaborada pelo coordenador do projeto e aprovo a prestação de contas final referente ao Projeto **Mapeamento de uso e cobertura do solo na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho-MG** apresentada pela Fundação de Apoio.

VILMA LÚCIA MACAGNAN CARVALHO

DIRETORA DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega**, **Professor do Magistério Superior**, em 04/11/2021, às 23:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Vilma Lucia Macagnan Carvalho**, **Diretor(a) de unidade**, em 05/11/2021, às 12:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1060296** e o código CRC **81DFCFDB**.

INSTRUÇÕES

COORDENADOR: Editar, salvar e assinar eletronicamente este documento.

Disponibilizar em bloco para assinatura do diretor da unidade/ordenador de despesa do projeto.

Referência: Caso responda este Documento, indicar expressamente o Processo nº 23072.222043/2020-58 SEI nº 1060296

Número do documento: 21110916164670900006831955366
https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=21110916164670900006831955366
Assinado eletronicamente por: FABIANO TEODORO DE REZENDE LARA - 09/11/2021 16:16:46