



NOTA TÉCNICA CGEO Nº 02-2023

Assunto: Publicação na web dos limites das UCs plotados sobre modelos 3D e Ortofotomosaicos obtidos de imagens de drones.

equipe – CGEO/GRN/IEMA.

1. APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica trata da metodologia adotada pela CGEO para realizar a publicação no site do IEMA dos limites das Unidades de Conservação Estaduais - UCs , plotados de forma adequada sobre modelos 3D e Ortofotomosaicos obtidos de imagens de drones, através da utilização do complemento/pluguin “Qgis2Threejs”, do “Qgis”(https://qgis.org/pt_BR/site/) , um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto, e georeferenciados sobre o Ortofotomosaico 2012/2015. Como material complementar para auxiliar na gestão das UCs, também são produzidas e publicadas no site do IEMA fotografias panorâmicas 360° localizadas sobre alguns vértices notáveis dos limites das UCs.

2. HISTÓRICO da questão dos limites das UCs

As Unidades de Conservação Estaduais foram originalmente delimitadas com os recursos existentes na época da criação de cada uma delas, como mapas desenhados sobre as Cartas do IBGE, montagem de levantamentos topográficos de áreas adquiridas ou de trechos de poligonal específicos, e também croquis elaborados sobre montagens de fotografias aéreas. A seguir são apresentados resumos do histórico do Parque Estadual da Pedra Azul – PEPAZ, e do Parque Estadual de Itaúnas - PEI.

O decreto Estadual Nº 312 de 1960, declara Reserva Florestal as áreas localizadas nos picos de Forno Grande, município de Castelo, e de Pedra Azul, município de Domingos Martins. Na década de 80 as áreas da Reserva Florestal de Pedra Azul foram delimitadas em campo através de análise estereoscópica e fotointerpretação pelo IDAF, utilizando o Levantamento Aerofotogramétrico IBC de 1970 na escala de 1/25.000.

Na delimitação foram consideradas as plantas de legitimação existentes e a identificação de remanescentes florestais, de afloramentos rochosos e de áreas efetivamente utilizadas por atividades antrópicas como cultivos ou pastagens existentes. O Parque Estadual da Pedra Azul (PEPAZ) foi criado em 1991, por meio da Lei Estadual nº 4503 com uma área estimada de 1.240 ha, sendo administrado pelo IEMA há cerca de 15 anos.



O Parque Estadual de Itaúnas – PEI foi criado através do decreto Estadual N° 4.967-E de 1991. A referência básica para a identificação dos limites mencionados no decreto de criação é um croqui, elaborado a partir da montagem de fotografias aéreas de 1970, na escala aproximada de 1:25.000, constante do processo administrativo SEAMA nº 02136/91, sendo que alguns trechos do perímetro do PEI foram definidos com a utilização de conceitos relativos a feições geográficas ou de uso do solo, como “margeando o mangue”, “margeando terrenos alagados e alagáveis”, “margeando a restinga” e “contornando a mata”.

Os limites do PEI foram estabelecidos de fato a partir da poligonal de contorno dos levantamentos topográficos realizados pelo IDAF em 1995 e 1996, quando foram materializados os limites do decreto de criação, e que se constituíram na base para publicação dos decretos de desapropriação em 1996. Os limites do PEI e o levantamento fundiário foram publicados no Plano de Manejo em 2002.

Em 2007/2008 e 2012/2015 foram realizados Levantamentos Aerofotogramétricos e Ortofotomosaicos nas escalas de 1/15.000 e 1/10.000 PEC "A" (Padrão de Exatidão Cartográfica classe "A"), sobre todo o território do ES.

São documentos cartográficos que permitem a identificação de feições geográficas artificiais e naturais, de ótima qualidade para trabalhos de campo, em especial o Ortofotomosaico de 2012/2015, com 25cm de resolução espacial. Desde então os Ortofotomosaicos passaram a se constituir na base de referência utilizada pelo IEMA para a adequação dos limites das Unidades de Conservação – UCs Estaduais, através da criação de pontos virtuais fotoidentificáveis.

O acesso aos Ortofotomosaicos através de navegadores geográficos na internet vem sendo disponibilizado pela CGEO desde 2009, e desde então permite que os limites das UCs possam ser visualizados ou analisados por usuários com qualificação técnica ou pelo cidadão comum.

3. METODOLOGIA ADOTADA

Em 2020 a CGEO iniciou experimentos com a utilização de softwares livres para processar imagens obtidas pelos drones do IEMA, realizando “manualmente” atividades de planejamento e execução de vôos, e elaborando Ortofotomosaicos e modelos 3D de pequenas áreas.

A partir daí foi tomando forma a ideia de se produzir Ortofotomosaicos de alta resolução, Modelos de Reconstrução 3D e fotografias panorâmicas 360° obtidos de imagens de drones, ao longo dos limites das UCs.

Integrados à base de dados georeferenciada utilizada no IEMA e disponibilizados para navegação no site do IEMA, Ortofotomosaicos de alta resolução, Modelos de Reconstrução 3D e fotografias panorâmicas 360° facilitam o reconhecimento dos limites das UCs em campo por qualquer usuário, e possibilitam uma forma alternativa e complementar de consolidação dos limites das UCs. Além disso permitem viabilizar ações de monitoramento e atualizações quando se fizer necessário, através da execução de missões de vôo previamente planejados.



Em 2021 foi adquirido o software DJITerra (<https://www.dji.com/br/dji-terra>) para viabilizar o planejamento de missões de voo, a obtenção e processamento de múltiplas imagens adquiridas a partir das plataformas aéreas – drones modelo Phantom 4 Pro V2.0 da DJI - utilizadas no IEMA, com o objetivo de produzir Ortofotomosaicos, Modelos de Reconstrução em 3D e fotografias panorâmicas 360° em trechos prioritários ou notáveis das poligonais definidoras dos limites das Unidades de Conservação Estaduais do ES.

Entre março e agosto de 2022 foram executados vãos a uma altura de 120m em relação à cota do terreno, para obtenção de imagens verticais resultando na produção de blocos de Ortofotomosaicos com resolução espacial de 3,5cm e Modelos 3D de uma faixa de aproximadamente 120m de largura ao longo dos limites do PEI e do PEPAZ.

Foi desenvolvido pela equipe da CGEO um método para viabilizar a execução dos vãos de modo a acompanhar o relevo do terreno, representado pelo MDT- Modelo Digital de Terreno também produzido em 2012/2015.

Foi realizado o georeferenciamento imagem/imagem de cada um dos quase 50 blocos de Ortofotomosaicos e modelos 3D referentes a cada missão executada utilizando-se 2 pontos de controle situados nas suas extremidades, pontos virtuais fotoidentificáveis no Ortofotomosaico IEMA 2012/2015, documento cartográfico que abrange todo o território do ES, na escala de 1/10.000, utilizado como referência pelo IEMA.

3.1 - Etapas

O processamento das imagens de drone no software “DJITerra”(<https://www.dji.com/br/dji-terra>) é realizado através das funções de Reconstrução 2D e 3D. Os produtos obtidos são Ortofotomosaico 2D e Modelo 3D.

- no processo de reconstrução 2D é gerado um Ortofotomosaico, arquivo result.tif, ;
- no processo de reconstrução 3D, é gerado um Modelo 3D, arquivo block.obj.

As figuras a seguir mostram a diferença entre as áreas planas resultantes dos processos de Reconstrução 2D e 3D pelo software “DJITerra”. A área útil do Ortofotomosaico 2D gerado diretamente do “DJITerra” é menor que a área plana gerada a partir do modelo3D.



Fig.1a: Área do Ortofotomosaico 2D



Fig.1b: Área plana do modelo3D gerado pelo DJITerra.

3.1.1 - Reconstrução 2D

- no processo de reconstrução 2D pelo DJITerra (adotar opção quality high) é gerado um Ortofotomosaico arquivo result.tif;
- no software “Qgis”..... é efetuado o georeferenciamento do arquivo result.tif (Ortofotomosaico 2D) com 2 pontos de controle utilizando o Ortofotomosaico2012/2015 como referência;
- no software “Qgis”..... são criar pirâmides internas e realizar a exportação com compactação do arquivo Ortofotomosaico 2D georeferenciado para otimizar a velocidade de acesso e tamanho final dos arquivos gerados;
- no software “Qgis”..... no caso de mais de uma sub-missão, criar um arquivo shapefile de índice de ladrilhos (tile index) referente aos retângulos envolventes da área de cada sub-missão;
- no software “Bloco de Notas” ou outro qualquer editar um arquivo texto mapfile.map com as informações específicas relativas ao conjunto das sub-missões processadas para disponibilização do Ortofotomosaico2D como serviço WMS (Web Map Service);
- inserir as imagens compactadas e o arquivo mapfile.map nas pastas adequadas de um servidor web;
- inserir uma camada Ortofotomosaico 2D georeferenciado numa plataforma de navegação web (Leaflet, Openlayers etc...).

3.1.2 - Reconstrução 3D

- no processo de reconstrução 3D pelo DJITerra é gerado um Modelo 3D. Deve ser habilitado o formato de saída .obj, e devido à quantidade de fotos (normalmente mais de 150 ou 200 fotos), deve ser habilitada a opção qualidade média para que seja gerado um só arquivo;



- no software “3DZephir” abrir o modelo3D no formato .obj. Devem ser habilitadas as opções “visão de topo” e “orthographic projection”, e exportada através de captura de tela (adotar um tamanho de 20.000 pixels para a maior dimensão) uma imagem plana equivalente a um Ortofotomosaico2D no formato .jpg;
- no software “Qgis”..... georreferenciar o arquivo Ortofotomosaico.jpg exportado pelo “3DZephir”, com 2 pontos de controle utilizando o Ortofotomosaico2012/2015 como referência, resultando no arquivo Ortofotomosaico_georef.tif;
- no software “Gimp”... deve ser selecionar, cortar e exportar exclusivamente a área útil da imagem Ortofotomosaico_georef.tif gerando o Ortofotomosaico_georef_cortado.tif;
- no software “Qgis”.... georeferenciar também com 2 pontos de controle o arquivo “Ortofotomosaico_georef_cortado.tif” exportado pelo “Gimp”, resultando no arquivo Ortofotomosaico_do_modelo3D_cortado_georef.tif;
- no software “Qgis”.... extrair a extensão da camada Ortofotomosaico_do_modelo3D_cortado_georef.tif, resultando num arquivo shapefile .shp de um polígono referente ao retângulo envolvente da imagem;
- no software “Qgis”.... extrair o centroide do polígono referente ao retângulo envolvente;
- no software “Qgis”.... exportar o arquivo correspondente ao polígono (retângulo envolvente) para o formato .glb utilizando o complemento Qgis2threejs;
- no software “3DBuilder” ... abrir e rotacionar o modelo3D block.obj (exportado do “DJITerra”no formato .obj) utilizando o valor de Rotação registrado no processo de georeferenciamento do arquivo Ortofotomosaico.jpg exportado pelo “3DZephir” e salvar no formato .glb;
- no software “3DBuilder” ... escalonar o modelo3D block.obj rotacionado de modo que as suas dimensões sejam as mesmas do polígono (retângulo envolvente) no formato .glb ;
- no software “Qgis”.... utilizar o complemento Qgis2threejs para efetuar a aplicação de simbologia “Model 3D” no centroide do polígono (correspondente ao retângulo envolvente), utilizando o arquivo modelo 3D rotacionado e escalado no formato .glb exportado pelo “3DBuilder”, de mesmas dimensões do polígono (retângulo envolvente) no formato .glb exportado pelo “Qgis”/Qgis2threejs.
- no software “Qgis”.... utilizar o complemento Qgis2threejs efetuar a aplicação de simbologia “Model 3D” nos centroides dos polígonos correspondentes a outros objetos 3D (mapa de referência, imagem do Google Hybrid, etc...) que farão parte da cena 3D final;
- no software “Qgis” módulo Qgis2threejs.... exportar a cena 3D final no formato html, quando são geradas também sub-pastas com dados;
- no software “Qgis”.... utilizar os centroides para criar um mapa índice dos trechos de reconstrução 3D,
- inserir todos os objetos 3D gerados e arquivos .html com respectivas sub-pastas de dados nos locais adequados de um servidor web, no caso o servidor geo.iema.es.gov.br;
- inserir o mapa índice dos Modelos de Reconstrução 3D na plataforma Geoiema;

Os Modelos de Reconstrução 3D podem ser acessados para navegação através de um clique na plataforma Geoiema <http://geo.iema.es.gov.br/>.



3.1.2 - Fotografias panorâmicas 360°

Também foram realizadas dezenas de fotografias panorâmicas 360° ao longo dos limites do PEPAZ e do PEI, muito úteis para visualização dos trechos da poligonal e da paisagem do entorno.

As fotografias panorâmicas 360° são montadas e exportadas na projeção equiretangular no software Hugin (<https://hugin.sourceforge.io/>), tratadas e redimensionadas no software Gimp (<https://www.gimp.org/>) e inseridas nas pastas adequadas de um servidor web . Os endereços das fotografias panorâmicas 360° são inseridos em arquivos .html originados da biblioteca JavaScript/API Three.js (<https://threejs.org/>).

Os Ortofotomosaicos, os modelos de reconstrução 3D e as fotografias panorâmicas 360 estão disponíveis para navegação no site do IEMA, em <http://geo.iema.es.gov.br/>.

Além do software DJITerra adquirido pelo IEMA, foram utilizados os softwares livres Qgis (https://qgis.org/pt_BR/site/), Gimp (<https://www.gimp.org/>), Hugin (<https://hugin.sourceforge.io/>), 3DBuilder (<https://apps.microsoft.com/store/detail/3d-builder/9WZDNCRFJ3T6?hl=pt-br&gl=br>), 3dZephir (<https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/>), e a biblioteca JavaScript/API Three.js (<https://threejs.org/>).



Fig.2: Visualização de modelo 3D em página web, do centro de recepção aos visitantes do PEPAZ, com seus limites representados por divisórias transparentes.



4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1: Mapa dos limites do PEPAZ e memorial descritivo.

Mapa dos limites do PEPAZ e memorial descritivo, anexos integrantes da atualização do decreto de criação.



Fig.3: Mapa dos limites do PEPAZ, inserido como ANEXO II na atualização do decreto de criação.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA

ANEXO I

Memorial Descritivo do Parque Estadual Pedra Azul

A delimitação do Parque Estadual Pedra Azul é definida pela sequência de pontos relacionados a seguir, de coordenadas métricas UTM referenciadas ao Datum SIRGAS 2000; definindo um polígono de área equivalente a 1.341,4ha e com perímetro de 18.224 metros. As coordenadas foram extraídas de pontos fotointerpretados sobre o Ortofotomosaico de imagens de drone IEMA 2022, georeferenciado sobre o Ortofotomosaico IEMA 2012/20.

ponto	E	N
1	288.697	7.743.043
2	288.694	7.743.039
3	288.692	7.743.033
4	288.689	7.743.025
5	288.690	7.743.019
6	288.716	7.743.022
7	288.778	7.743.001
8	288.774	7.742.962
9	288.821	7.742.926
10	288.849	7.742.948
11	288.937	7.742.977
12	289.006	7.743.001
13	289.202	7.743.642
14	289.218	7.743.640
15	289.239	7.743.635
16	289.258	7.743.637
17	289.276	7.743.630
18	289.293	7.743.632
19	289.296	7.743.625
20	289.311	7.743.624
21	289.325	7.743.630
22	289.328	7.743.639
23	289.335	7.743.640
24	289.337	7.743.637
25	289.355	7.743.640
26	289.377	7.743.642
27	289.388	7.743.646
28	289.402	7.743.649
29	289.414	7.743.647
30	289.434	7.743.644
31	289.459	7.743.634
32	289.478	7.743.625
33	289.491	7.743.616
34	289.496	7.743.605
35	289.498	7.743.596
36	289.507	7.743.581
37	289.518	7.743.566
38	289.530	7.743.557
39	289.547	7.743.548
40	289.560	7.743.531

ponto	E	Y
41	289.576	7.743.515
42	289.573	7.743.500
43	289.588	7.743.496
44	289.603	7.743.488
45	289.617	7.743.474
46	289.645	7.743.471
47	289.667	7.743.470
48	289.686	7.743.449
49	289.689	7.743.433
50	289.689	7.743.411
51	289.695	7.743.397
52	289.711	7.743.387
53	289.726	7.743.366
54	289.752	7.743.349
55	289.772	7.743.334
56	289.781	7.743.328
57	289.787	7.743.323
58	289.780	7.743.307
59	289.781	7.743.285
60	289.775	7.743.254
61	289.774	7.743.224
62	289.776	7.743.215
63	289.788	7.743.209
64	289.790	7.743.199
65	289.789	7.743.188
66	289.793	7.743.177
67	289.800	7.743.174
68	289.804	7.743.168
69	289.810	7.743.156
70	289.817	7.743.137
71	289.825	7.743.131
72	289.840	7.743.125
73	289.860	7.743.109
74	289.862	7.743.104
75	289.868	7.743.102
76	289.877	7.743.091
77	289.940	7.743.077
78	289.942	7.743.041
79	290.062	7.743.102
80	290.030	7.742.908

ponto	E	Y
81	290.076	7.742.875
82	290.114	7.742.857
83	290.134	7.742.833
84	290.150	7.742.816
85	290.186	7.742.795
86	290.200	7.742.794
87	290.215	7.742.781
88	290.279	7.742.767
89	290.297	7.742.782
90	290.388	7.742.782
91	290.950	7.742.638
92	290.884	7.742.334
93	290.968	7.742.254
94	290.893	7.742.109
95	291.524	7.741.794
96	291.815	7.741.904
97	291.794	7.742.062
98	291.837	7.742.102
99	291.873	7.742.128
100	291.902	7.742.133
101	291.920	7.742.118
102	291.937	7.742.112
103	291.946	7.742.113
104	291.956	7.742.111
105	291.999	7.742.082
106	292.026	7.742.053
107	292.057	7.742.022
108	292.089	7.741.999
109	292.090	7.741.990
110	292.077	7.741.977
111	292.762	7.740.877
112	292.575	7.740.593
113	292.849	7.739.756
114	292.430	7.739.456
115	292.437	7.739.443
116	292.529	7.739.215
117	292.551	7.739.164
118	292.606	7.739.117
119	292.685	7.739.093
120	292.622	7.739.005

etc...

Fig.4: Memorial descritivo dos limites do PEPAZ, inserido como ANEXO na atualização do decreto de criação.



4.2: Ortofotomosaico de alta resolução elaborado a partir de imagens de drones.

Ortofotomosaico de alta resolução de uma faixa de aprox. 120m de largura ao longo dos cerca de 18 km de perímetro do PEPAZ, elaborado a partir de imagens de drones pelo IEMA em 2022. O Ortofotomosaico já está disponibilizado para o público externo como uma camada no navegador <http://geo.iema.es.gov.br/> e também como um serviço WMS para ser adicionado em sistemas de informação geográfica como o Qgis, Arcgis e outros através da url http://geo.iema.es.gov.br/cgi-bin/mapserv?map=/storage/www/temas/ortofotos_drone2022pepaz.map.

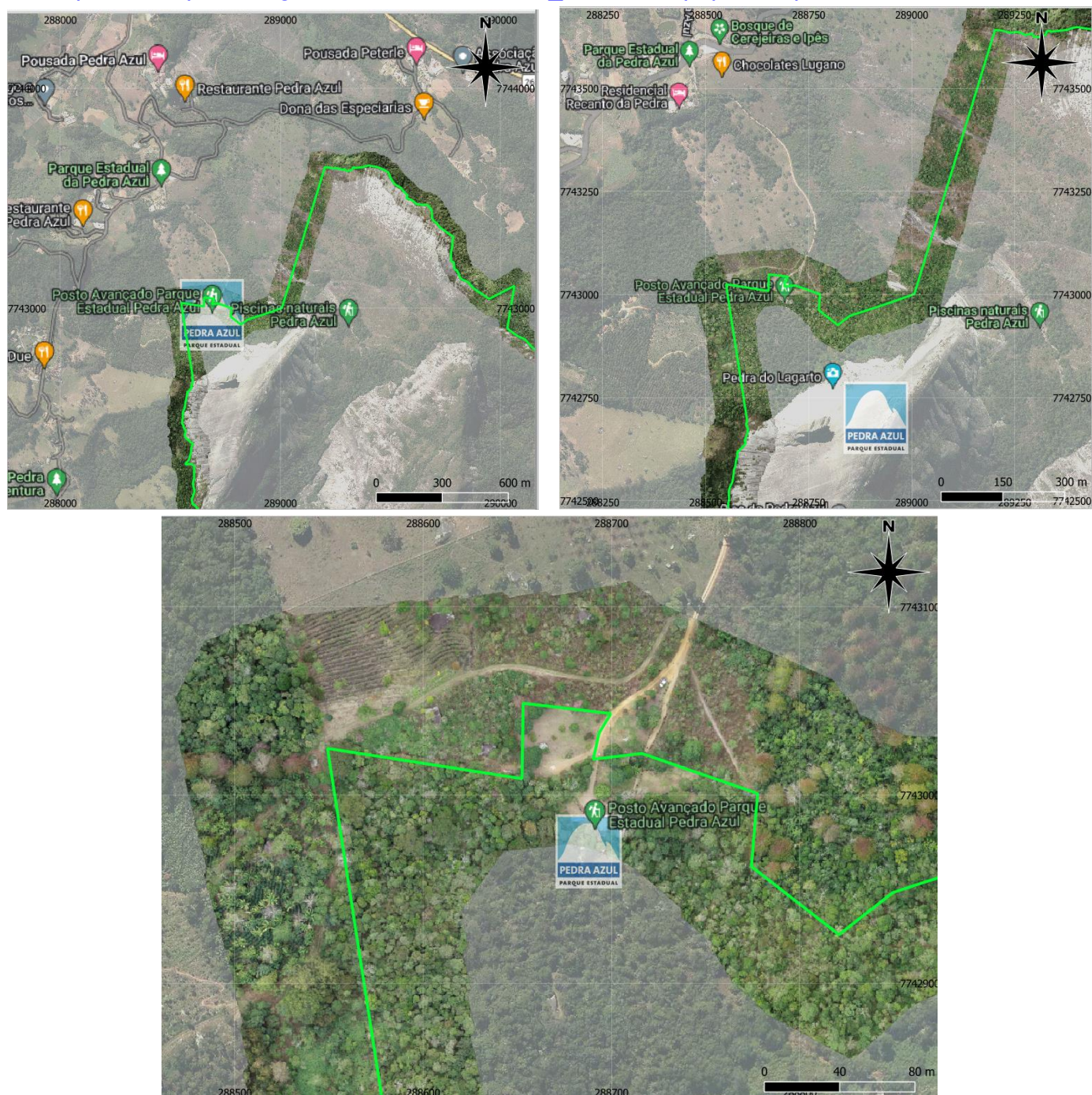


Fig.5: sequência de níveis de ampliação do Ortofotomosaico de alta resolução ao longo dos limites do PEPAZ, elaborado a partir de imagens de drones pelo IEMA em 2022.



Fig.6: detalhe do Ortofotomosaico de alta resolução e pontos do memorial descritivo do perímetro do PEPAZ.



4.3: Modelos 3D com os limites do PEPAZ disponíveis em páginas web.

Modelos de reconstrução 3D com os limites do PEPAZ representados por divisórias transparentes, disponíveis para navegação em páginas web, ampliando a capacidade do usuário na verificação de detalhes da sua área de interesse.

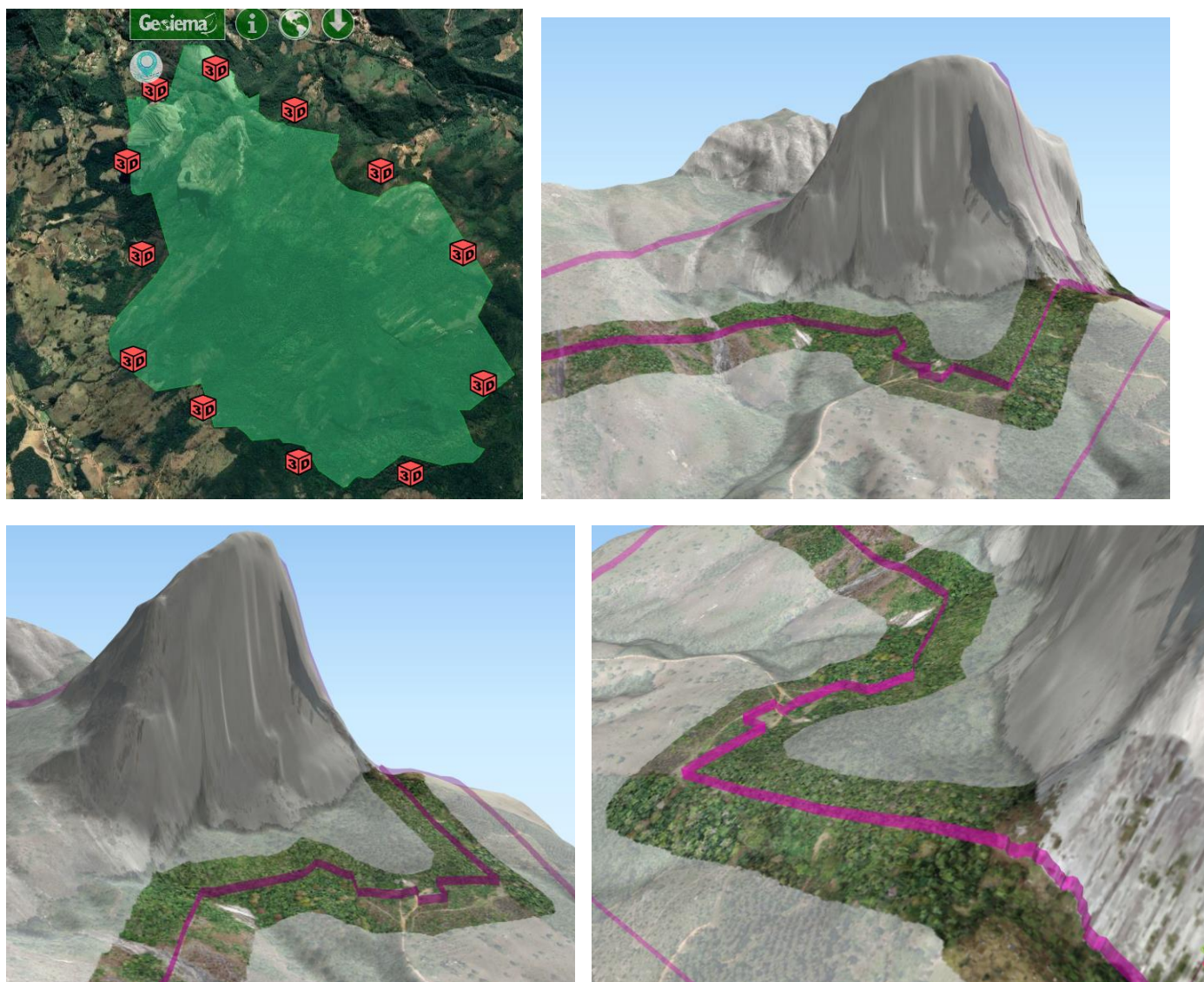


Fig.5 : exemplo de visualização de modelos em 3D em página web (combinação do Modelo Digital de Terreno e Ortofotomosaico 2012/2015 com o modelo 3D gerado pelas imagens de drone) , com os limites do PEPAZ representados por divisórias transparentes.



Fig.6: exemplo de visualização dos modelos 3D em página web elaborados a partir de imagens de drones pelo IEMA em 2022 com os limites do PEPAZ representados por divisórias transparentes.



4.4: Imagens panorâmicas 360 ao longo dos limites do PEPAZ disponíveis em páginas web

Foram realizadas dezenas de fotografias panorâmicas 360 ao longo dos limites do PEPAZ, muito úteis para visualização dos trechos da poligonal e da paisagem do entorno. As fotografias panorâmicas 360 estão disponíveis para navegação no site do IEMA, em <http://geo.iema.es.gov.br/>, com acesso a partir do mapa-índice mostrado em destaque na figura abaixo.

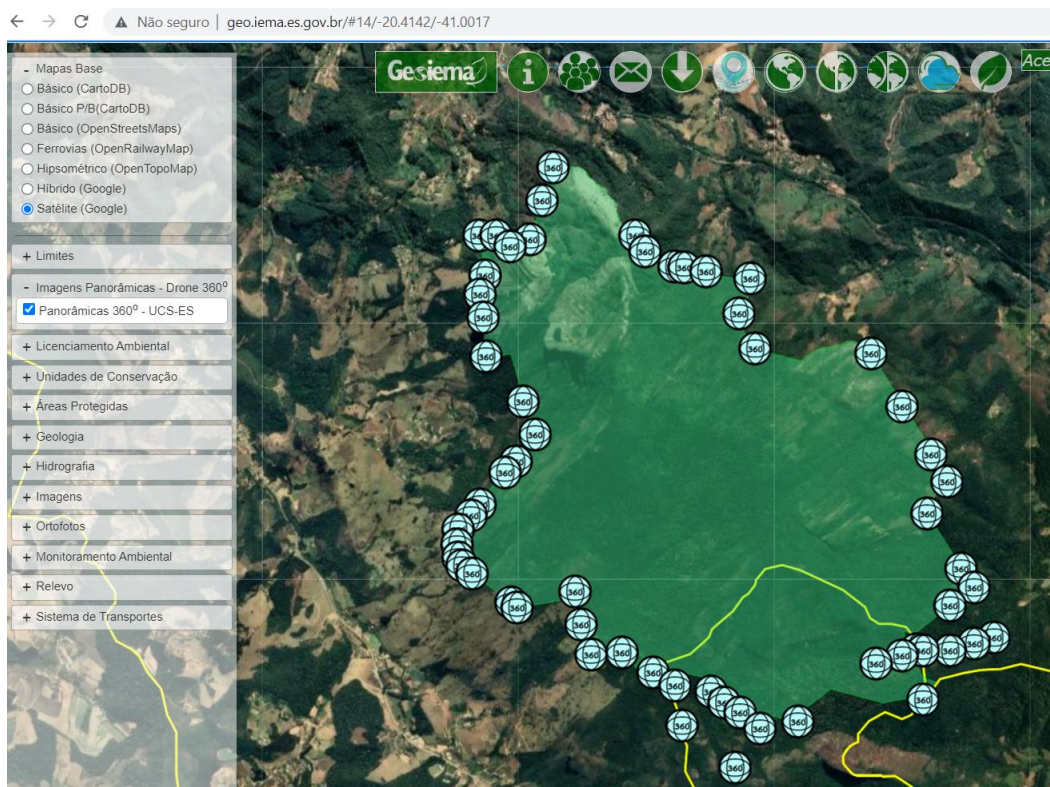


Fig.7: Mapa-índice utilizado para acessar as imagens panorâmicas 360 ao longo dos limites do PEPAZ.

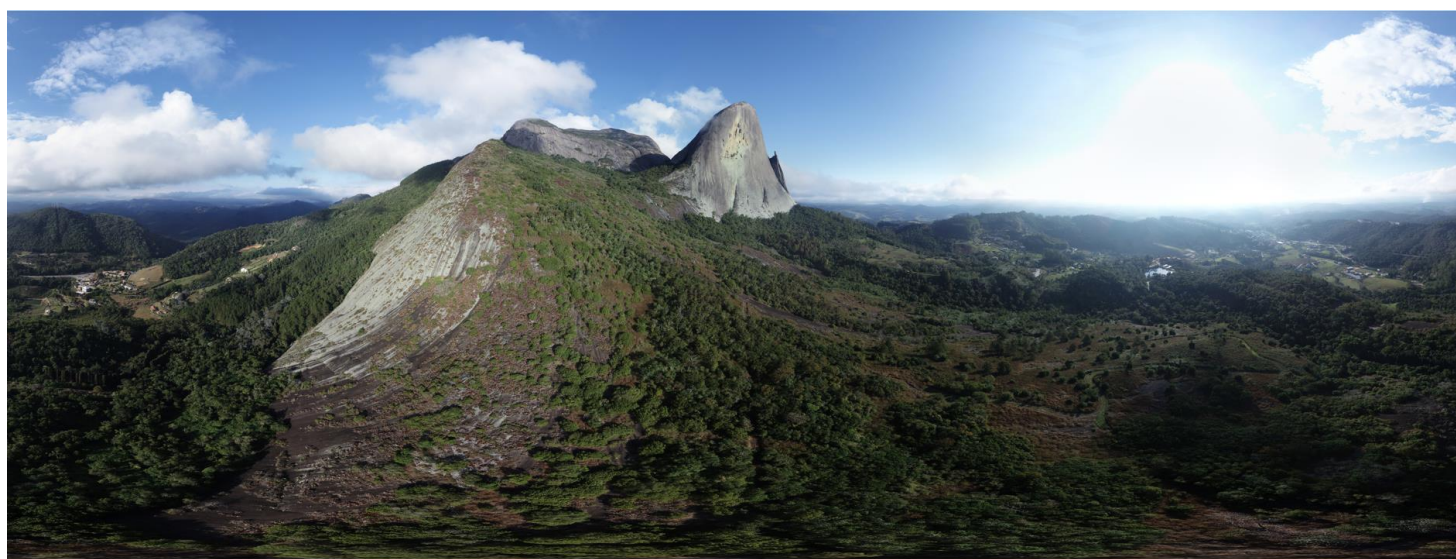


Fig.8: imagem panorâmica 360 ao longo dos limites do PEPAZ em projeção equiretangular.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA

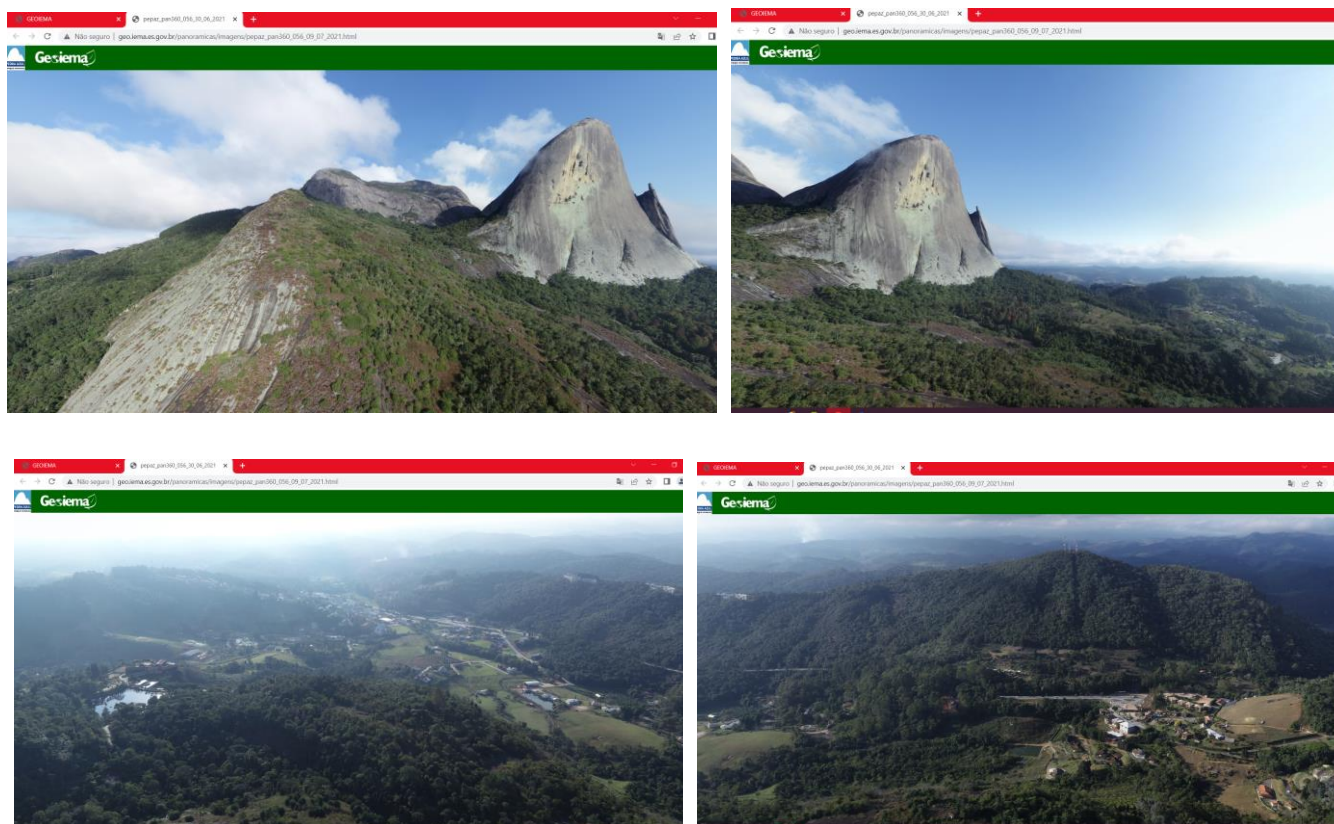


Fig.9: capturas de tela na página web de detalhes de imagem panorâmica 360 ao longo dos limites do PEPAZ.

Cariacica – ES, 13 de abril de 2023.

equipe – CGEO/GRN/IEMA