



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS E
GEODINÂMICA**

JOÃO PAULO LOPES DA CUNHA

**MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS COM
USO DE DADOS REMOTAMENTE ADQUIRIDOS – UM EXEMPLO DO
MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO
BISNAU**

BRASÍLIA – DF

2018

JOÃO PAULO LOPES DA CUNHA

**MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS COM
USO DE DADOS REMOTAMENTE ADQUIRIDOS – UM EXEMPLO DO
MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO
BISNAU**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geociências Aplicadas e Geodinâmica, cuja área de concentração é Geoprocessamento e Análise Ambiental.

Orientador Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

Brasília – DF

2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente utilizando o Sistema de Geração Automática de Fichas Catalográficas da Biblioteca Central (BCE) da Universidade de Brasília (UnB).

LC972m

Cunha, João Paulo Lopes da

MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS COM USO DE DADOS REMOTAMENTE ADQUIRIDOS – UM EXEMPLO DO MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO BISNAU / João Paulo Lopes da Cunha; orientador Edilson de Souza Bias. -- Brasília, 2018.

169 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Geociências Aplicadas) -- Universidade de Brasília, 2018.

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Mapeamento remoto. | 3. Cartografia primitiva. |
| 2. Drones. | 4. Aquisição remota. |

I. Bias, Edilson de Souza, orient. II. Título.

JOÃO PAULO LOPES DA CUNHA

**MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS COM
USO DE DADOS REMOTAMENTE ADQUIRIDOS – UM EXEMPLO DO
MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO
BISNAU**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geociências Aplicadas, cuja área de concentração é Geoprocessamento e Análise Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edilson de Souza Bias
Presidente

Prof. Dr. Giuliano Sant'Anna Marotta
Membro Interno

Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao criador do universo por proporcionar sabedoria no desenvolvimento dos trabalhos.

Os agradecimentos nominais são extensos, mas não poderia deixar de citar membros do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, Professor Doutor Edilson Bias, por confiar em meu tema dissertativo, incentivando a pesquisa e o desenvolvimento científico e o Professor Doutor Ricardo Brites pelo incentivo e empréstimo de materiais técnicos para realização dos experimentos.

Agradeço aos meus pais João e Cecília, professores, pelo incentivo ao estudo e pela educação exemplar que recebi. Extendo meus agradecimentos a Raquel Schincaglia, namorada, apoiadora, essencial nas orientações de formatação e correção textual.

Agradeço a Professora Doutora Dilamar Candida Martins, Diretora do Museu Antropológico da UFG, por autorizar a consulta ao acervo do projeto Bacia do Paraná.

Agradeço a hospitalidade da Empresa Suiça Pix4D, por intermédio do Diretor Executivo Grabele Ruggiero, no fornecimento da licença educacional do Software Pix4D Mapper.

Agradeço a Empresa DronEng, por intermédio do Engenheiro Lucas Barreto, pela autorização de uso de E-books disponibilizados no site da empresa.

Agradeço o Departamento de Antropologia (DAN-UnB), em especial aos professores Alcida Ramos e José Pimenta, pelas disciplinas ministradas e orientações valorosas.

Agradeço o Sr Jaime Thomé (proprietário da fazenda de acesso ao Bisnau) e Jaime Sautchuk (valeroso escritor), pelas orientações e indicações bibliográficas.

Agradeço aos companheiros de trabalho do 2º Centro de Geoinformação, Dr Marcio Azeredo, Me Antônio G. Guimarães Filho, Eng Rafael Da Hora e Técnico Darlo Sobrinho, por indicação de uso do Software Pix4D e orientações técnicas. Agradeço também ao Sr Raymundo, topografo combatente do Serviço Geográfico e aos mais proximos Douglas Pimentel, Robson Lima, Amaral Junior e demais que contribuíram nas correções e orientações.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos pesquisadores que colaboram com a preservação do patrimônio arqueológico, homens e mulheres que não medem esforços para fundamentar teorias que ilucidam a vida e o cotidiano do homem milenar, do povo de luzia e de outros que a milhares de anos viveram na terra onde vivemos atualmente.

“ eu quero trabalhar (...) eu quero preservar (...) são vestígios com mais de 30mil anos (...) não destruir para não voltar 30mil anos e ter que reconstruir novamente” Niede Guidon, 2014, programa Roda Viva TV Cultura, 29 set.

“a América foi ocupada por duas populações morfologicamente distintas” Bernardo e Neves, 2009, p.104.

“os geoglifos possivelmente teriam, também, alguma conotação astronômica (...) a maioria deles se encontra em lugar elevado (...) tem forma circular ou retangular e são orientados para os pontos cardeais” Schaan¹ et al., 2012, p. 132.

“questões irrespondíveis nesta quadra da história, mas que algum dia serão pelo menos adequadamente respondidas” Paulo Bertran², 2011, p.53.

Homenagens ...

¹ Denise Pahl Schaan, jovem arqueóloga brasileira, incansável, disciplinada e não parou de pesquisar, mesmo com sua saúde precária. *In memoriam* 17 de abril de 1962 - 3 de março de 2018.

² Paulo Bertran Wirth Chaibub, amante das terras do Cerrado, alçou o termo *Homo Cerratensis*, para quem vive neste rico bioma. Introduziu o conceito de Eco-História, contribuindo ativamente com a historiografia goiana e do planalto central. *In memoriam* 21 de outubro de 1948 - 2 de outubro de 2005.

“homens seriam como formigas sobre um tapete (...) conhecendo seu espaço visível, mas desconhecendo as dimensões e proporções além do visível (...) construindo mapas como importante ferramenta para navegação e documentação do espaço além do visível”. Preston James³, 1938, p. 201-581.

RESUMO

O processamento digital de imagens oriundas de aerolevanteamento, em específico por utilização de *drones* portando câmeras digitais convencionais, apresenta-se como potencial ferramenta no mapeamento arqueológico de superfícies que contenham inscrições, tais quais os petróglifos. Essa técnica apresenta benefícios como a ausência de contato direto com a superfície arqueológica, reduzindo possíveis impactos negativos. Sendo assim, o presente estudo testou a viabilidade técnica do uso de produtos de resolução espacial subcentimétrica, gerados a partir de *drones*, para mapear e analisar cartograficamente petróglifos expostos na superfície de rochas e verificar se esses dados permitiriam a comparação com dados astronômicos e cartográficos. Em Goiás, próximo ao povoado JK, município de Formosa, está localizado o Sítio Arqueológico do Bisnau, popularmente conhecido como Pedra do Bisnau, caracterizado, geologicamente, por afloramento de rocha arenítica com petróglifos. Foi realizado imageamento utilizando-se drone portando câmera convencional, onde os dados foram processados por meio de *software* de processamento de imagem e modelagem digital, posteriormente o ortomosaico foi segmentado e preparado para interpretação das geometrias. Os resultados demonstraram a viabilidade de gerar satisfatoriamente modelos georreferenciados, observando a posição, forma e distribuição espacial dos petróglifos. Além disso, foram feitas comparações entre os significados geométricos publicados em periódicos científicos, evidenciando-se o conhecimento da astronomia e de cartográficos por povos pré-históricos. Sendo assim, conclui-se que a técnica é viável e possui grande potencial para aprimorar metodologias utilizadas no mapeamento arqueológico e no estudo antropológico que envolve o posicionamento geográfico de vestígios.

Palavras-chave: Cartografia. Arte rupestre. Aerolevanteamento. Arqueologia. ARP.

ABSTRACT

The digital processing of aerial surveying images, specifically using drones with conventional digital cameras, presents as a potential tool in the archaeological mapping of surfaces that contain inscriptions, such as petroglyphs. This technique presents benefits such as the absence of direct contact with the archaeological surface, reducing possible negative impacts. Thus, the present study tested the technical feasibility of using subcentimetric spatial resolution products, generated from drones, to map and analyze cartographically exposed glyphs on the surface of rocks and to verify if these data would allow comparison with astronomical data and cartographic. In Goiás, near the village JK, municipality of Formosa, is located the Bisnau Archaeological Site, popularly known as Pedra do Bisnau, characterized, geologically, by outcropping of sandstone with petroglyphs. Imaging was performed using a conventional camera, and data were processed using image processing software and digital models. Subsequently, the orthomosaic was segmented and prepared for geometry interpretation. The results demonstrated the feasibility of generating satisfactorily georeferenced models, observing the position, shape and spatial distribution of the petroglyphs. In addition, comparisons were made between the geometric meanings published in scientific journals, evidencing the knowledge of astronomy and cartographic by prehistoric peoples. Thus, it is concluded that the technique is feasible and has great potential to improve methodologies used in archaeological mapping and anthropological study that involves the geographical positions of traces.

Key words: Cartography. Cave Painting. Aerial surveying. Archeology. RPA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reconstituição artística de Luzia.....	23
Figura 2 - Petróglifos do Sítio Arqueológico do Bisnau	24
Figura 3 - Painel de petróglifos de Qobustan	25
Figura 4 - Painel de petróglifos de Qobustan	26
Figura 5 - Painel do Sítio Huasi.....	27
Figura 6 – Croqui ilustrando petróglifos no Córrego Doce, Cavalcanti/GO	28
Figura 7 - Principais sítios com petróglifos cadastrados na região amazônica.	29
Figura 8 – Capa da revista FUMDHAMENTOS XIII.....	30
Figura 9 - Croqui de petróglifos no Sítio Arqueológico GO-JU-28, Jussara/GO.....	31
Figura 10 - Croqui intitulado “ <i>Mapa de localização dos Sítios Arqueológicos – Projeto Bacia do Paranã</i> ”	33
Figura 11 - Recorte da Revista Manchete	34
Figura 12 - Recorte de publicação no Jornal O popular	35
Figura 13 - Painel de petróglifos com figuras geometrizadas.....	37
Figura 14 - Localização das principais cavernas na região de Formosa/GO	38
Figura 15 - Recorte da carta topográfica matricial Santa Rosa.....	53
Figura 16 – Amplitude de inclinação do eixo terrestre.....	54
Figura 17 - Obliquidade do eixo terrestre	55
Figura 18 - Fluxograma dos materiais e métodos	59
Figura 19 - Planta de situação do Sítio Arqueológico do Bisnau.....	60
Figura 20 - <i>Drone</i> MAVIC no ponto de decolagem.....	65
Figura 21 - Antena do rastreador geodésico sobre o alvo (Ponto CP).....	66
Figura 22 - Planta baixa do Sítio Arqueológico do Bisnau	73
Figura 23 - Plano de voo	77
Figura 24 - Prévia da trajetória de voo e pontos de captura de fotos.....	78
Figura 25 - Alvo 1003 fixado na superfície da rocha com adesivo de baixa aderência.	79
Figura 26 - Visualização da prévia do voo	79
Figura 27 - Gráfico de correlação polinomial.....	83
Figura 28 - Prévia dos resultados dos modelos digitais	85
Figura 29 - Histogramas <i>raster</i> MDT – sem e com pontos GCP	86
Figura 30 – Captura de tela do modelo tridimensional – Pix4DMapper	88

Figura 31 - Prévia do ortomosaico com GCP.....	89
Figura 32 - Resultado da segmentação - <i>Mean-Shift</i>	97
Figura 33 – Vetores suavizados – <i>v.generalize.smooth</i>	98
Figura 34 - Anaglifo gerado pelo Software Anamaker – Painel A.....	100
Figura 35 - Variações azimutais nos sulcos.....	105
Figura 36 - Carta solar do Bisnau.....	109
Figura 37 - Carta solar dos alinhamentos do Bisnau.....	110
Figura 38 - Comparativo entre carta solar e petróglifos.....	111
Figura 39 - Carta topográfica sobreposta a petróglifos.....	112
Figura 40 - Alinhamento aparente da Constelação Anta do Norte.....	113
Figura 41 - Amplitude das possíveis referências de alinhamento.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características técnicas dos rastreadores geodésicos	61
Tabela 2 - Características técnicas da estação total	62
Tabela 3 – Softwares e complementos utilizados	62
Tabela 4 - Restrições de Voo	63
Tabela 5 - Características técnicas do Mavic PRO	64
Tabela 6 - Detalhes do rastreo geodésico	66
Tabela 7 - Parâmetros definidos para o segmentador <i>Mean-Shift</i>	69
Tabela 8 - Ferramentas utilizadas para vetorização	70
Tabela 9 - Parâmetros definidos para o v.generalize.smooth (GRASS GIS 7)	71
Tabela 10 - Anaglífos	72
Tabela 11 - Detalhes do ponto Base	74
Tabela 12 - Dados gerados pelo complemento <i>Azimuth and Distance</i>	75
Tabela 13 – Coordenadas dos pontos rastreados.....	75
Tabela 14 – Transformação da altitude elipsoidal para ortométrica.....	76
Tabela 15 - Prévia das definições do plano de voo – Pix4D®Capture	77
Tabela 16 - Resultado da prévia da geração do modelo digital de superfície.	80
Tabela 17 - Comparativo de resultados da posição absoluta da câmera, sem e com GCP	81
Tabela 18 – Resposta do cálculo polinomial sem pontos GCP	82
Tabela 19 – Resposta do cálculo polinomial com pontos GCP	82
Tabela 20 - Resultados para ajuste de blocos 2D e 3D	83
Tabela 21 - Reporte do tempo para geração de etapas finalísticas	84
Tabela 22 - Resultados de geolocalização sem GCP	90
Tabela 23 - Resultados de geolocalização com GCP	90
Tabela 24 - Trajetória da geolocalização	91
Tabela 25 - Precisão de localização por GCP utilizado	91
Tabela 26 - Precisão de localização por CP utilizado.....	92
Tabela 27 - Resultados de orientação para geolocalização (processamento bruto e com GCP).....	92
Tabela 28 - Resultados para análise de ortomosaico	93
Tabela 29 - Resultados GeoPEC – Análise planimétrica	94
Tabela 30 - Resultados GeoPEC – Análise altimétrica	94

Tabela 31 - Discrepâncias nos pontos CPs	95
Tabela 32 - Resultados replicados pelo software GeoPEC 3.4 para padrões nas classes PEC-PCD A, B, C e D	96
Tabela 33 - Amostra geométrica com indicação do azimute verdadeiro	101
Tabela 34 - Amostras de alinhamentos do Bisnau	102
Tabela 35 - Distâncias central entre as amostras A, B e C	103
Tabela 36 - Declinação magnética entre 1980 e 2017	103
Tabela 37 - Tendência média dos vetores – Região de Jussara/GO	104
Tabela 38 - Indicadores geométricos semelhantes entre Bisnau e Região Alto do Rio Negro/AM	106
Tabela 39 - Resultados de obliquidade nos anos de 2000 e 2017	107
Tabela 40 - Reprojeção azimutal utilizando a declinação anual	108
Tabela 41 - Geometria comparativa entre petróglifos e constelação do Homem Velho	114
Tabela 42 - Informações da estrela dupla Vespeiro (Eixu)	115
Tabela 43 - Geometria comparativa entre petróglifos e meteoritos	115

LISTA DE ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ATT	Triangulação Aérea
BBA	<i>Bundle Block Adjustment</i> ou Ajustamento de Feixes em Bloco
BC	<i>Before Christ</i> ou antes de cristo
BCE	Before the Common Era ou antes da era comum
BDGEx	Banco de Dados Geográficos do Exército
BP	Before Present ou antes do presente
CNA	Centro Nacional de Arqueologia
CNSA	Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
ET-CQDG	Especificação Técnica de Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais
FUMDHAM	Fundação do Homem Americano
GCP	<i>Ground Control Points</i> ou Pontos de Controle em Solo
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GSD	<i>Ground Sample Distance</i> ou Resolução Espacial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	<i>International GNSS Service</i> ou Serviço Internacional GNSS
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i> ou Unidade de Medição Inercial
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
KML	<i>Keyhole Markup Language</i> ou linguagem marcação geográfica.

MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital do Terreno
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Normas Brasileiras
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfico
PEC-PCD	Padrão de Exatidão Cartográfico dos Produtos Cartográficos Digitais
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RTK	<i>Real Time Kinematic</i> ou Tempo Real Cinemático
SARP	Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados
SARPAS	Sistema de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIEG	Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicles</i> ou Veículo Aéreo não Tripulado
UFG	Universidade Federal de Goiás
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados
VARP	Veículos Aéreos Remotamente Pilotados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3 MAPEAMENTO ARQUEOLÓGICO	22
3.1 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E ARQUEOLÓGICA	22
3.2 ARTE RUPESTRE E SEUS AUTORES.....	23
3.3 PETRÓGLIFOS EM AMBIENTE ARQUEOLÓGICO.....	24
3.3.1 Idade dos vestígios arqueológicos	30
3.3.2 Região do Bisnau	33
3.4 CARTOGRAFIA PRIMITIVA	39
3.4.1 Histórico cartográfico	39
3.4.2 Mapeamento de superfícies arqueológicas	40
3.4.3 Georreferenciamento e sistema de referência	41
3.4.4 Aerofotogrametria por drones na arqueologia	42
3.4.5 Geotecnologias no mapeamento	46
3.4.6 Confiabilidade do mosaico fotogramétrico	48
3.5 EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA SUPERFÍCIE DO BISNAU	49
3.5.1 Processamento digital e modelagem 3D	49
3.5.2 Segmentação e vetorização	51
3.5.3 Espacialização e orientação arqueológica	52
<u>3.5.3.1 Referência cartográfica</u>	<u>52</u>
<u>3.5.3.2 Declinações magnética e celeste</u>	<u>53</u>
3.5.4 Levantamento cadastral de feições arqueológicas	56
4 MATERIAL E MÉTODOS	59
4.1 ÁREA DE ESTUDO	59
4.1.1 Autorizações de acesso	61
4.1.2 Equipamentos geodésicos e softwares	61
4.2 PLANO DE VOO	63
4.3 PROCESSAMENTO DIGITAL	67
4.4 EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES.....	69
4.5 APRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	72

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5.1 LEVANTAMENTO GEODÉSICO	73
5.2 PLANO DE VOO	76
5.3 PROCESSAMENTO FOTOGRAFÉTICO	78
5.4 CALIBRAÇÕES.....	81
5.5 MODELOS DIGITAIS	84
5.6 ORTOMOSAICO.....	89
5.7 SEGMENTAÇÃO	96
5.8 ANÁLISE DE ALINHAMENTOS.....	100
5.9 PRECESSÃO.....	107
5.10 MOVIMENTO SOLAR.....	108
5.11 CARTOGRAFIA LOCAL	111
5.12 CARTAS ASTRONÔMICAS.....	113
5.13 REPRESENTAÇÃO TÉCNICA	117
6 CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIAS	120
APÊNDICE A –RELATÓRIO DE TRANSPORTE DE COORDENADAS	130
APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO E AJUSTE RTK	132
APÊNDICE C – RELATÓRIO COMPLETO DO PIX4D	135
APÊNDICE D – RELATÓRIO GEOPEC	148
APÊNDICE E – ORTOMOSAICO	151
APÊNDICE F – RESULTADO DA SEGMENTAÇÃO	152
APÊNDICE G – MAPA DE VETORES CARTOGRÁFICOS E PETRÓGLIFOS	153
APÊNDICE H – ALINHAMENTO DE VETORES	154
APÊNDICE I – ANAGLIFO	155
APÊNDICE J – CARTA TOPOGRÁFICA ESPECIAL	156
ANEXO A – MAPA KOCK GRÜMBER	157
ANEXO B – CADASTRO IPHAN	158
ANEXO C – AUTORIZAÇÕES	162

1 INTRODUÇÃO

O ser humano não chegou no Brasil em meados de 1500. Antes do descobrimento, diversos povos indígenas já habitavam o território brasileiro, deixando marcas no meio ambiente que necessitam ser conservadas. Para tanto, os métodos para documentação de vestígios de povos da pré-história, anteriores aos indígenas, são amplamente discutidos e testados por arqueólogos, antropólogos e pesquisadores afins, buscando-se identificar e mapear os vestígios, mantendo sua conservação.

A região central do Brasil possui paisagens diversificadas, que intercala chapadas e planícies cercadas por cerrado e campos rupestres, locais densamente habitados na pré-história e que abrigam vestígios da ocupação humana há milhares de anos. Uma dessas regiões localiza-se o Sítio Arqueológico do Bisnau, popularmente conhecido como Pedra do Bisnau, Município de Formosa, Estado de Goiás. A paisagem do local chama a atenção por abrigar diversas inscrições rupestres denominadas petróglifos, que foram esculpidas em rocha sedimentar em um afloramento arenítico. Os petróglifos possuem grande complexidade de significados e formas geométricas distintas, onde é possível identificar semelhanças geométricas com outros petróglifos da região.

Tais geometrias inscritas em rocha, denominadas também como arte rupestre, podem representar possíveis mapas e observações celestes, porém, estudos relacionados possuem limitações devido à falta de integração entre antropologia e geociências. Nas últimas décadas, diversas publicações citam que o paleoíndio pode ter chegado na região do Bisnau já detendo o conhecimento da arte rupestre, que foi utilizada para expressar suas diferentes visões do mundo.

Os petróglifos, inscrições esculpidas em rocha, podem representar diversos significados, onde o intemperismo e a degradação criminosa suavizam a superfície, impedindo a identificação qualitativa dos sulcos. Uma necessidade científica na arqueologia é desenvolver métodos de mapeamento que possam garantir a integridade dos sítios arqueológicos, avaliando suas condições físicas e gerenciando técnicas que possam auxiliar no processo mais adequado de exploração.

Baseado nos princípios descritos, os quais permearão a presente pesquisa e constituem o cerne do problema, são definidas as seguintes hipóteses:

1. O uso de novas tecnologias de mapeamento aéreo poderá representar importante componente para o mapeamento e estudo de arte rupestre em ambiente arqueológico;
2. O desenvolvimento de mapeamento cadastral de petróglifos permitirá analisar e correlacionar os conhecimentos cartográficos e ambientais dos antepassados; e
3. A análise do mapeamento cadastral dos petróglifos informará sobre o conhecimento e uso de processos astronômicos.

A possibilidade de se utilizar técnicas de mapeamento para superfícies arqueológicas que possam ser replicadas em outros ambientes desperta grande interesse por parte de pesquisadores. Além disso, com o georreferenciamento provindo do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), as informações extraídas de superfícies arqueológicas poderão ser reprojatadas para outras épocas, possibilitando comparar as inscrições rupestres com ocorrências naturais, como movimento solar, posicionamento celeste, estações climáticas e, até mesmo, a cartografia regional.

Um grande avanço no mapeamento de áreas sensíveis, como as arqueológicas, é a aplicação de aerolevanteamento por Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP), nomeados também por outras siglas⁴ e mundialmente conhecidos como *drones* (tradução do inglês: zangão, em razão do som gerado no momento do voo). Desse modo, os pesquisadores têm a possibilidade de adquirir produtos que atendam às grandes escalas cartográficas e topográficas sem contato direto com a superfície mapeada, permitindo a geração de informações georreferenciadas em ambiente digital.

Mapeamento por SARP/*drones* em curta distância, portando câmera convencional digital de baixo custo, possuem capacidade de alcançar resultados satisfatórios no mapeamento de superfícies arqueológicas. Com o uso da aerofotogrametria de curta distância, modelos tridimensionais contendo a representação detalhada da superfície poderão ser interpretados com maior precisão e confiabilidade, utilizando-os na interpretação arqueológica e antropológica dos motivos pelo qual inscrições rupestres foram criadas.

Os resultados alcançados pelos experimentos citados demonstram capacidade de gerar insumos precisos com exatidão adequada para o posicionamento georreferenciado, suficiente para geolocalização e análise espacial das geometrias encontradas nos petróglifos bem como compara-las com possíveis representações cartográficas, astronômicas e de motivos étnicos.

⁴ Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) e Veículos Aéreos Remotamente Pilotados (VARP).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Testar a viabilidade técnica do uso de produtos de resolução espacial subcentimétrica, gerados a partir de *drones* portando câmeras digitais convencionais, para mapear e analisar cartograficamente petróglifos expostos na superfície de rochas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se ainda:

- a) identificar, analisar, definir e implantar pontos de controle na área de interesse para fotoidentificar alvos para controle ortométrico e análise geoestatística;
- b) identificar e analisar métodos de processamento de dados com ou sem utilização de pontos de apoio;
- c) propor modelos com o objetivo de adequar os parâmetros para segmentar as feições e vetorizar os petróglifos;
- d) propor e analisar a orientação de tendências no alinhamento dos petróglifos em relação à possível alteração da precessão terrestre, visando provável datação dos petróglifos;
- e) analisar a possibilidade do uso da geodésia e da cartografia primitiva pelos criadores dos petróglifos;
- f) analisar o alinhamento dos petróglifos do Bisnau com outros que foram levantados na região; e
- g) apresentar mapa cadastral dos petróglifos do Bisnau em grande escala.

3 MAPEAMENTO ARQUEOLÓGICO

A possibilidade de reconstruir ambientes e espaços ocupados por antepassados depende diretamente do levantamento científico das diversas feições físicas do ambiente arqueológico. Mapeamentos arqueológicos devem respeitar as técnicas estabelecidas na legislação, prevendo possíveis impactos durante a exploração que deverão ser acompanhados por órgão responsável e profissionais qualificados. O presente capítulo ilustra o estado da arte da legislação brasileira bem como os métodos utilizados na exploração do ambiente arqueológico.

3.1 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E ARQUEOLÓGICA

De acordo com os artigos 20, 23 e 216 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), os sítios arqueológicos e pré-históricos são bens da União, de modo que é competência comum desta, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios protegerem suas paisagens naturais notáveis que tenham ambientes históricos e de importância arqueológica. A Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961, relata que os monumentos arqueológicos ou pré-históricos de qualquer natureza são públicos e ficam sob a guarda e proteção do Poder Público. Nesta lei, as inscrições rupestres ou locais como sulcos de polimentos de utensílios e outros vestígios de atividade de paleoameríndios são considerados também como monumentos históricos.

Diversos sítios arqueológicos espalhados pelo mundo dependem diretamente das leis do Estado para garantir sua preservação. É notória a necessidade de elaboração de programa de gestão do patrimônio natural que vise proteção de sítios expostos à degradação (SILVA; ROESER, 2003). Os monumentos históricos e os vestígios arqueológicos são importantes portadores de informações e, por sua própria natureza como cultura material, são usados pelos atores sociais para produzir significado, em especial ao materializar conceitos como identidade nacional e diferença étnica (FUNARI; PEREGRINI, 2006).

Com os instrumentos legais de proteção e portarias⁵ do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), os ambientes arqueológicos localizados em áreas de mineração, construções, explorações ambientais e/ou envolvidos com pesquisas científicas deverão ser catalogados e licenciados antes do início das intervenções e mapeamentos físicos. A consciência progressiva das administrações públicas e da sociedade em relação à necessidade de se preservar o patrimônio cultural, em particular a arte rupestre, tornou-se cada vez mais importante nos países desenvolvidos (RIVEIRO et al., 2012). A preservação da arte rupestre e fiscalização para uso de áreas arqueológicas já é realidade em países desenvolvidos, evidenciando a importância de vestígios pré-históricos em decifrar os detalhes da vida e do cotidiano dos antepassados.

⁵ Conforme Instrução Normativa IPHAN nº 001, de 25 de março de 2015, art. 19, §4º "No caso de aprovação do projeto, o IPHAN publicará Portaria no Diário Oficial da União autorizando o Projeto de Avaliação de Impacto ao Patrimônio Arqueológico.

3.2 ARTE RUPESTRE E SEUS AUTORES

As descobertas arqueológicas no Brasil demonstram expressiva diversidade cultural dos povos pré-coloniais. Schaan (2014) relata que os povos da Amazônia possuíam grande diversidade cultural e etnológica ao analisar evidências encontradas em inscrições rupestres. No Brasil, a arte rupestre foi identificada em diferentes biomas. Algumas áreas, tais como, a Serra da Capivara (Caatinga), no estado do Piauí, o Planalto Central (Cerrado) e o interior do estado de Minas Gerais (Mata Atlântica) registram maior concentração de abrigos com pinturas rupestres (MELO VAZ, 2005), contudo, a região amazônica ainda guarda vestígios não descobertos (SCHAAN, 2014).

Em um desses abrigos, o Prof. Dr. Walter Alves Neves localizou restos mortais de paleoíndio do sexo feminino, com traços negroides, mais conhecida como Luzia. Luzia é tida como um dos mais antigos remanescentes ósseos humanos das Américas, com aproximadamente 11.500 anos (GASPAR NETO; SANTOS, 2009; NEVES; BERNARDO; OKUMURA, 2007). A descoberta do crânio de Luzia promoveu novas linhas de pesquisa e abriu horizontes sobre o estudo da ocupação do continente americano e da idade dos vestígios arqueológicos. Após a descoberta do Crânio, técnicas de fotogrametria foram utilizadas, remodelando a superfície graniana, aplicando textura e volume, semelhante a técnica utilizada na cartografia onde o modelo digital da superfície/face foi reconstruído com o modelo digital do terreno/osso do crânio. A Figura 1 apresenta a reconstituição artística⁶ de Luzia, dona do crânio mais antigo das Américas, parecia-se com os atuais africanos e aborígenes australianos (NEVES; HUBBE, 2005).

Figura 1 - Reconstituição artística de Luzia



Fonte: BBC (2009).

Segundo Ribeiro (2006), a região Centro-Oeste foi rota migratória de diversos grupos ceramistas, o que se traduz no registro arqueológico na forma de sítios multicomponenciais. Em Goiás há sítios de grandes aldeias, acampamentos, cemitérios e oficinas líticas, destacando-se, ainda, as grutas com pinturas e gravuras

⁶ Reconstrução do crânio de Luzia: técnicas de fotogrametria e modelagem 3D foram utilizadas na reconstrução do crânio pelo especialista forense Dr. Richard Neave, da Universidade inglesa de Manchester.

(IPHAN, 2014). Uma categoria de gravura rupestre que vem despertando grande curiosidade nos pesquisadores espalhados pelo mundo são os petróglifos.

A Figura 2 apresenta um dos petróglifos mais fotografados no painel do Sítio Arqueológico do Bisnau.

Figura 2 - Petróglifos do Sítio Arqueológico do Bisnau



3.3 PETRÓGLIFOS EM AMBIENTE ARQUEOLÓGICO

Os petróglifos são imagens criadas pela remoção de parte das superfícies de rocha por incisão, picagem, escultura e/ou abrasão (ALYILMAZ; ALYILMAZ; YAKAR, 2010; SCHMITZ; MOEHLECKE; BARBOSA, 1979). Serna e Lasso (2017) ratificaram a nomenclatura de petróglifo, em que seu sentido literal, possui origem grega, sendo 'petro' (pedra) e 'glifo' (grafia), isto é, imagem que foi gravada na superfície da rocha. Os povos pré-históricos encarregados dessa arte usaram ferramentas com estrutura rígida e específica para esculpir, em outras palavras, eles usavam pedras mais duras que, pelo golpe constante em outra rocha, podiam esculpi-la.

Os petróglifos são citados em diversas pesquisas arqueológicas espalhadas pelo mundo. Um dos locais que possui maior quantidade de petróglifos já catalogados, em torno 7.000, está localizado em Qobustan, República do Azerbaijão. Alyilmaz, Alyilmaz e Yakar (2010) citam que a maioria está datada dos períodos de 12.000 *Before the Common Era* (BCE) (ou antes da era comum atual). As inscrições foram feitas em rochas por diferentes métodos de escultura: riscagem, batida, desenho e

pontuação. Conforme apresentado na Figura 3, os petróglifos de Qobustan apresentam geometrias circulares e retilíneas.

Figura 3 - Painel de petróglifos de Qobustan



Fonte: Depositphotos (2009).

O referido complexo de petróglifos de Qobustan exibe diversidade em termos de desenhos que expressam pensamentos e emoções, vidas, comportamentos, preocupações de vida, medos, desejos e relações mútuas de seres humanos. O motivo para criação dos petróglifos do Qobustan baseia-se em provocações místicas, retratando a mendicância dos seres humanos à Divindades, onde os povos acreditavam em possuir poderes superiores (ALYILMAZ; ALYILMAZ; YAKAR, 2010). Em Kimberley, Austrália, os aborígenes acreditavam em seres mitológicos e o culto de Wandjina representa esse passado de crenças. Os aborígenes cultuavam as pinturas rupestres acreditando serem deuses (MCNIVEN; RUSSELL, 1997).

Na península de Murujuga ou Burrup, antiga Península de Dampier, região Pilbara da Austrália Ocidental, foram encontradas antigas esculturas aborígenes em pedra, datadas de 10.000 anos. O local, conhecido também como Arquipélago de Dampier, abriga a maior e mais importante coleção de petróglifos do mundo. Aproximadamente 30% dos petróglifos de Dampier não são figurativos, possuindo formas geométricas com predominância de desenhos de círculos, arcos e ovais

(MCDONALD; VETH, 2009). Expressões semelhantes à Figura 4 (pinturas rupestres) são demonstradas na Figura 4 (petróglifos), publicada em jornal de grande circulação da Armênia, representando hominídeos e possíveis interações com o meio ambiente.

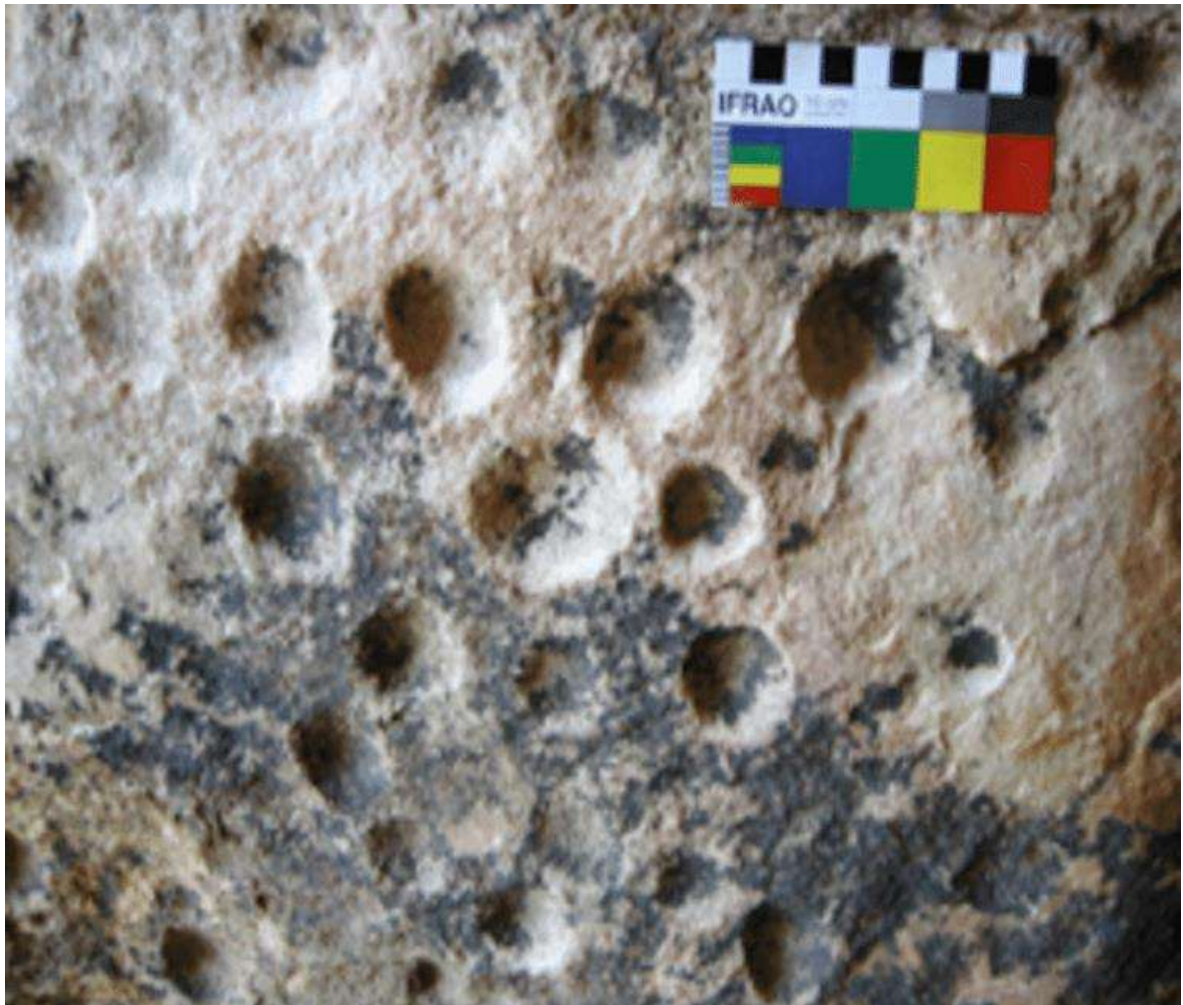
Figura 4 - Painel de petróglifos de Qobustan



Fonte: NEWS.AZ (2012).

Na América do Sul, após estudos na Província de Salta - Argentina, Leibowicz (2015) concluiu que os petróglifos podem ter semelhança com a topografia regional, constituindo representações simbólicas para delimitação espacial de poder e domínio entre os povos vizinhos. Inscricões semelhantes às de Salta também são encontradas em países vizinhos. Petróglifos ocorrem em quantidade considerável na Venezuela (SPINDEN, 1916). Em Huasi, Mizque, Bolívia, os petróglifos possuem similaridade com formas geometrizadas. Bednarik (2002), após estudos no Sítio de Huasi, Bolívia, contextualizou que esses petróglifos são restritos a uma área de 20 x 8 m, na inclinação de uma rocha arenítica, representando, na maioria das vezes, figuras geométricas circulares, conforme Figura 5.

Figura 5 - Painel do Sítio Huasi



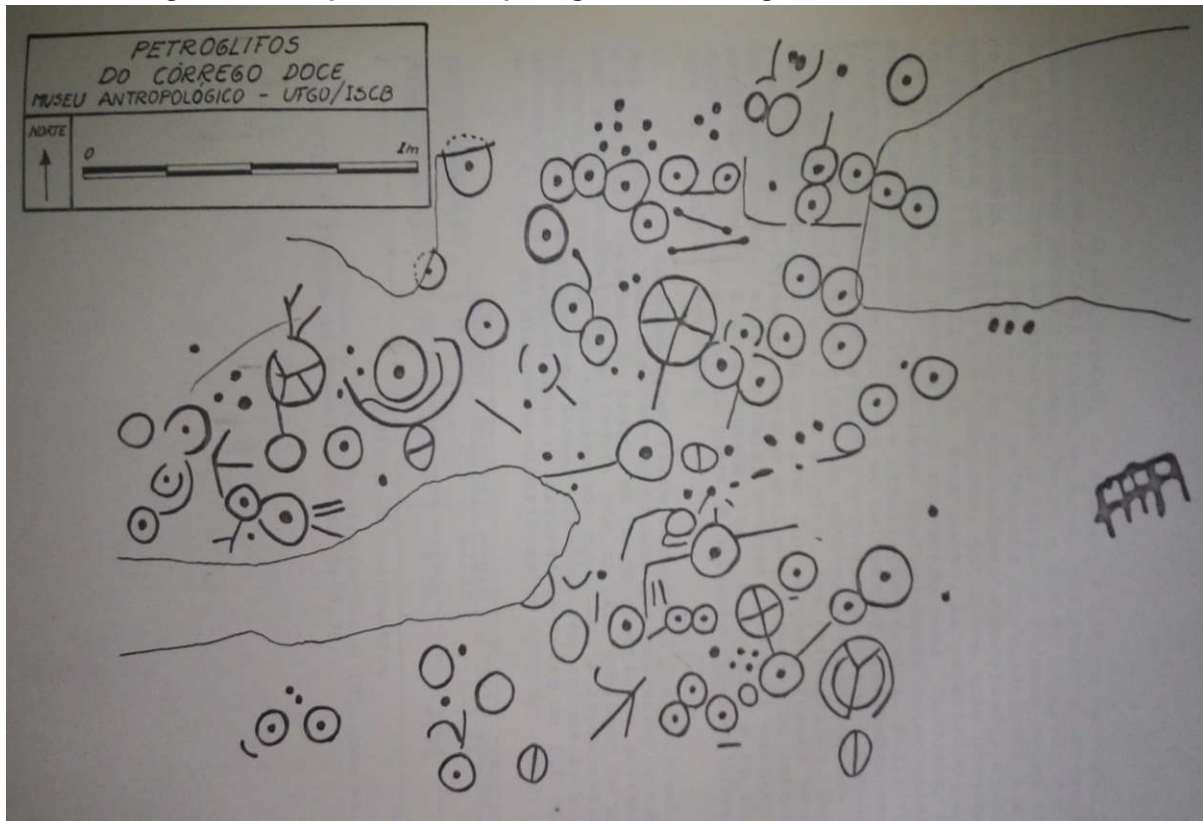
Fonte: Bednarik (2002).

A existência de petróglifos geométricos é expandida por toda a América do Sul, inclusive no Brasil. Mendonça de Souza et al. (1979) e Schmitz, Moehlecke e Barbosa (1979) catalogaram diversos petróglifos encontrados no Planalto Central brasileiro. Após descobertas e análises definiram que os petróglifos brasileiros compõem um complexo estilístico, simbolista e geométrico.

Após consulta de pesquisas realizadas no Planalto Central brasileiro (SCHMITZ; MOEHLECKE; BARBOSA, 1979; MENDONÇA DE SOUZA et al., 1982), foi constatado que mapeamentos realizados em sítios arqueológicos que possuem inscrições de petróglifos também foram mapeados com técnicas rústicas contendo poucas referências de orientação, impossibilitando análises espaciais mais complexas.

A Figura 6 foi retirada do manuscrito do Projeto bacia do Paranã, elaborado por Mendonça de Souza et al. (1979).

Figura 6 – Croqui ilustrando petróglifos no Córrego Doce, Cavalcanti/GO

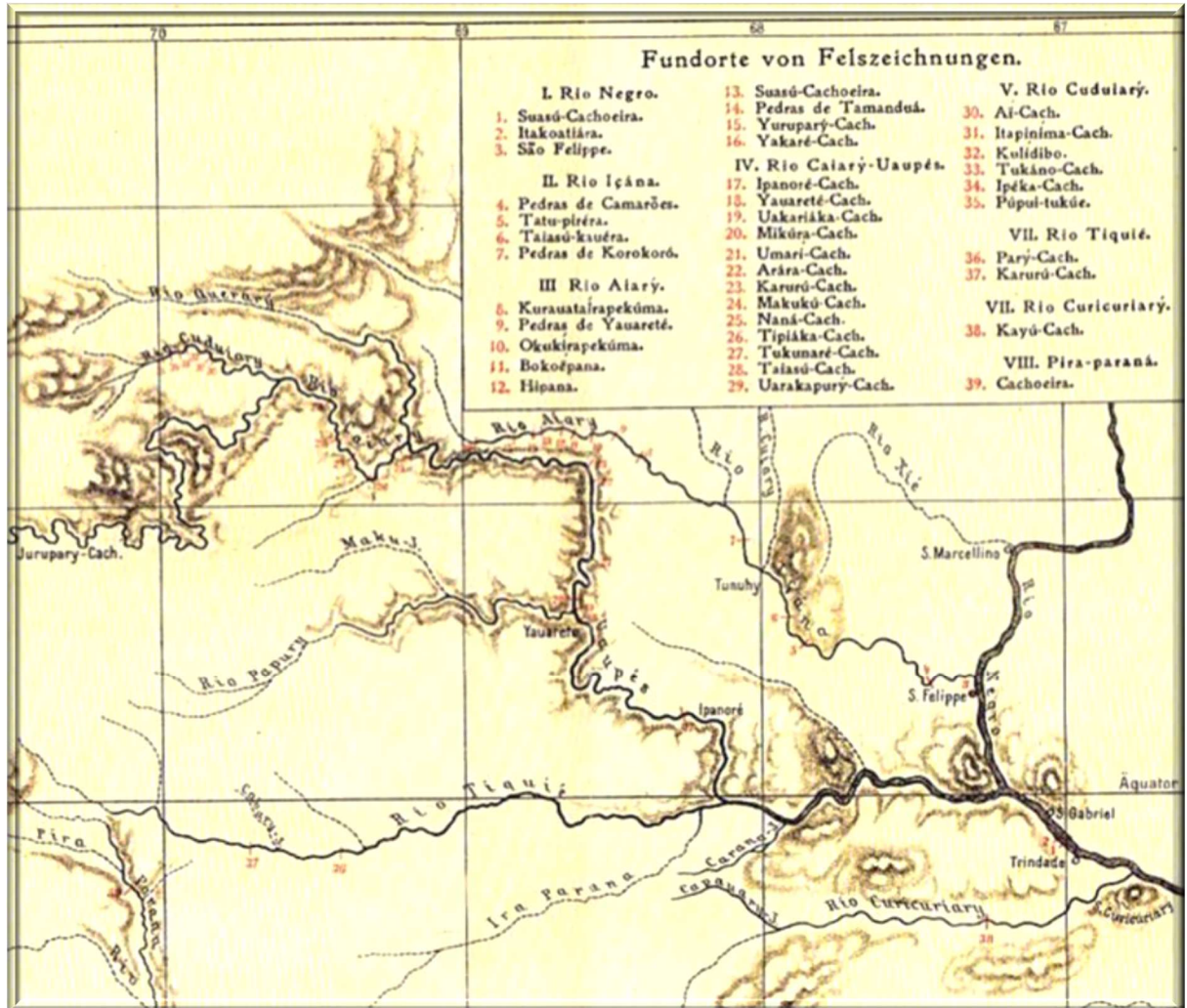


Fonte: Manuscrito II do projeto Bacia do Paranã.

De acordo com Koch-Grumber (1907) e com o Instituto Socioambiental (2010), há diversidade de petróglifos no continente sul-americano com significados amplos para cada região, possuindo conexões simbólicas de acordo com as etnias de origem. Além disso, Cabalzar (2010) comenta que petróglifos encontrados no Alto do Rio Negro, por Koch-Grumber (1907), possuem significados relacionados a acidentes geográficos visíveis no território, como cachoeiras, serras, lagos, afloramentos rochosos no leito de rios e marcas na paisagem de acontecimentos na origem do mundo.

O maior acervo de pesquisas relacionadas a petróglifos no Brasil foi publicado por Koch-Grumber (1907) e posteriormente pelo Instituto Socioambiental (2010). Os estudos citados relatam que os petróglifos possuem distribuição espacial extremamente ampla na região amazônica, mapeando-os de forma rústica e limitada. Além disso, Cabalzar (2010) comenta que os significados atribuídos às inscrições possuem complexidade distinta de cada tribo. O mapa apresentado na Figura 7 representa os principais sítios com petróglifos mapeados na região amazônica pelo pesquisador Koch-Grumber (1907).

Figura 7 - Principais sítios com petróglifos cadastrados na região amazônica.

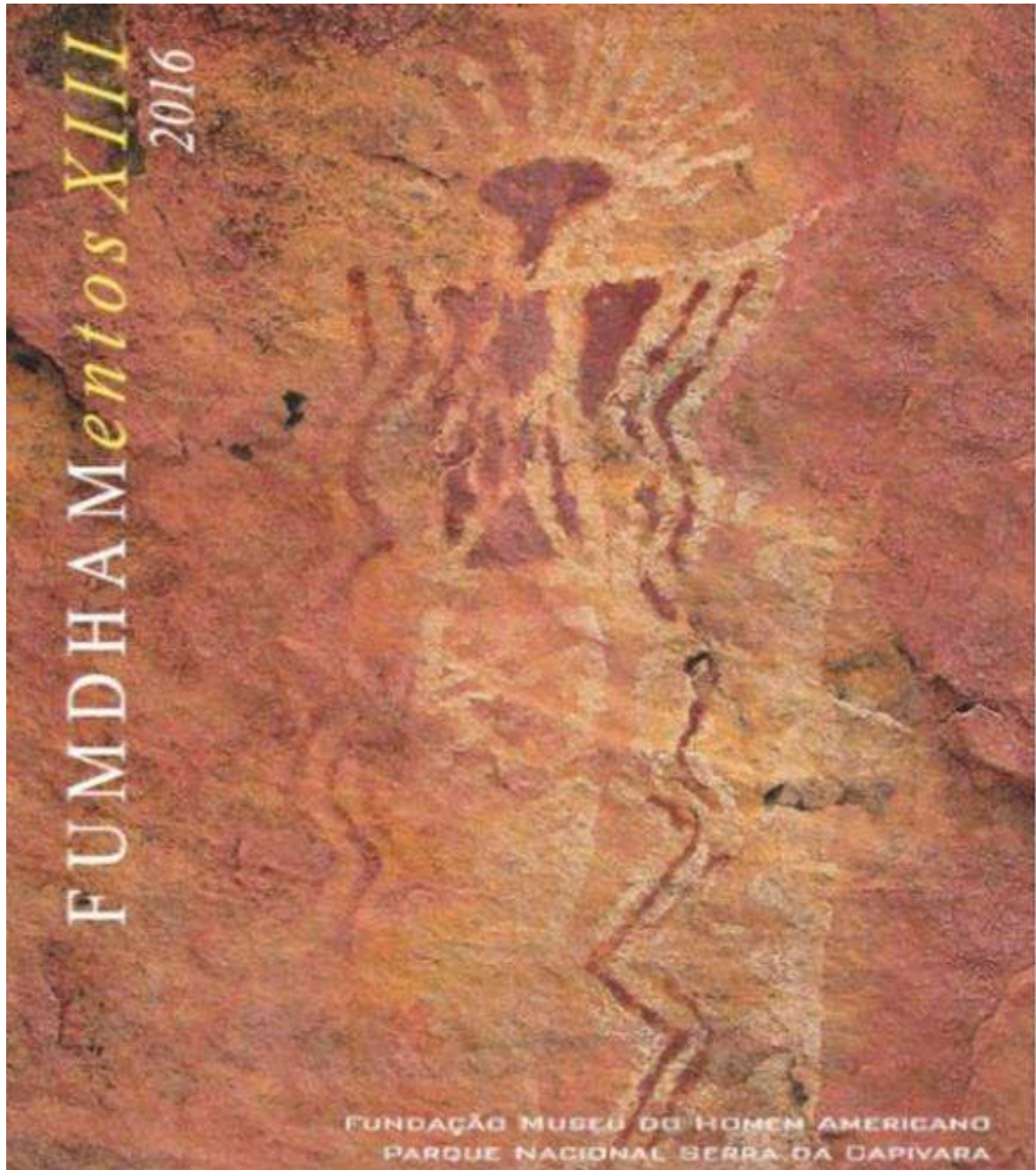


Fonte: Koch-Grumber (1907).

A Figura 7 ilustra a amplitude de petróglifos existentes na Amazônia, onde os dados levantados por Koch-Grumber (1907) demonstram grande quantidade de inscrições rupestres espalhadas por toda bacia hidrográfica do Rio Negro, conforme identificado no mapa completo (ANEXO A).

Além das características geométricas em arte rupestre, a capa da revista de artigos da Fundação do Homem Americano (FUMDHAM), de 2016, foi estampada por um desenho rupestre (gravura de homénido representando um africano de crânio alongado com traços de força e poder) do Sítio Toca da Gamela, localizado no Parque Nacional Serra da Capivara (Figura 8).

Figura 8 – Capa da revista FUMDHAMentos XIII



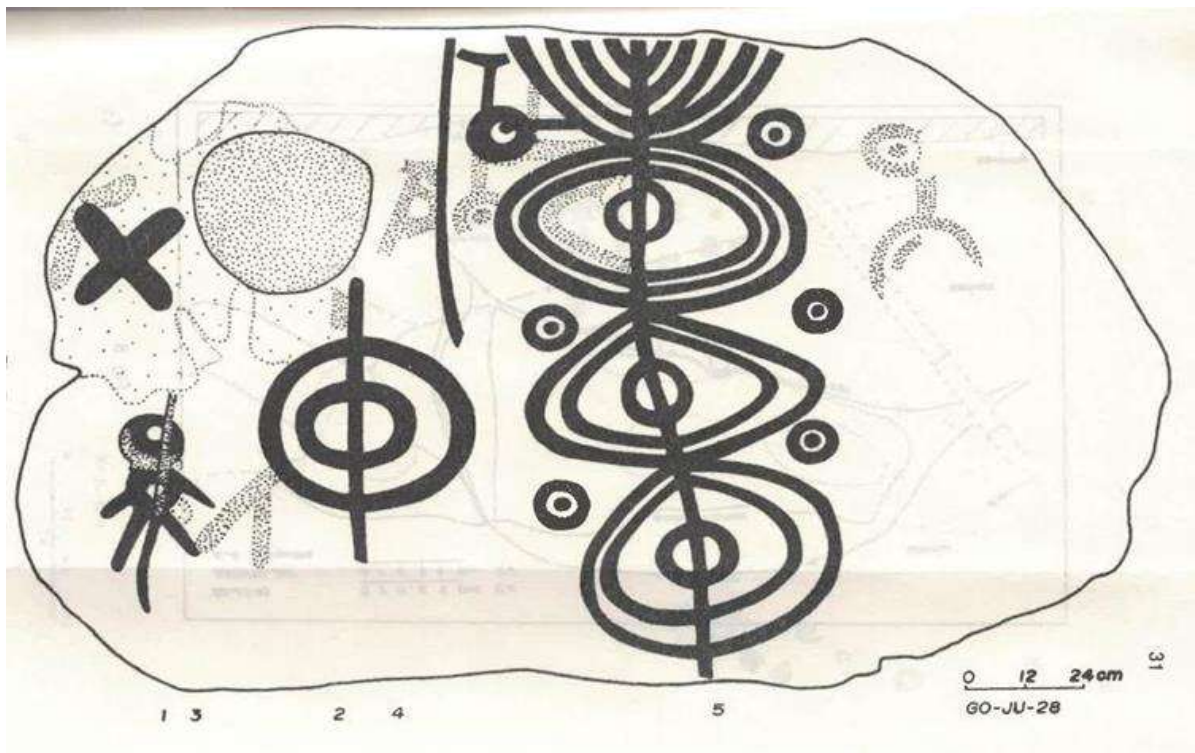
Fonte: FUMDHAM (2016).

3.3.1 Idade dos vestígios arqueológicos

A questão da idade dos povos tem sido o primeiro obstáculo dos pesquisadores desde que a arte rupestre começou a ser estudada. Os métodos empregados para datações podem ser multidisciplinares, envolvendo dados topográficos e outros detalhes do ambiente local (BEDNARIK, 2002). A combinação de informações geoprocessadas com acontecimentos cronológicos fundamenta entendimentos de como era o ambiente pré-histórico. Diversas técnicas são contestadas, principalmente

em datações de petróglifos utilizando vestígios químicos, fato este discutido amplamente nos meios científicos (DALTON, 1998). Schmitz, Moehlecke e Barbosa (1979), Mendonça de Souza et al. (1982), Roosevelt (1992) e Bertran (2011) citam, em suas publicações, que os vestígios arqueológicos mais antigos encontrados no Brasil possuem entre 10 e 11 mil anos, podendo esta amplitude ser dilatada com novas descobertas. A Figura 9 apresenta o croqui feito por Schmitz, Moehlecke e Barbosa (1979) durante a documentação de sítios arqueológicos em Jussara-GO.

Figura 9 - Croqui de petróglifos no Sítio Arqueológico GO-JU-28, Jussara/GO.



Fonte: Instituto Anchietao (1979).

Alguns sítios localizados no estado do Tocantins fornecem idade um pouco mais antiga, com vestígios de 12.630 anos, obtidos por análises efetuadas pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (DEBLASIS; ROBRAHN-GONZÁLEZ, 2003). Por outro lado, Guidon (1989) concluiu, em seus estudos, que o homem pré-histórico com domínio da arte rupestre já habitava o Brasil há mais de 28 mil anos, após datações em pinturas rupestres localizadas na Serra da Capivara, no estado do Piauí, utilizando técnicas de termoluminescência e ressonância paramagnética. Peyre et al. (2017), incluindo Guidon, publicaram novas datações apresentando resultados de vestígios que remontam a ocupação no Brasil há 60 mil anos, ampliando o período de ocupação anteriormente datado de 32 mil anos (GUIDON; ARNAUD, 1991; GUIDON, 1989).

Existem controvérsias na estimativa de idades de sítios arqueológicos devido ao mapeamento superficial. Para gravuras rupestres é comum utilizar processos de datação realizados de forma indireta, de modo que são datados artefatos líticos

encontrados na região, deduzindo, aproximadamente, o período de criação das inscrições (Bicho, 2012).

O principal método de datação utilizado na arqueologia é denominado carbono 14. Guarinello (1994) comenta que todos os seres vivos, todas as plantas e animais possuem em seus corpos uma quantidade, embora pequena, de carbono radioativo, que absorvem ao respirar e se alimentar. Contudo, a datação de petróglifos é extremamente complexa, devendo o pesquisador atrelar datações de vestígios líticos encontrados na região dos petróglifos, uma vez que, devido ao intemperismo da rocha e diversas reações físico-químicas o petróglifo possui radiação variável e imprecisa.

Acerca das incertezas, Bednarik (2002) comenta que os métodos de datação, em certa medida, atribuídos ao uso oportuno de tecnologia sofisticada, nem sempre apropriados, replicam em negligência sistemática. Devido à aplicação de técnicas que utilizam referencial geodésico de diferentes origens, uma área, por erro sistemático de mapeamento, poderá produzir divergentes resultados em sua datação. Guarinello (1994) menciona que um sítio pode ter diversas camadas de material, em que cada camada representa um período de ocupação, e, assim, a estratigrafia⁷ vertical nem sempre representa a realidade da ocupação, devendo o pesquisador dar importância também a achados perimetrais.

As diferentes datações geram discussão no meio científico, pois nem sempre os objetos líticos remontam às datas de determinadas inscrições, sendo essencial, paralelamente, georreferenciar e mapear com precisão as descobertas com o objetivo de entender o uso do ambiente em relação às inscrições deixadas.

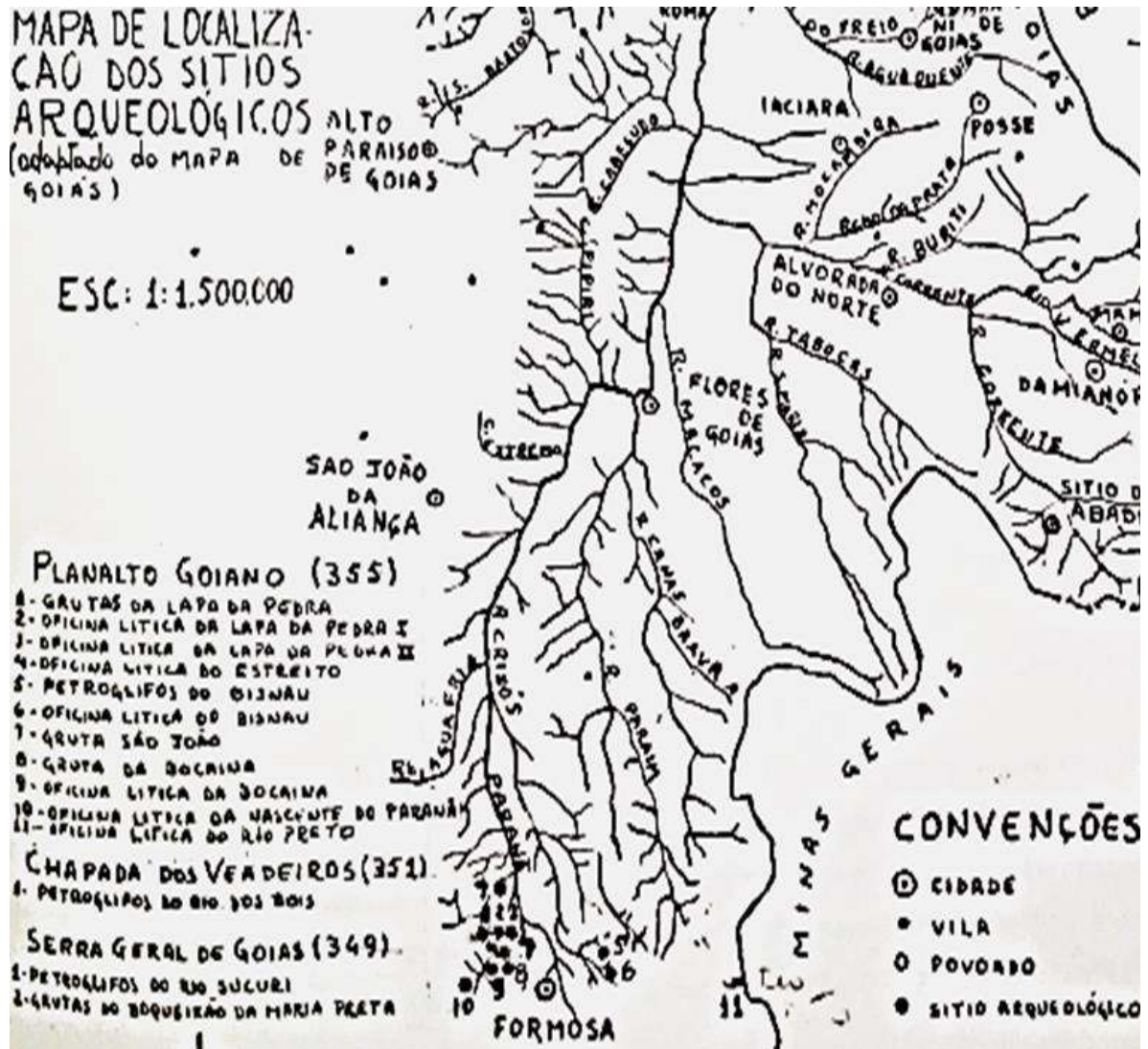
O norte do Amapá é rico em sítios arqueológicos contendo megalitos, sendo o Sítio de Calçoene o mais famoso entre eles. Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) anunciaram que esse sítio possui duas hipóteses principais: de que seria um observatório astronômico ou que teria sido construído por uma sociedade complexa e organizada (AFONSO; NADAL, 2013). Datações realizadas por Cabral e Saldanha (2009) apontam para os anos 700 e 1000. Os autores relatam que índios brasileiros também utilizavam o relógio solar (*gnômon*), em que a sua haste era feita de madeira ou de rocha grande, isolada (monólito), colocada verticalmente como no Sítio de Calçoene no Amapá, conhecido também como *Stonehenge* brasileiro.

A existência de sítios com petróglifos localizados no Planalto Central foi amplamente discutida na década de 1970, quando pesquisadores aproveitaram a expansão do povoamento proporcionado pela construção de Brasília para realizar pesquisas arqueológicas, como foi o caso de Mendonça de Souza et al. (1979), em suas pesquisas relatadas por manuscritos do Projeto da Bacia do Paranã 1974-1982, volumes I e II. Tais documentos são os principais dossiês de pesquisas arqueológicas do Planalto Central, os quais, mesmo em forma de manuscritos, descrevem os principais sítios arqueológicos localizados na Bacia do Rio Paranã. Dentre os sítios

⁷ Estratigrafia: do latim *stratum* e do grego *grafia*: é o ramo da geologia que estuda os estratos ou camadas de rochas, buscando determinar os processos e eventos que as formaram.

identificados no mapa da Figura 10 está o dos Petróglifos do Bisnau⁸ (identificação “5” da legenda).

Figura 10 - Croqui intitulado “Mapa de localização dos Sítios Arqueológicos – Projeto Bacia do Paranã”



Fonte: Mendonça de Souza et al. (1982).

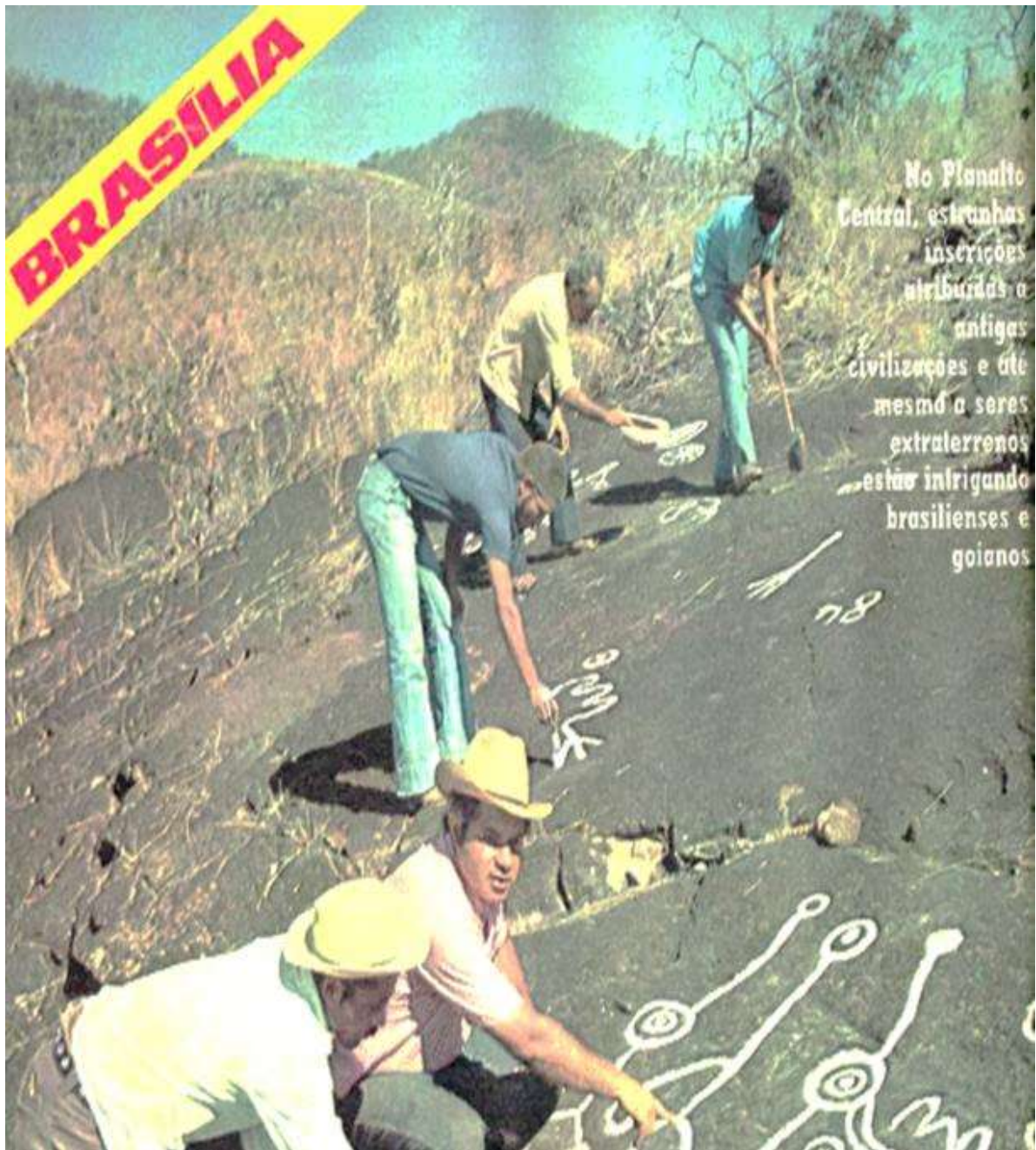
3.3.2 Região do Bisnau

O professor Mendonça de Souza, da Universidade Federal de Goiás (UFG), coordenador de estudos do Projeto Bacia do Paranã, já havia estado no local, verificado a existências das inscrições e fazia, em seguida, o seu mapeamento, relatos transcritos no Manuscrito II do Projeto Bacia do Paranã. Um dos primeiros relatos de âmbito nacional do Sítio Arqueológico do Bisnau foi feito pelo jornalista Carlos Eduardo Behrendorf, em reportagem publicada pela revista Manchete (1975). Na oportunidade, foram relatadas as complexas inscrições que estavam expostas no lajedo, promovendo especulações do surgimento dos petróglifos.

⁸ De acordo com IPHAN (2017), o Sítio Arqueológico do Bisnau está cadastrado sob código GO00327 – GO-PA-01.

O editor Behrendorf, da Revista Manchete (1975), afirma que devido à fundação de Brasília ter ocorrido na década anterior à reportagem, diversos moradores locais relatavam que a construção da capital federal foi inspirada pelos petróglifos que apresentam semelhança na arquitetura do Plano Piloto. Contudo, o jornalista conclui que, de acordo com especialistas, as inscrições possuem semelhança com símbolos e caracteres de escritas antigas semelhantes ao aramaico e etrusco. A Figura 11 mostra reportagem da revista Manchete sobre o Sítio Arqueológico do Bisnau.

Figura 11 - Recorte da Revista Manchete



Fonte: Página nº 52 da edição nº 1221 de 13 de setembro de 1975 - Revista Manchete.

As inscrições do Bisnau, ilustradas na Figura 11, foram analisadas por Mendonça de Souza et al. (1982), que, juntamente com sua equipe, relataram a existência de tinta branca a base de cal sobre as feições dos petróglifos, dificultando a interpretação das feições. Tais pinturas foram copiadas em plástico transparente pela equipe do professor Mendonça de Souza. Publicações sobre o Bisnau em jornais de grande circulação tornou-se comum (Figura 12).

Figura 12 - Recorte de publicação no Jornal O popular



Fonte: Recorte do Jornal O popular (1976). Manuscrito II, Projeto Bacia do Paraná.

À época, Mendonça de Souza et al. (1982) identificaram possível inviabilidade técnica de mapear a superfície dos petróglifos com a qualidade esperada, devido aos traços que foram pintados pelos repórteres, já que as marcas brancas não representavam a realidade das feições. Ações como essas prejudicam a interpretação das inscrições e, segundo Vaz (2005), as expressões estéticas da pré-história não podem ser vistas da mesma maneira que se vê a arte contemporânea, pois cada cultura apresenta aspectos formais e concepções estéticas próprias atadas a seu tempo histórico.

Uma das teorias dos significados das complexas inscrições do Bisnau diz que essas podem ser explicadas pela “arqueoastronomia”, de modo que há a comparação dos desenhos geométricos com fenômenos astronômicos (ALMEIDA, 2015). Prous (1992) pressupôs que grafismos semelhantes aos do Bisnau representassem fenômenos celestes ou outros elementos do céu voltados para a astronomia, fato que eleva a necessidade de georreferenciamento e apoio cartográfico para averiguação e estudo. Após diversas pesquisas das representações artísticas da região do Bisnau, Almeida (2015) relatou que o sítio arqueológico do Bisnau, principalmente as inscrições do afloramento rochoso, dão margem para extensões religiosas e de crenças.

Assad (2010) comenta que traçados em fragmentos de pequenas tábuas feitas de argila e nas paredes de sítios arqueológicos sugerem que, há mais de 6.000 anos, mapas eram utilizados para estabelecer territórios de caça e para gravar itinerários. Além de representações relacionadas ao mapeamento territorial, algumas outras relacionadas às crenças também são evidenciadas. Ampliando as definições, inscrições destinadas ao misticismo são relatadas por Alyilmaz e Yakar (2010) em sua pesquisa sobre os petróglifos de Qobustan. O Bisnau é popularmente conhecido por abrigar possíveis inscrições místicas relacionadas à crenças e costumes dos povos que habitaram o local (ALMEIDA, 2015).

O contexto arqueológico da região de Formosa, Estado de Goiás, apresenta área que foi constantemente ocupada por grupos sedentários. Atualmente, a maior dificuldade em encontrar evidências é o alto grau de urbanização da região, a ocupação e o uso constante do meio ambiente (PENÃ; SOARES; MAGALHÃES, 2017). A Figura 13 ilustra as complexas geometrias existentes no Bisnau.

Figura 13 - Painel de petróglifos com figuras geométrizadas



Segundo Penã, Soares e Magalhães (2017), o Bisnau contém as inscrições rupestres mais conhecidas da região, abrigando diversas gravuras geométrizadas. Os grafismos observados no lajedo do Bisnau possuem traços semelhantes a diversas outras representações espalhadas pelo Brasil, fato que levanta questões que necessitarão de mais pesquisas arqueológicas (ALMEIDA, 2015). A predominância rara de gravuras geométrica dos petróglifos do Bisnau e de sítios semelhantes foi relatada por Mendonça de Souza et al. (1979). Outros petróglifos foram encontrados em vários afluentes do rios Paranã e Tocantins (Vale do Paranã). O Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA/IPHAN) apresenta, em seus registros, em torno de 35 sítios no município de Formosa, que, em sua maioria, foram pouco estudados (ALMEIDA, 2015).

Há registros de outros sítios com petróglifos nos rios Tocantins e Vermelho⁹, afluente do Araguaia, sendo locais com gravura da região de Itapirapuã¹⁰, Jaupaci¹¹, São Januário¹², Ribeirão dos Bois¹³, Córrego Doce¹⁴, Rio Paranã¹⁵ e Rio Sucuriu¹⁶

⁹ Sítios Arqueológicos não cadastrados;

¹⁰ Sítio Arqueológico de Itapirapuã (GO-JU- II);

¹¹ Sítio Arqueológico Jaupaci (GO-JU-28);

¹² Sítio Arqueológico São Januário (GO-NI-54);

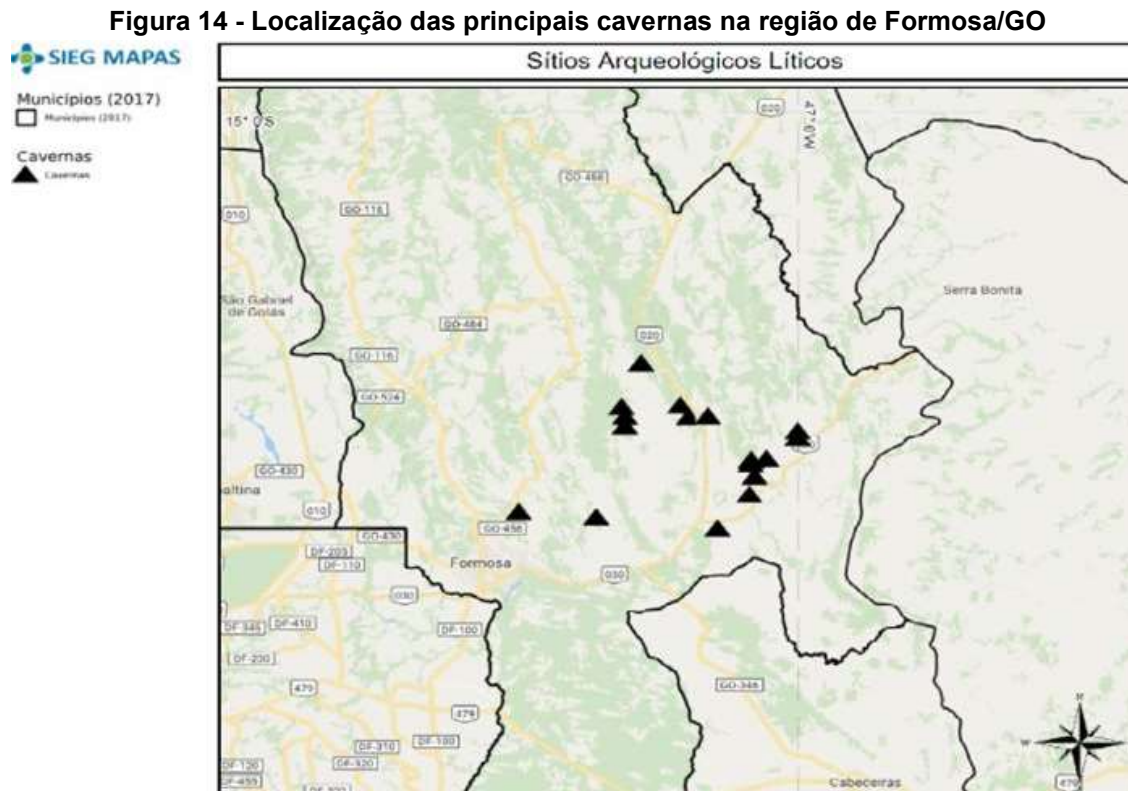
¹³ Sítio Arqueológico do Ribeirão dos Bois (GO-PA-03);

¹⁴ Sítio Arqueológico do Córrego Doce (GO-PA-04);

¹⁵ Sítio Arqueológico do Rio Paranã (GO-PA- 05); e

¹⁶ Sítio Arqueológico do Rio Sucuriu (GO-PA- 06).

(SCHMITZ; MOEHLECKE; BARBOSA, 1979). Diversas gravuras são encontradas no Planalto Central brasileiro e boa parte ainda não foi catalogada ou possui apenas cadastro precário. A Figura 14 apresenta croqui da navegação interativa do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), com as principais cavernas repletas de material lítico e inscrições rupestres citadas por Peña, Soares e Magalhães (2017).



Fonte: Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/siegmapas/>.

Barbosa (2002) comenta que a região onde está o Sítio de Bisnau possui influência da tradição Itaparica. O Sítio do Bisnau seria um local em que predomina uma Oficina Lítica da tradição Itaparica – palavra do Tupi que significa “Cercado de pedras”. Barbosa (2002) comenta que no planalto central encontram-se oficinas líticas complexas, com material de pedra polida e lascada, encontrados próximos a inscrições rupestres.

Inscrições rupestres podem ser mapas astronômicos, cartográficos ou até mesmo desenhados por influência de possíveis deuses e fenômenos relacionados à natureza espiritual. Interpretações científicas dependem de complexos estudos, principalmente da caracterização espacial do ambiente arqueológico com utilização de técnicas de geoinformação (VAKOCH, 2014; DANIKEN, 2011). Além de traços místicos, os complexos traços existentes no Bisnau podem ter relação com a cartografia local e a navegação, hipótese que poderá ser elucidada após mapeamento detalhado georreferenciado e representação de modelos cartograficamente posicionados.

De acordo com informações publicadas pelo IPHAN (Anexo B), os petróglifos do Sítio Arqueológico do Bisnau estão inscritos em afloramento maciço de rocha sedimentar de arenito fragmentado. Alguns autores comentam a existência de

petróglifos em rocha arenítica (DANTAS et al., 2012; FRYER, 2005; CHANDLER; COMERLATO, 2005; BEDNARIK, 2002; OKLADNIKOV, 1969), além disso, os autores citam ocorrências de arenito em material lítico e monumentos antigos devido à facilidade de esculpir tal material, sendo rocha porosa e de fácil degradação por raspagem (PENÃ; SOARES; MAGALHÃES, 2017; LAHAYE et al., 2013; PALERMO; LEITE, 2013). A existência de petróglifos em rocha arenítica, como no Bisnau, é replicada em outras partes do mundo.

3.4 CARTOGRAFIA PRIMITIVA

Além de serem ferramenta de orientação geográfica, os mapas transformaram-se em técnicas essenciais para o deslocamento de civilizações. Fazer mapas é uma prática com mais de 6.000 anos, em que, desde a pré-história, o homem tentava localizar-se no mundo, definir territórios, entender a organização dos espaços, registrar trajetos e posicionamentos baseando-se em astros (ASSAD, 2010; PROUS, 1992).

Raisz (1969) comenta sobre a análise feita pelo geógrafo norte-americano Preston James:

Vamos imaginar que as formigas concebam a ideia de conhecer o aspecto geral do tapete, e que elas tenham ordenado a algumas procurar vários pontos e outras coletarem estas medidas entre pontos, aplicando resultados no desenho para obterem o panorama do todo. O exame do desenho revelará a configuração do que elas ignoravam (...) as formigas irão propor várias teorias para conseguir da natureza o meio final desta representação-mapa. (RAISZ, 1969, p. 26).

3.4.1 Histórico cartográfico

Os primeiros mapas podem ter surgido há mais de 6.000 anos, época em que placas de barro cozido eram utilizadas pelos sumérios para navegação e organização espacial dos povos (ASSAD, 2010). A cartografia primitiva também poderia ter sido utilizada por egípcios e chineses para posicionamento de construções e monumentos religiosos, conforme VaKoch (2014) e Daniken (2011). O geógrafo norte-americano Preston James (1938) comenta, em seu livro *A geográfica do homem*, que este seria como uma formiga sobre um tapete, que conhece com perfeição o espaço visível, mas desconhece as dimensões e proporções além do visível, relacionando os mapas como importante ferramenta para navegação.

Em 1975, o governo brasileiro iniciou o Projeto Radambrasil que visava mapear todo o território. De acordo com o IBGE (2005), cartas planialtimétricas são disponibilizadas *online* em arquivo digital compatível com plataformas SIG. Atualmente, as cartas topográficas oficiais produzidas naquela época (décadas de 1970 e 1980) estão disponíveis no Geoportal da DSG e do IBGE. Tais cartas topográficas são essenciais para a identificação de vestígios arqueológicos. Nelas é

possível identificar os acidentes naturais, antigas estradas, indicações de ruínas e estruturas da antiguidade.

3.4.2 Mapeamento de superfícies arqueológicas

Segundo IPHAN (2014), o levantamento de vestígios, para estudo arqueológico, possui impacto direto no ambiente, sendo necessário um acompanhamento detalhado de todas as técnicas invasivas aplicadas ao mapeamento. Técnicas que possam mapear sem impactar diretamente o meio ambiente são válidas e aceitas no meio científico (BICHO, 2012). Após busca de vestígios arqueológicos, Peña, Soares e Magalhães (2017) concluíram que as representações rupestres devem ser amplamente documentadas, utilizando-se as técnicas cabíveis na documentação ou registro das representações. Sendo assim, técnicas de mapeamento remoto, sem intervenção física, são necessárias para preservação de inscrições rupestres expostas em rochas. Mesmo com o desgaste devido ao intemperismo, feições de petróglifos podem ser reconstruídas (LARA; FERNÁNDEZ, 2016). Tais afirmações evidenciam a necessidade de aprimorar técnicas de reconstituição digital de objetos incompletos, modelando e reconstruindo sua forma anterior.

Mosaicos, gerados a partir de ortofotos na escala de 1:40.000, foram disponibilizadas pelo Grupo Executivo de Planejamento da Grande São Paulo (GEGRAN), em 1962. Uchôa e Garcia (1981) comentam que os mosaicos disponibilizados pelo GEGRAN foram suficientes para identificação e mensuração de sambaquis na baixada do cananéia-Iguapé, litoral paulista. Sendo assim, entende-se que a utilização de mosaico de ortofotos permite fornecer dimensões reais do terreno com precisão controlada. Uma técnica centenária utilizada para mapeamento de superfície pode ser a solução para a identificação e mensuração de ambientes arqueológicos. Segundo Riveiro et al. (2012), a fotogrametria atual é composta por metodologias inovadoras, não invasivas, com linhas de pesquisa que estão focadas na documentação da arte rupestre. Palermo e Leite (2013) afirmam que uma das necessidades da sociedade moderna é a documentação de sítios arqueológicos e dos patrimônios arquitetônicos histórico e cultural neles existentes, evitando a degradação devido a possibilidade de gerar modelos digitais que possibilitam acesso simultâneo por vários pesquisadores.

A documentação pode ser realizada com a utilização de técnicas amplamente difundidas na engenharia cartográfica, englobando a geodésia, a fotogrametria (aérea e terrestre) e a cartografia. Segundo Uchôa (1994), a arqueologia como ciência, busca a recuperação de culturas passadas por meio de estudos interpretativos dos vestígios materiais, trazendo esse passado ao conhecimento da atualidade por meio de técnicas multidisciplinares e de informações da superfície regional.

A utilização de técnicas modernas apoiada na tecnologia digital contribuirá para a documentação vitalícia da arte rupestre. A documentação do patrimônio, seja por meio de sensores de imagem ou escaneamento a laser, representa grande passo à

frente na conservação de ativos arqueológicos, tanto em seus aspectos materiais quanto documentais (LARA; FERNÁNDEZ, 2016). Em consonância com os estudos de Schaan et al. (2012), o mapeamento arqueológico também é uma análise de paisagens históricas, necessitando incluir ferramentas de geoinformação e posicionamento espacial. Além disso, alguns estudos executados em paisagens amazônicas incluem interpretação de imagens de satélite, de fotografias aéreas não convencionais e prospecção aérea com pequenas aeronaves. Esses métodos utilizam o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para cadastro espacial dos vestígios arqueológicos (CRUMLEY, 1994; SCHAAN et al., 2012). McPherron (2002) relata a importância de utilizar sistema SIG com informações precisas no mapeamento de sítios arqueológicos, possibilitando aferir dimensões espaciais.

Conservar ambientes arqueológicos mobiliza grandes esforços por parte do Estado, portanto, desenvolver métodos para mapeamento remoto de superfícies com vestígios pré-históricos, sem a necessidade de contato físico com o ambiente, é de grande importância para a documentação de sítios sensíveis e com degradação avançada. O resgate de vestígios pré-históricos poderá conter símbolos culturais de grande valor étnico de povos ainda desconhecidos pela humanidade. Baseado no referencial citado, Rivieiro et al. (2012) comentam que a arte pré-histórica é uma parte essencial do patrimônio cultural mundial, já que foi o sistema de comunicação entre as comunidades anteriores à escrita e desempenha um papel fundamental para a compreensão da pré-história e das comunidades primitivas. Com a utilização do georreferenciamento no mapeamento de vestígios arqueológicos, o estudo da arqueoastronomia vem sendo ampliado, possibilitando uma integração de informações arqueológicas nas geociências.

Uma das linhas de pesquisa envolvendo astronomia e arqueologia é a arqueoastronomia. Tais estudos requerem a colaboração de especialistas em astronomia, arqueologia, antropologia e história da arte, entre outros, pois as evidências são frequentemente fragmentadas, sutis e sujeitas a diversas interpretações (AFONSO; NADAL, 2013). De acordo com Milone (2017), nas civilizações antigas, o homem ainda continuava a associar divindades aos fenômenos naturais (astronômicos ou não). Buscava-se encontrar explicações mitológicas para vários fenômenos celestes observados, dentre os quais: os dias, as noites, os eclipses da Lua e do Sol, as fases da lua, o deslocamento dos planetas por entre as estrelas, os cometas e as estrelas cadentes.

3.4.3 Georreferenciamento e sistema de referência

Para o georreferenciamento de pontos na superfície terrestre e geolocalização para apoio fotogramétrico com utilização do *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), ou seja, do sistema de posicionamento global por satélite, se faz necessário estabelecer referência de posicionamento planimétrico e altimétrico. Para o desenvolvimento das atividades geodésicas, é necessário o estabelecimento de sistema geodésico que sirva de referência ao posicionamento espacial (IBGE, 2005).

Os sistemas geodésicos são de grande importância para a análise espacial de informações geográficas, possibilitando a manipulação e interpretação de dados em um mesmo referencial padronizado (MONICO, 2008).

De acordo com IBGE (2005), com o advento do Global Navigation Satellite System ou Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), tornou-se mandatória a adoção de novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e ainda com os sistemas adotados no restante do globo terrestre. Para o continente americano, ficou estabelecido como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano 2000,4 denominado SIRGAS2000 (MONICO, 2008). De acordo com IBGE (2005), o SIRGAS2000 foi homologado como referência para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).

Ainda segundo o IBGE (2005), as dimensões da figura geométrica para a Terra, oriundas do elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80), possuem o semi-eixo maior ‘a’ com valor de 6.378.137 metros e achatamento ‘f’ com proporção de 1/298.257222101, com origem no centro de massa da Terra e orientação dos polos e do meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (*Bureau International de l’Heure*), em 1984.

Entende-se que, para representação espacial de informações por meio de mapas, cartas ou plantas, uma vez realizadas medições geodésicas envolvendo técnica de posicionamento por satélites, há a necessidade de transformar as coordenadas geodésicas para coordenadas em um sistema de projeção cartográfica, neste caso, para o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercarto (UTM).

3.4.4 Aerofotogrametria por drones na arqueologia

A Sociedade Internacional para Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, em inglês, *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, define fotogrametria como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre o meio ambiente via processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas. Tal definição é multidisciplinar, se considerada a ampla aplicação da fotogrametria no mapeamento de diferentes ambientes físicos.

A aerofotogrametria apresenta-se como grande aliada dos mapeamentos arqueológicos. Ortofotos foram utilizadas por Uchôa e Garcia (1981) para o projeto global de pesquisas arqueológicas na Baixada Cananéia-Iguapé, litoral sul do estado de São Paulo, na identificação de sambaquis (depósitos em forma de morro, construídos pelo homem pré-histórico e composto por materiais orgânicos e calcários). Assad (2010) explica que a aerofotogrametria e o sensoriamento remoto vêm mudando a cartografia, não em seu conceito teórico, mas quanto ao emprego de novas metodologias que fazem evoluir os conceitos estabelecidos. De acordo com Roig et al. (2013), os recentes progressos no desenvolvimento de *drones* sinalizam a

nova geração de plataformas leves para sensoriamento remoto, necessitando, ainda, de estudos e aprimoramentos para aplicações na fotogrametria.

Langer (2004) fez resenha comentando sobre as técnicas utilizadas pelos arqueólogos Helge Ingstad e Johannes Brondsted (1967) na identificação de sítios Vikings, utilizando aviões e cartas náuticas. A utilização de fotografias aéreas, mosaico de fotos e, posteriormente, ortofotos aparece como produto essencial na localização, mensuração e estudo de ambientes arqueológicos em médias e pequenas escalas cartográficas. Com a possibilidade de ampliar a fotogrametria para a curta distância, as técnicas poderão ser evoluídas e compartilhadas com uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT).

Comparados às aeronaves utilizadas para fotogrametria, os *drones* apresentam baixo custo de aquisição e manutenção. Essas plataformas mais baratas e portáteis têm sido usadas para os mais diversos fins, como mapeamento de sítios arqueológicos (BENDEA et al., 2007). Um grande avanço da fotogrametria por *drones* multirotores é a possibilidade de aproximação da superfície mapeada. Os petróglifos de Qobustan foram medidos e desenhados com métodos fotogramétricos de curta distância utilizando câmera convencional (ALYILMAZ; ALYILMAZ; YAKAR, 2010). Ou seja, o mapeamento de petróglifos poderá ser realizado com a fotogrametria de curta distância, método que aeronaves de grande porte não poderiam realizar devido à velocidade de deslocamento e à existência de obstáculos no ambiente natural.

Os *drones* de asas rotativas apresentam vantagens consideráveis sobre o avião de asa fixa para mapeamento de pequenas áreas (ALMEIDA, 2014). Nessa perspectiva, cita-se que em mapeamentos arqueológicos, as aeronaves de asa rotativa possuem maior agilidade na captura de imagens com altíssima resolução espacial, ao contrário de equipamentos de asa fixa, que necessitam do constante movimento, sem a possibilidade de pairar sobre o ambiente. Palermo e Leite (2013) utilizaram técnicas de aerofotogrametria por *drone* de asa fixa para mapeamento tridimensional nas ruínas do Sítio Arqueológico São Miguel Arcanjo, no município de São Miguel das Missões, no estado do Rio Grande do Sul. As informações remotamente levantadas nas ruínas de São Miguel demonstraram grande capacidade no mapeamento de áreas sensíveis com uso de *drones*.

Por outro lado, Palermo e Leite (2013) comentam que uma limitação das pequenas aeronaves, quer sejam elas de asa fixa ou rotativa, seria a instabilidade no voo. Devido ao peso de pequenas aeronaves, correntes de ar desestabilizam sua trajetória do voo. Roig et al. (2013) comentam que o uso de novas ferramentas, como as Aeronaves Remotamente Pilotadas, amplia as possibilidades de estudos em diversas áreas do conhecimento, mas, definitivamente, os estudos ambientais serão largamente beneficiados pela inclusão dessas novas técnicas no atual leque de opções. Contudo, Palermo e Leite (2013) citam que essas aeronaves possuem microcontroladores que processam os dados e os enviam aos motores, corrigindo possíveis deslocamentos, no equilíbrio da aeronave, que possam prejudicar a captura das imagens. Baseado nas necessidades de investigação técnica, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (2017) publicou resultados satisfatórios

com o uso de *drones* no mapeamento de áreas para a reforma agrária, tendo como objetivo atender às especificações técnicas da Lei nº 10.267/2001.¹⁷

Os multirotores possibilitam maior estabilidade no voo, de modo que a líder mundial em fabricação de *drones*, *Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Company* (DJI)¹⁸, publicou em seu *site* que entre os *drones* multirotores mais vendidos estão os modelos DJI Phantom e DJI Mavic, sendo consideradas aeronaves compactas (UAV), portando quatro rotores denominados quadricópteros. De acordo com a DJI (2017), essas aeronaves possuem sensores que evitam obstáculos e estabilizam o voo durante a captura de imagens em ambientes hostis, possibilitando estabilizar em um ponto do espaço, ficando imóvel graças ao sistema de navegação por satélite.

As câmeras da maioria dos *drones*, classificadas como convencionais, possuem distorções que devem ser levadas em consideração e corrigidas durante o processamento digital. Em relação às opções de processamento, Da Hora, Galvão e Albuquerque Filho(2016) comentam que utilizando o *software* Pix4D®Mapper é possível escolher o tipo de produtos que serão gerados, os quais, dentre as opções possíveis, a mais completa oferece a geração de ortomosaico, o MDS, rede 3D e a nuvem de pontos completa para o conjunto de imagens obtido com a câmera convencional. Baseado nesse contexto, Alves Júnior et al. (2015) afirmam que o referido *software* realiza autocalibração simultaneamente com a aerotriangulação, fato esse relevante para correção de distorções oriundas de câmeras não métricas.

Além das características técnicas de captura de imagens, a interpretação digital em ambiente de processamento é de grande importância na modelagem tridimensional. Segundo Wolf (1995), ao tirar fotografias de um objeto qualquer, essas podem ser classificadas de acordo com sua forma geométrica. Os tipos de fotografia são: i) vertical, que é tirada quando o eixo óptico da câmara encontra-se na vertical; ii) baixo-obliqua, quando a foto é tirada com o eixo óptico inclinado, mas não o suficiente para mostrar o horizonte; iii) alto-obliqua, que é tirada com o eixo óptico suficientemente inclinado para mostrar o horizonte terrestre e convergente, acontece quando tem-se um par de fotos baixo-obliquas em que o eixo óptico da câmara converge em direção ao outro e, com isso, as duas fotos cobrem aproximadamente a mesma porção do terreno (ALMEIDA, 2014). A possibilidade de observar objetos em diferentes ângulos permite a restituição digital da imagem, que, por sua vez, poderá gerar o modelo tridimensional do objeto ou da superfície mapeada.

Com o uso de georreferenciamento de alta precisão, agrupado a técnicas de sensores de estabilização, a imagem coletada em ambiente instável poderá ser corrigida com utilização de variáveis que são coletadas durante o voo, possibilitando a correção e a adaptação da captura, independente da classificação geométrica utilizada na aerofotogrametria analógica relatada por Wolf (1995).

¹⁷ Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001 – Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

¹⁸ Localizada em Shenzhen, Guangdong, China, é uma fabricante de *drones* para fotografia aérea e videografia, *gimbals*, plataformas de voo, câmeras, sistemas de propulsão, estabilizadores de câmera e controladores de voo.

Alguns autores como Da Hora, Galvão, Albuquerque Filho (2016), Alves Júnior et al. (2015), Almeida (2014) e Roing et al. (2013), comentam que *drones*, especialmente os de baixo custo, possuem limite de carga útil, peso e dimensões dos sensores, de modo que muitas vezes o baixo peso dos sensores é determinante para a seleção de câmeras de pequeno e médio formatos. Em comparação às câmeras métricas e de grande formato, os *drones* necessitam adquirir maior número de imagens para possibilitar a obtenção de cobertura e resolução semelhantes. Além disso, será necessária calibração para minimizar as distorções existentes, advindas da câmera não métrica.

Os métodos de documentação de vestígios arqueológicos vem sendo um grande desafio para pesquisadores mundiais. A degradação de sítios arqueológicos causam perda de informação e podem alterar as características do ambiente. Técnicas de fotogrametria por *drone* favorecem o acesso remoto a áreas arqueológicas, possibilitando mapeamento sem interação com o meio físico. Além disso, a vantagem de se utilizar ambiente digital tanto para o processamento quanto para a manipulação de dados e a publicação favorece o desenvolvimento de novos métodos de exploração arqueológica em gabinete.

Com aplicação de técnicas de georreferenciamento de alta precisão, os modelos tridimensionais gerados por *drones* terão suas dimensões conhecidas e orientadas a um plano cartográfico local, gerando modelo orientado e escalonado com a realidade do ambiente. Tais técnicas possibilitam reprojeter características do ambiente arqueológico para época. Vislumbrando tais hipóteses, a presente dissertação apresentará os métodos usados para mapeamento de superfície arqueológica, contendo petróglifos, com a utilização de *drone* portando câmera não métrica e técnicas de referenciamento geodésico.

Diante das possibilidades de utilização de *drones* no espaço aéreo brasileiro, regulamentos e procedimentos deverão ser seguidos para decolagem segura e adequada. De acordo com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (2017), o Sistema de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPAS) foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a solicitação de acesso ao espaço aéreo brasileiro por esses veículos remotos. As operações dessas aeronaves em áreas abertas deverão efetuar a homologação da estação de pilotagem remota junto à Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e solicitar as autorizações previstas nas regulamentações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). De posse dessas anuências, o operador de *drone* deverá efetuar seu cadastro no sistema SARPAS, certificando a autorização de utilização do espaço aéreo.

A fotogrametria, apoiada por técnicas de georreferenciamento espacial por meio do aerolevanteamento, teve expressiva importância no mapeamento de áreas sensíveis e que contenham superfícies detalhadas como áreas arqueológicas. Diversos estudos apresentam perspectiva do uso da geociência em mapeamentos arqueológicos (PAVELKA; LLINARES GARCÍA, 2009; ALYILMAZ; ALYILMAZ; YAKAR, 2010; SANZ et al., 2010; RIVEIRO et al., 2012; SERNA; LASSO, 2017).

As imagens coletadas por *drones* de baixo custo poderão ser processadas com utilização de *software* específico para fotogrametria, sendo um aliado técnico para

mapeamento remoto de áreas com limitação de acesso. Alguns *software*, como PIX4D®Mapper, AgisoftPhotoscan® e E-foto®, após experimentos acadêmicos, foram considerados ferramentas suficientes para processamento digital de dados fotogramétricos de *drones* portando câmeras não métricas (ALMEIDA, 2014; CASSEMIRO; PINTO, 2014; ALVES JÚNIOR et al., 2015; MARRO, 2014; MORENO et al., 2013).

3.4.5 Geotecnologias no mapeamento

O sistema de posicionamento por satélite tornou-se um serviço indispensável no levantamento de coordenadas precisas para identificação de sítios arqueológicos. De acordo com orientações do IPHAN (2014), existe necessidade de documentar sítios arqueológicos e, principalmente, regularizar suas documentações com o georreferenciamento preciso.

A estimativa de coordenadas, por meio de observações GNSS, pode ser feita por métodos de posicionamento relativo e/ou absoluto. No método relativo, há a necessidade de uso de, no mínimo dois receptores geodésicos GNSS, onde, pelo menos um deles, deve ser posicionado em ponto de coordenadas conhecidas (Ponto BASE), enquanto outros receptores em pontos onde pretende-se conhecer as coordenadas (Pontos ROVER). Já no posicionamento absoluto, as coordenadas dos pontos que se desejam determinar são obtidas por meio de coordenadas dos satélites e de modelos de correção como o relógio dos satélites, dados atmosféricos (troposfera e ionosfera), efeitos da elasticidade da terra (maré terrestre e cargas oceânicas), entre outras informações.

O Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) permite obter coordenadas precisas referenciadas ao SIRGAS2000 e ao International Terrestrial Reference Frame (ITRF), através de um método absoluto de pós-processamento (IBGE, 2017). Atualmente, o IBGE fornece um serviço *online* e gratuito para o pós-processamento de dados GNSS utilizando o PPP. De acordo com Monico (2008), o PPP desempenha papel fundamental para o processamento de pontos isolados. Peron et al. (2017) comenta que o Sistema PPP possibilita um ajuste eficiente e procedimento simples no processamento de dados GNSS.

Conforme orientações do INCRA (2010), o georreferenciamento de propriedades rurais deve obedecer a critérios de utilização de rastreadores geodésicos, sendo que o operador deve efetuar o transporte de coordenadas para o local de trabalho por método relativo e/ou absoluto e, posteriormente, obter coordenadas dos pontos de interesse via método relativo. Para Monico (2008), o método relativo apoiado a tecnologia *Real Time Kinematic* (RTK) é um procedimento de posicionamento rápido e preciso e, de acordo com o INCRA (2017), é aceito para georreferenciamento rural e atende às precisões estabelecidas, conforme a Norma de Georreferenciamento Rural publicada pela Lei nº 10.267/2001. O posicionamento relativo pelo método RTK, na coleta de informações em ambiente arqueológico, dentre os métodos existentes, proporciona a obtenção de coordenadas de forma rápida,

sendo possível observar em tempo real a qualidade das observações (PALERMO; LEITE, 2013).

A altitude determinada por meio de receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar ou geoide, mas sim ao elipsoide de referência, sendo necessário conhecer a diferença entre as superfícies (IBGE, 2017). Para determinação da altitude ortométrica, o IBGE disponibiliza o *software* MapGEO 2015. De acordo com IBGE (2017) e Monico (2008), uma das primeiras versões do MapGEO 2004 já disponibilizava a opção para utilização do SIRGAS 2000, atendendo à data de término do período de transição e transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil.

Peres (2007) comenta que aplicação de altitude ortométrica é essencial na modelagem do bloco fotogramétrico. De acordo com Bicho (2012), o mapeamento arqueológico deve conter um ponto DATUM de origem (vertical/horizontal), implantado em local que favoreça a montagem da grelha virtual e posterior uso de equipamento topográfico para visualização, se possível, de todo o sítio, com utilização de equipamento a *laser*. Esse método de leitura indireta, sem necessidade de utilização de alvo, foi explorado por Dibble (1987) e sua equipe em mapeamento de sítios arqueológicos na França, onde desenvolveu outras tecnologias para escavações arqueológicas com mínima intervenção do meio físico. Com apoio de MacPherron, Dibbler formulou o *software* EDM, disponibilizado na versão mais recente intitulada *EDM - Win Summer 2011*. A utilização de equipamentos com leitura a *laser* possibilita a mínima interação do pesquisador em ambientes sensíveis e de acesso limitado.

Contudo, para uso desses equipamentos que utilizam posicionamento geodésico, em especial o *drone*, existem sistemas eletrônicos eficazes para adequar o voo por meio de posicionamento por satélite e possibilitar o conhecimento de parâmetros durante a captura das fotografias como, por exemplo, a Unidade de Medição Inercial (IMU). O IMU desempenha fundamental importância no equilíbrio inercial da aeronave, onde são realizadas medições inerciais que garantem o equilíbrio do voo, gerando parâmetros para cada foto capturada. A citada unidade inercial é importante sistema eletrônico responsável por capturar os parâmetros em que as fotos foram adquiridas, além de ser responsável por sincronizar os motores durante o voo e o equilíbrio da aeronave em referência ao sistema GNSS. Tais afirmações foram expostas por Caldeira e Baltazar (2004) e ratificadas por Almeida (2014).

Baseado na necessidade de adequação geométrica para captura de fotos durante o voo, faz-se necessário a aplicação de relações geométricas entre distância focal e possíveis distorções mecânicas, ocasionadas na captura das fotos por câmeras digitais convencionais de baixo custo. Os métodos de calibração de câmera são necessários para determinação precisa dos parâmetros de orientações exterior e interior. Para resultados mais acurados de posição, as fotos devem ser tomadas sob condições semelhantes ao campo (PÉREZ; AGÜERA; CARVAJAL, 2011).

Amaral e Castañon (2015) comentam que a maioria dos *softwares* de medição e modelagem tridimensional apresenta rotina de correção para a distorção das lentes. Esses valores diferem de câmera para câmera e devem ser levados em conta no

tratamento das imagens coletadas. Pérez, Agüera e Carvajal (2011) explanam que os parâmetros de calibração abrangem a distância focal (f) da lente, parâmetros (x_0 , y_0) e coeficientes de distorção da lente (k_1 , k_2 , k_3 , P_1 , P_2). Matthews (2008), após estudos, sugere que a câmera fotográfica utilizada para aerolevantamentos por *drones* de baixo custo possua resolução mínima entre 8 e 10 megapixels e acompanhe sensor de dimensões semelhante ao de filme de 35 mm.

A geotecnologia de mapeamento por *drones* agrupa não somente posicionamento GNSS mas depende de unidades eletrônicas que sincronizam orientações externas e internas da aeronave, que são combinadas com as fotografias aéreas capturadas pelo sistema. Marro (2014) comenta que uma vez determinadas as correspondências entre os pares de pixels nas duas imagens e tendo o conhecimento de uma possível informação sobre a geometria do sistema (posição e orientação relativa e absoluta entre as câmeras), a reconstrução, por sua vez, consiste em determinar a localização 3D de cada ponto em um sistema de coordenadas global. Em complemento, Amaral e Castanon (2015) ratificam a utilização que as posições de câmera e orientações das imagens são simultaneamente resolvidas com a geometria da superfície, técnica utilizada por Pix4D(2017), apoiadas a computação gráfica aplicando algoritmos de processamento que utilizam fotografias sobrepostas.

3.4.6 Confiabilidade do mosaico fotogramétrico

Alves Júnior et al. (2015), após realizarem experimentos com utilizando pontos de controle georreferenciados, concluíram que ortomosaicos gerados com produtos oriundos de *drones*, sem pontos de apoio em solo, apresentam maior tendência a discrepâncias planimétricas e altimétricas em relação àqueles que utilizaram pontos de controle. Para tanto, pontos de controle devem ser coletados com a utilização de receptor geodésico (FERREIRA et al., 2013; ROIG et al., 2013; ALVES JÚNIOR et al., 2015).

Para ortorrificação fotogramétrica no mapeamento de superfícies contendo petróglifos, Kipknis et al. (2013), Rivieiro et al. (2012) e Sauerbier et al. (2008), utilizaram pontos de controle georreferenciados. Conforme previsto no manual técnico T-34-601 (EXÉRCITO BRASILEIRO, 1976), o apoio suplementar de aerotriangulação deve seguir a norma de poligonação eletrônica para apoio nos trabalhos de restituição fotogramétrica. Coelho e Brito (2007) comentam que as técnicas utilizadas para restituição digital estão em constante evolução na fotogrametria convencional, possibilitando a utilização de processamento digital, em substituição a métodos analógicos, na geração de ortofotos e produtos fotogramétricos exclusivamente digitais.

A existência de pontos foto-identificáveis poderá elevar a qualidade posicional do produto, favorecendo a correção de erros oriundos do voo instável. Pontos de apoio são essenciais na junção dos blocos fotogramétricos, evitando possíveis degraus – diferenças de altitudes entre os voos sobrepostos (ARIAS; CAMPITELLI; NETO, 2017). Para obtenção de produtos oriundos da fototriangulação é necessário conhecer a relação geométrica espacial das fotografias e as dimensões reais. Para geração de

modelo digital com dimensões reais, a utilização de pontos de controle georreferenciado é essencial para aplicação de módulos que possibilitam o ajuste do bloco fotogramétrico (VALLET et al., 2011).

3.5 EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA SUPERFÍCIE DO BISNAU

Resultados positivos no processamento digital dependem diretamente da qualidade dos dados e das informações adquiridas durante o voo fotogramétrico. As imagens coletadas por *drones* devem possuir em seus metadados as informações de altitude da aeronave no momento da aquisição e a localização no centro de projeção do sensor em uso (ALBUQUERQUE FILHO; GALVÃO; HORA, 2016). Modelos tridimensionais têm grande importância na interpretação de superfícies oriundas de processamento fotogramétrico. A segmentação, caracterizada como técnica essencial na geração de frações vetoriais que apresentam características específicas de determinada imagem, possibilita a criação de biblioteca de algoritmos identificadores que criam polígonos com características definidas.

3.5.1 Processamento digital e modelagem 3D

Em meados de 1970, a aerofotogrametria expandiu-se significativamente, contudo, o avanço trazia uma série de procedimentos técnicos que deveriam ser aplicados durante o voo, necessitando de pré-referenciamento espacial das fotos, de calibração da câmera fotogramétrica e de diversos detalhes para execução da linha de voo.

O imageamento por *drone* não leva como prioridade os procedimentos e técnicas aplicados à fotogrametria analógica, onde, com a utilização de *software* com algoritmos avançados de processamento, poderá ser executada por equipamentos amadores remotamente pilotados. Vallet et al. (2011) comentam que o tratamento de imagens oriundas de *drones* pode ser apoiado por pacotes disponíveis em *software* que calculam a orientação da foto e a calibração da câmera automaticamente.

A automatização do processamento de imagens oriundas de *drones* ainda possui incompatibilidade com *softwares* convencionais de fotogrametria semi-digital ou analógica (VALLET et al., 2011). Com o uso de câmera não métrica, de acordo com os autores, foi gerado modelo 3D satisfatório, utilizando o *software* PIX4D®Mapper, específico para processamento de imagens oriundas de *drones*. Com o avanço da fotogrametria por esses veículos, as versões mais recentes dos principais *software* de fotogrametria convencional começam a disponibilizar ferramentas destinadas à calibração de câmeras não métricas.

Contudo, não basta gerar ortomosaicos de boa aparência, estes devem possuir qualidade posicional. A acurácia dos dados fotogramétricos oriundos de *software* que processam imagens de *drones* demonstra grande aproveitamento na cobertura de superfícies, aplicando altíssima resolução espacial, contudo, é de extrema importância o ajuste do bloco fotogramétrico, utilizando pontos de controle. Perin et al. (2016), após análises, concluíram que o georreferenciamento de mosaicos gerados por meio de imagens coletadas por *drone* e posteriormente processadas em *software* de

fotogrametria digital possibilita a geração de ortomosaico com significativa qualidade posicional.

Cano et al. (2017), após compararem produtos gerados por *drones* de diferentes fabricantes, considerando voo retilíneo, constataram que o voo executado poderá ser equalizado por *software* de processamento, permitindo corrigir distorções e reduzir o desvio-padrão na aerotriangulação. Com a possibilidade de aplicar técnicas de processamento digital utilizando algoritmos para identificação de pontos homólogos entre fotos, a modelagem digital amplia as formas de correção e aproveitamento de imagens, deixando de executar técnicas analógicas e cálculos fotogramétricos da cartografia convencional, exemplificados por Coelho e Brito (2007).

Na aerofotogrametria convencional, fotos tomadas com parâmetros de angulação fora dos limites eram descartadas, contudo, com a aplicação de algoritmos de processamento digital, as fotos descartadas são aproveitadas por técnicas que utilizam modelagem digital e algoritmos de processamento. Vallet et al. (2011) comentam que *software* de fotogrametria como o PIX4D®Mapper possui integração completa e automatizada de pontos homólogos, possibilitando a calibração da câmera e extração de ortomosaicos e modelo digital de superfície. Os parâmetros fotogramétricos são aplicados aos pontos homólogos para se determinar suas coordenadas tridimensionais e obter o modelo digital de elevação (DELACOURT et al., 2009). Segundo Carrivick et al. (2013), quando se utilizam aeronaves não tripuladas para a realização de modelo digital, torna-se recomendável o uso de nuvem de pontos semelhante à obtida em levantamento a *laser* (LiDAR).

Na fotogrametria, as fotografias aéreas dizem-se em verticais, horizontais e oblíquas (LANGER, 1997; RENFREW, 1998). Fernandez (2016), após realizar mapeamento com utilização de modelagem 3D nas estruturas megalíticas localizadas na província de Burgos, Espanha, encontrou resultados positivos ao utilizar fotografias capturadas de modo oblíquo. O modelo digital permite a correlação com outros dados espaciais, seções e cortes desejados, uma vez que assegura facilidade de comparação, manuseamento, visualização e exploração em diferentes escalas (KIPNIS et al., 2013).

Alguns projetos de mapeamento 3D foram desenvolvidos pela empresa PIX4D, destacando-se o mapeamento digital do Castelo de Chillon (Suíça) e do Cristo Redentor (Rio de Janeiro). Tais mapeamentos, utilizando Drones, dificilmente conseguiriam adquirir fotografias verticais, onde, a obliquidade foi observada positivamente para modelagem digital e reconstituição digital. Além disso, Alyilmaz, Alyilmaz e Yakar (2010) afirmam que o modelo 3D consiste, principalmente, em conjunto de pontos espaciais, bordas ou curvas em que as superfícies e texturas podem ser adicionadas ao modelo básico de estrutura de fio para criar modelo sólido próximo da realidade.

Segundo Alyilmaz, Alyilmaz e Yakar (2010), o uso de métodos para calibração da câmera no estudo de mapeamentos de petróglifos no Qobustan foi aplicado com o módulo de calibração do *software* Photo Modeler. Ainda, os autores citam que o procedimento consiste em aplicar oito fotografias que produzem os seguintes parâmetros da câmera, utilizando grade de alvos: coordenadas do ponto principal (a

interseção do eixo óptico com o sensor de imagem); distância principal (distância do centro da lente para o ponto principal); características de distorção da lente (radial e tangencial); e tamanho do formato do sensor (tamanho do pixel e número de pixels). Tais variáveis são possíveis de serem geradas com o *software* PIX4D@Mapper, bastando apenas optar pela calibração da câmera nas configurações do processamento.

A imagem elaborada a partir de um par de fotografias com área de sobreposição permite fornecer o efeito tridimensional quando vista com óculos de duas cores (ALMEIDA, 2014). A visualização tridimensional possibilita que o usuário tenha noções tridimensionais que uma ortofoto não dispõe, sendo assim, o anaglifo compõe o uso de filtros de cores complementares, usualmente vermelho, azul ou verde, no par de fotografias estereoscópicas para separar as projeções da esquerda e direita, possibilitando a fusão por parte do cérebro humano, assim, gerando imagens tridimensionais (DISPERATI; AMARAL; SCHULER, 2007).

Imagens tridimensionais podem ser representadas por meio de anaglifos, sendo produtos digitais construídos a partir de filtros de cores complementares que são agrupados a um par de fotografias estereoscópicas, representando a visão humana. Magalhães (2013) e Almeida (2014), baseados em revisões técnicas de Disperati, Amaral e Schuler (2007) e Schuler, Silva e Formiga (2008), utilizaram anaglifos para interpretação de fotografias georreferenciadas, em que foram usados pares sequenciais (estéreos) para montagem do anaglifo e visualização com utilização de óculos especial.

Com a aquisição de dados tridimensionais e orientados a sistema geodésico, poderão ser realizadas comparações entre os petróglifos e os posicionamentos astronômicos, de acordo com a época em que o alinhamento rupestre coincide (CARDOSO, 2010; LEITE; BRETONES; BISH, 2014). Um dos *softwares* mais conhecidos na comunidade de astronomia e astrofísica é o Stellarium, código aberto que possibilita gerar gráficos planetários, como as constelações do Homem Velho e Ema (Constelações Tupi-Guaranis), em visão 3D do céu em diferentes épocas, de acordo com a inclinação do plano equatorial e da elíptica terrestre (ZOTTI; WOLF, 2017).

3.5.2 Segmentação e vetorização

Diversos métodos de segmentação já estão disponíveis na versão atual do Orfeo Tool Box (OTB), ferramenta que opera em conjunto com o *software* QGIS, na qual a maioria das operações usuais em imagens de sensoriamento remoto é apoiada a algoritmos de interpretação gráfica. O algoritmo de segmentação denominado *mean-shift16* apresenta bons resultados na segmentação de ortoimagens (CHRISTOPHE; INGLADA; GIROS, 2008). O OTB e o GRASS, composto por biblioteca de código aberto de algoritmos de segmentação de imagem, oferecem funcionalidades particulares para o processamento de imagem.

A segmentação é amplamente utilizada como etapa de pré-processamento, na qual as tarefas de segmentar todas as categorias de objeto de interesse, em imagem

de alta resolução, poderiam ser desafiadoras (CHRISTOPHE; INGLADA; GIROS, 2008). O processo de vetorização apoiado a produto segmentado facilita a edição do vetor nos limites das categorias. Alguns algoritmos de segmentação, como o *mean-shift*, e suavização, como o *v.generalize.smooth*, disponíveis no OTB e GRASS/QGIS®, possibilitam a entrada de atributos auxiliares ao processo de segmentação de *raster*, preparando a saída de arquivo vetorial compatível com *software* GIS.

3.5.3 Espacialização e orientação arqueológica

Mapeamentos regiões que envolvam análises espaciais são amplamente apoiados em produtos cartográficos, o que não é diferente em pesquisas arqueológicas, principalmente quando vestígios arqueológicos possuem evidências da utilização de métodos de navegação e mapeamento de povos primitivos.

3.5.3.1 Referência cartográfica

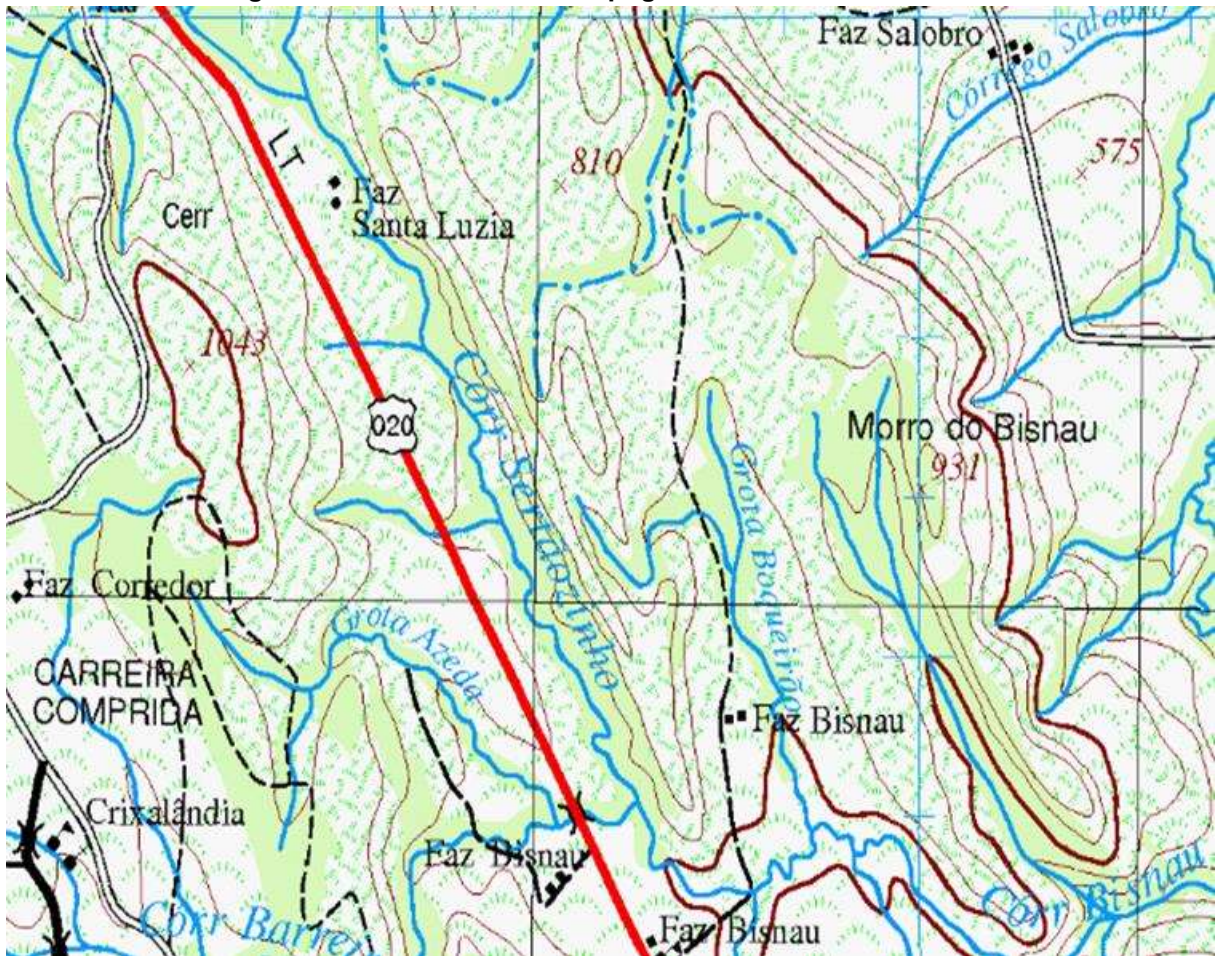
Cartas são a representação da Terra nos seus aspectos geográficos (naturais ou artificiais), que se destinam a fins culturais ou ilustrativos. As cartas topográficas possuem fins práticos para obtenção de informações da superfície terrestre onde as informações são enquadradas e georreferenciadas, sendo, portanto, representações de caráter especializado (PALERMO; LEITE, 2013; DA HORA; GALVÃO; ALBUQUERQUE FILHO, 2016).

Após pesquisas arqueológicas, foi descoberto que os romanos utilizaram cartas topográficas representando estradas e caminhos pelos quais alcançariam as áreas conquistadas (SANTOS, 2005). Como citado anteriormente, algumas inscrições rupestres podem representar possíveis mapas e orientações celestes. É de significativa relevância comparar inscrições rupestres que representam espaços geográficos com atuais cartas topográficas regionais (ASSAD, 2010; LEIBOWICZ, 2015; DANIKEN, 2011; PROUS, 1992). Além disso, as cartas topográficas fornecem informações diversificadas que elucidam o posicionamento de vestígios arqueológicos no contexto topográfico local.

No Brasil, a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), responsável pela disseminação de dados geoespaciais, possui geoportal denominado Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), que disponibiliza cartas topográficas de todo o Brasil (DSG, 2017). Além do BDGEx, o IBGE também possui geoportal contendo diversos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto. A facilidade de utilização de cartas topográficas possibilita implementação de dados cartográficos no ambiente de pesquisa arqueológica, viabilizando análises espaciais com produto geoespacial confiável.

O recorte da carta topográfica apresentado na Figura 15, enquadrado no índice de nomenclatura SD-23-Y-C-II, na escala de 1:100.000 de Cartas Topográficas, elaboradas pela DSG, apresenta a região da Fazenda Bisnau.

Figura 15 - Recorte da carta topográfica matricial Santa Rosa



Fonte: BDGEx, DSG (2017).

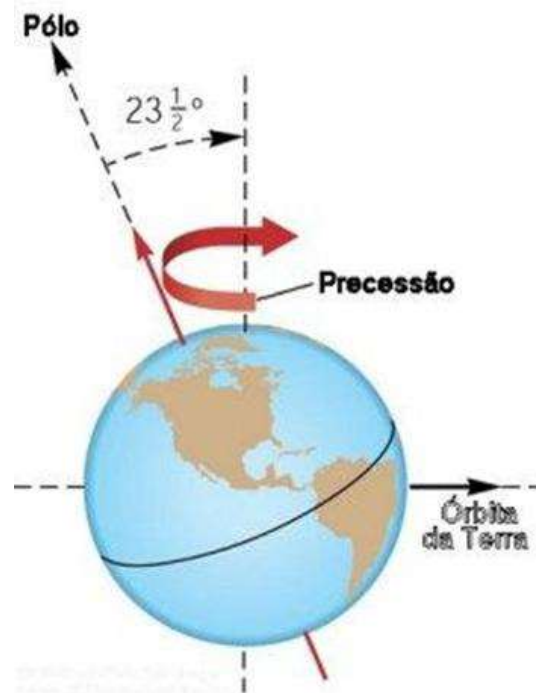
3.5.3.2 Declinações magnética e celeste

A declinação magnética é definida pela amplitude do ângulo formado pelos meridianos magnético e geográfico, uma vez que o polo magnético terrestre não coincide com o polo geográfico, sofrendo influência da posição temporal do observador e da localização geográfica (MONICO, 2008). Para ajustamento da declinação magnética, Almeida (2014) utilizou *software* para cálculo da declinação com objetivo de calibrar a bússola do *drone* usado em seu experimento. Trabalhos de mapeamento realizados na região do Bisnau por Mendonça de Souza et al. (1982) possuem indicação do norte magnético, sendo necessário aplicar declinações para os dias atuais, a fim de orientar corretamente a rotação da planta ao comparar medidas de diferentes períodos. Santos (2005) cita a importância de calcular a declinação magnética para mapas de navegação, uma vez que a data de levantamento dos dados não coincide com a data de utilização do mapa.

A precessão, movimento da Terra em torno de um eixo perpendicular ao plano de órbita terrestre, diferentemente do conceito de declinação magnética, leva em consideração as oscilações do polo magnético. Nas últimas décadas, o conceito matemático de precessão não sofreu alteração. Alguns autores (MONICO, 2008;

TARSIA, 1999; TEIXEIRA, 1996; KUHN, 1985) afirmam que a precessão se assemelha ao bamboleio de um pião, que possui período aproximado de 25.800 anos para retorno do eixo de origem na mesma posição que iniciou o movimento. De acordo com as bibliografias anteriormente citadas, estudos de precessão podem conter informações essenciais na interpretação de ambientes arqueológicos que possuem evidências de traços rupestres relacionados à orientação celeste e solar. A Figura 16 mostra o vetor de rotação terrestre e o eixo de referência central.

Figura 16 – Amplitude de inclinação do eixo terrestre



Fonte: Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>.

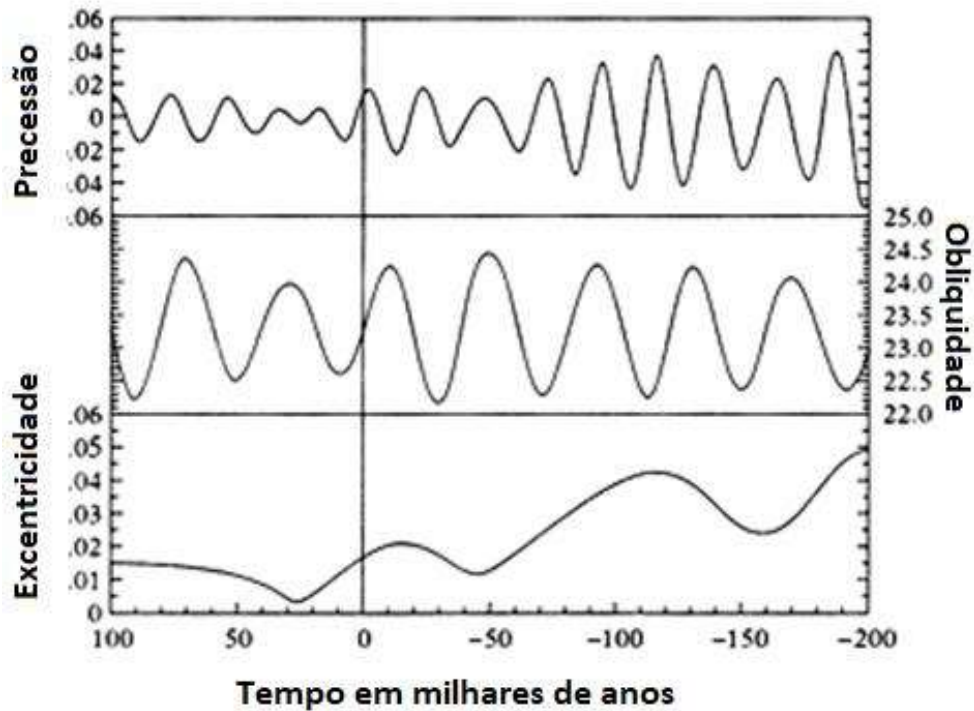
Como a Terra orbita o Sol ao longo do ano, o eixo de rotação (a linha que passa pelos polos de rotação da Terra) parece apontar para a mesma posição na esfera celeste, como pode ser visto na Figura 16. O ângulo entre o eixo de rotação e a perpendicular do plano orbital é chamado de Obliquidade da Eclíptica. Atualmente, é de aproximadamente $23 \frac{1}{2}^{\circ}$, sendo o ângulo entre as coordenadas equatoriais e as coordenadas eclípticas (ZOTTI; WOLF, 2017).

O ângulo anual de precessão poderá sofrer alterações devido à influência do momento do fluido e seu efeito esferoidal no núcleo fundido, podendo o clima externo ter influência nas reversões observadas, como as Forças de Coriolis (pseudoforça de Coriolis) e Lorentz (eletromagnetismo), com a força de precessão no fluido do núcleo terrestre. De acordo com Teixeira e Queiroz (1996), Issac Newton apresentou cálculos que levam ao resultado de 50" de arco por ano, que, comparado às observações astronômicas realizadas por Hiparcos (170-120 B.C.), o valor chegaria a 50,2" de arco por ano (TARSIA, 1999). Kleper e Saraiva (2016) afirmam que a Terra não é uma esfera perfeita, mas sim achatada nos polos e bojuda no equador, local em que seu diâmetro equatorial é cerca de 40 km maior do que o diâmetro polar. Jean Richer

(1630-1696) foi o primeiro a estabelecer essa diferença, notando que um pêndulo tinha período diferente em Cayenne (5° N) na Guiana Francesa e em Paris.

De acordo com a NASA (2017), o vetor do eixo terrestre pode sofrer variação entre 22 e 25 graus de obliquidade. A Figura 17 apresenta os graus de obliquidade de acordo com os anos.

Figura 17 - Obliquidade do eixo terrestre



Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de Kleper e Saraiva (2016).

De acordo com Milone (2017), Zotti e Wolf (2017), atualmente, a inclinação entre o plano do Equador e o da Eclíptica é de aproximadamente 23,5° (precisamente 23°26'21" no ano 2000). Devido ao torque causado pela Lua, Sol, além dos outros planetas, por deslocamentos de matéria em diferentes partes do planeta, elasticidade do manto, achatamento da Terra, estrutura e propriedades da borda entre núcleo e manto, reologia (deformação) do núcleo e variabilidades dos oceanos e da atmosfera, a inclinação (obliquidade) do eixo da Terra em relação ao da eclíptica está decrescendo 0,46815"/ano (PAULO, 2010).

A Equação 1, proposta inicialmente por Jean Richer (1630-1696) e comentada por NASA (2017), Milone (2017), Kleper e Saraiva (2016), Tarsia (1999), calcula a obliquidade do eixo terrestre (e), sendo representada por:

$$e = 23^{\circ}26'21,418'' - 0,46815''t - 0,0000059''t^2 + 0,00001813t^3$$

Equação 1: sendo 't' = 'ano de referência'=J2000.

Fonte: Oliveira Filho e Saraiva (2008) e Paulo (2010).

Software usados para cálculos astronômicos já utilizam calculos semelhantes a Equação 1, considerando a época de referência J2000. *Software* comentados por Zotti e Wolf (2017) possuem capacidade de cálculo e poderão ser ferramentas essenciais para mapeamento do céu pré-histórico. Destaca-se o Stellarium como um dos principais *softwares* para cálculo astronômico que possibilita configurações relacionadas a constelações conhecidas por povos locais, de acordo com a região de trabalho.

3.5.4 Levantamento cadastral de feições arqueológicas

Uma técnica muito utilizada na década de 1980 para documentar inscrições rupestres é a vetorização sobre transparência plástica, técnica amplamente utilizada por Mendonça de Souza et al. (1982) e Schmitz, Moehlecke e Barbosa (1979). Posteriormente, novas técnicas utilizando fotogrametria foram testadas por Pavelka (2014), Sanz et al. (2010), Sauerbier et al. (2008) e Chandler e Fryer (2005) para o mapeamento de superfícies contendo desenhos rupestres.

Após consulta no CNSA/IPHAN e em bibliografias, foi identificada a necessidade de utilizar fotogrametria apoiada em informações georreferenciadas na documentação de superfícies arqueológicas. Tais técnicas pretendidas possibilitarão o mapeamento remoto georreferenciado com a mínima intervenção em ambiente arqueológico. Além disso, o mapeamento georreferenciado possibilita a interação de diversas técnicas de análise espacial e referenciamento geodésico, favorecendo a interpretação das inscrições por arqueólogos e antropólogos.

Os produtos topográficos e cartográficos georreferenciados oriundos de levantamento em campo, necessitam de adequação para melhor aproveitamento das informações, conforme a escala desejada. Monico (2008) comenta a importância da integração do Sistema de Informações Geográficas (SIG) com os dados oriundos da topográfica convencional e do GNSS. O carregamento de dados georreferenciados em ambientes SIG possibilita melhor interação entre diferentes origens geodésicas, permitindo alternar referências geodésicas de posicionamento e de origem de DATUM e escalas de apresentação. *Software open source (software livre)*, como o QGIS®, vêm sendo utilizados por diversos países, por empresas privadas e órgãos públicos, como IPHAN, IBGE e DSG, gerando mapas temáticos, cartas topográficas e aplicações *webservice*.

O QGIS® é um *software open source*, multiplataforma que fornece várias ferramentas para visualização, edição e análise de dados georreferenciados por meio de ferramentas complementares disponibilizadas por usuários desenvolvedores (QGIS®, 2017). O QGIS® possui plataforma com operação intuitiva e excelentes ferramentas para o processamento e análise de informações geográfica (DSG, 2017). Versando sobre ferramentas SIG em plataforma QGIS, o DSGTools é um *plugin* que permite o usuário criar produtos cartográficos de acordo com as especificações técnicas, possibilitando a manipulação de feições complexas (criação, edição, remoção, *zoom*, associação e desassociação), acesso ao mapa índice de produtos vetoriais e matriciais do BDGEx e outras funcionalidades (DSG, 2017).

Ferramentas que possibilitam a interação de dados geográficos possuem grande importância para estudos arqueológicos, uma vez que diversas fontes de informações espaciais podem relacionar-se com a mesma referência de origem geográfica. De acordo com Perin et al. (2016), a plataforma QGIS® fornece ferramentas necessárias para análise de acurácia posicional de ortomosaicos gerados com utilização de produtos fotogramétricos oriundos de *drones*. Uma das ferramentas auxiliares para análise geométrica é os complementos CadTools (ferramentas semelhantes à plataforma CAD) e *Azimuth and Distance* (gerador de memoriais, fatores de achatamento e convergência meridiana). A possibilidade de gerar plantas topográficas com informações adicionais facilita a operacionalidade do usuário, minimizando erros sistemáticos e possibilitando referências geodésicas para interpretação de informações.

Coletas de vestígios em ambientes arqueológicos necessitam de representação em planta topográfica (PALERMO; LEITE, 2013; MELO, 1971; UCHÔA; GARCIA, 1981). A planta topográfica deve fornecer informações suficientes para identificações de feições em campo. Lemos (2002) comenta a importância que a planta topográfica teve em escavações arqueológicas no início do século XX, necessidades também apontadas por Harris (1989). Neste contexto, a investigação intensiva de vestígios depende, também, dos registros desenhados em plano ou mapa, principalmente de pequenas feições (BICHO, 2012). Em caso específico, Fernández (2016) evidencia a importância de planta topográfica no mapeamento de superfícies contendo petróglifos. Mendonça de Souza et al. (1982) utilizaram limitados croquis com orientação magnética do Norte para transcrever feições de petróglifos no projeto de mapeamento arqueológico regido pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Procedimentos que possibilitam aferir a qualidade posicional de produtos cartográficos e topográficos distinguem como métodos indispensáveis para garantir que os dados coletados em campo atendem às tolerâncias mínimas para escala de trabalho. A análise dos problemas e dos conceitos do Decreto-lei nº 89.817/1984 e da NBR-13.133 mostrou-se bastante esclarecedora para a compreensão de como foram definidas as tolerâncias e como é o procedimento de execução da avaliação de acurácia posicional do Decreto-lei, já que esse é o ponto de conflito para o uso da legislação (SANTOS, 2017). Atendendo ao Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, que prevê a implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), cabe à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), nos termos do estabelecido no §1º e no §3º do art. 15, do Cap. VIII, do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, elaborar a norma cartográfica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) utilizada como referência para o Espaço Geográfico Brasileiro (DSG, 2016).

Com o advento do SIG apoiado a Sistema Geodésico de referência, os valores das coordenadas planas e altitudes amplificam as possibilidades de análise da qualidade de produtos georreferenciados. A qualidade posicional absoluta contempla a comparação entre coordenadas homólogas originadas de sistema de referência conhecido, enquanto que, a qualidade posicional relativa representa a comparação

entre pontos homólogos, originados de sistema de coordenadas pré-estabelecido, conforme descrito por Marotta e Vieira (2005).

O levantamento de feições terrestres com utilização de sensores remotos deve acompanhar processo de avaliação posicional do produto gerado, garantindo a viabilidade metodológica de experimentos. Santos (2017) afirma que na avaliação da acurácia posicional em dados espaciais, é essencial identificar incoerências e o nível de precisão das informações.

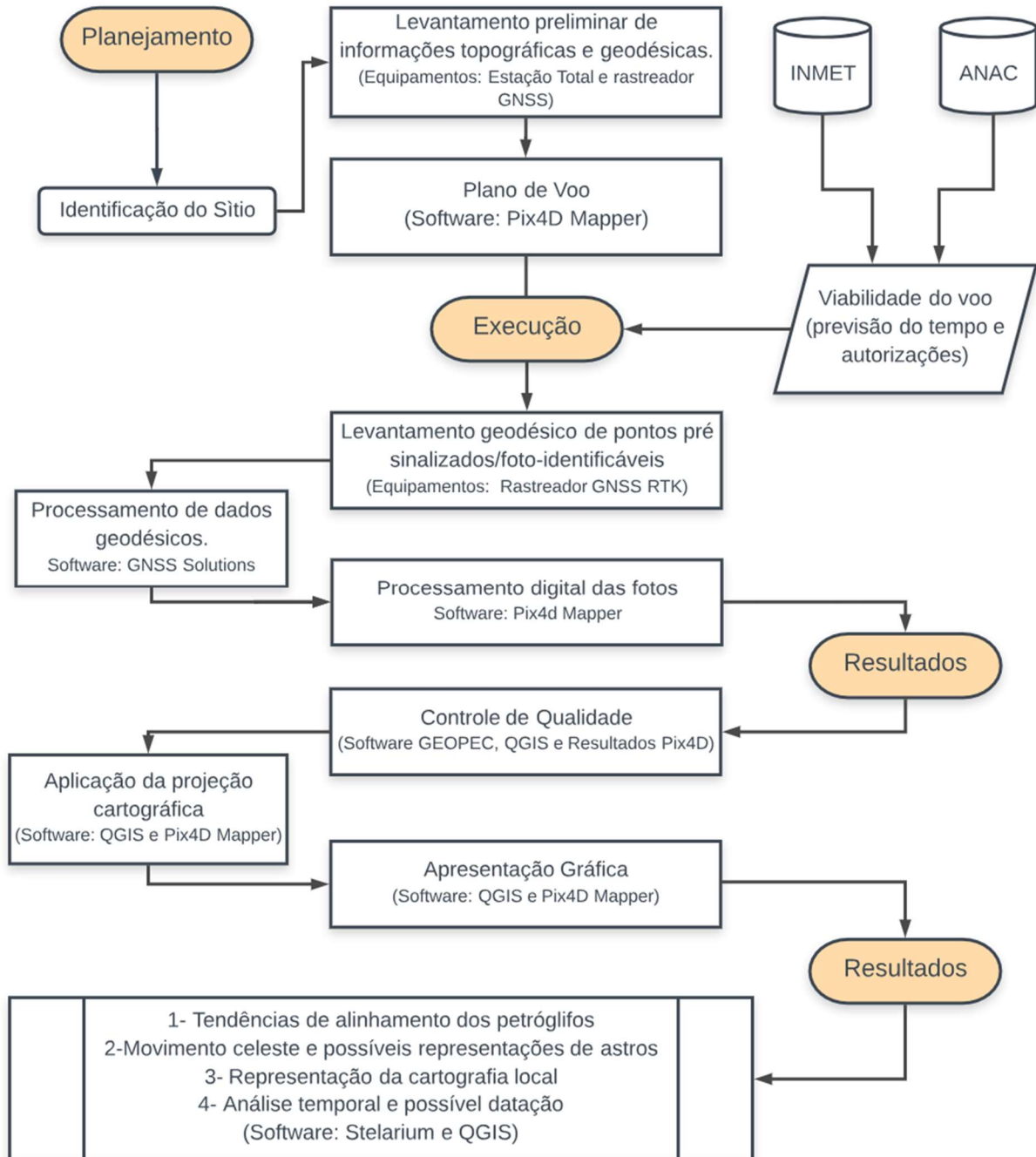
. Moreno et al. (2013) comentam a necessidade de realizar estudos utilizando PEC para definição de precisões de produtos gerados por *drones*. Após estudo de produtos fotogramétricos, Peres (2007) sugere que, para melhor análise da qualidade, sejam distribuídos pontos pré-sinalizados, isto é, antes do voo deve-se marcar os pontos de apoio no terreno, objetivando maior precisão na medição das coordenadas de fotografia. No Brasil, a avaliação pode ser feita a partir do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) definido no Decreto-Lei nº. 89.817 de 1984, que regulamenta a classificação dos produtos cartográficos quanto à sua acurácia posicional e pela Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), documento este ligado à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), que pode ser aliado ao Decreto-lei nº 89.817 para uma avaliação mais rigorosa de produtos cartográficos digitais (SANTOS et al., 2016).

Em meados de 2010 e após reuniões da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), em razão de nova interpretação de PEC aplicada a dados digitais, passaram a ser questionados os parâmetros estabelecidos para produtos impressos. Diante disso, Santos et al. (2016) comenta que os valores referentes ao Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), extraídos da Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG), sofreram adaptação dos propostos para os produtos digitais, produzidos após a publicação da ET-PCDG, e complementando o que foi estabelecido no Decreto nº 89.817.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e métodos empregados no trabalho estão relacionados no fluxograma representado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxograma dos material e métodos

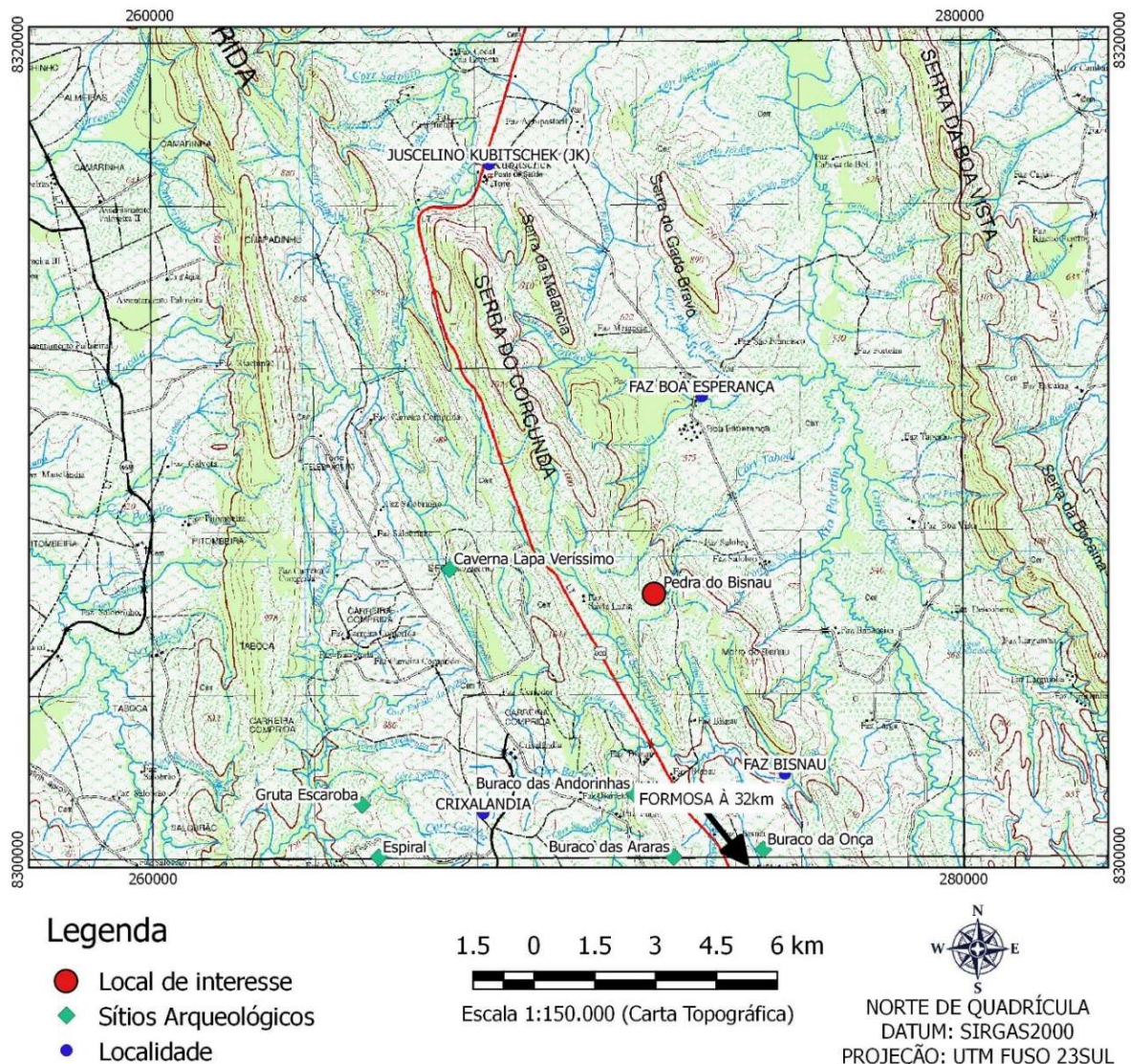


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Estado de Goiás, Distrito de JK, do município de Formosa. A Figura 19 ilustra a planta de situação do Sítio Arqueológico do Bisnau.

Figura 19 - Planta de situação do Sítio Arqueológico do Bisnau



De acordo com a Figura 19, o Sítio está localizado no município de Formosa/GO, distante cerca de 52 km da sede municipal e 122 km de Brasília/DF. Próximo à BR-020, o ambiente arqueológico está localizado Morro do Bisnau, localizado entre a Serra do Corcunda e a Serra da Capetinga, ambas paralelas a BR 020, antecedendo o vão da Bacia do Rio Paranã, conforme caracterização de Mendonça de Souza et al. (1979). Pela carta topográfica, em escala mais ampliada, a Pedra do Bisnau está situada próximo ao Córrego Taboal, afluente do Rio Paraim, onde o Córrego Bisnau está localizado ao Sul, região norte ao divisor de águas delimitado pelo Morro do Bisnau, onde as principais sedes rurais no entorno do Sítio são as Fazendas Salobro, Santa Luzia, Capetinga e Bisnau.

De acordo com o Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), o Sítio do Bisnau está localizado a 10 km da margem do polígono prioritário de preservação ambiental, polígono este que envolve parte da Bacia do Paranã e Região da Chapada dos Veadeiros. A região do Bisnau contém diversos sítios contendo vestígios arqueológicos e espeleológicos, como a Gruta Lapa da Lontra, Buraco das Araras,

Buraco das Andorinhas, Cachoeira do Bisnau e Toca das Onças (PEÑA; SOARES; MAGALHÃES, 2017). O local do Sítio possui característica geomorfológica regional de aplainamento com dissecação muito fraca, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas com sistemas lacustres associados, onde o neossolo predomina às margens do sítio (GOIÁS, 2017).

4.1.1 Autorizações de acesso

As pesquisas arqueológicas são autorizadas pelo Iphan, por meio do Centro Nacional de Arqueologia/CNA, seguindo diretrizes da Portaria Sphan nº. 07, de 01 de dezembro de 1988 (IPHAN, 2017). Outros marcos legais também orientam a autorização/permissão das pesquisas arqueológicas em território nacional, como a Portaria Interministerial nº. 60, de 24 de março de 2015, especialmente no que se refere ao licenciamento ambiental, regulado no Anexo 2-D, e a Instrução Normativa 001, de 25 de março de 2015.

Conforme reunião realizada no CNA, os técnicos orientaram que a autorização tem como objetivo avaliar os projetos de pesquisas arqueológicas, em cumprimento à Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961 e demais documentos normativos que possuem requisitos para acesso a pesquisa arqueológica. Após análise prévia, os técnicos informaram que o presente trabalho acadêmico não possui característica exploratória física uma vez que o acesso ao sítio se faz de forma remota e não possui atividades arqueológicas diretamente relacionadas com a exploração do ambiente, escavações, retirada de amostras e degradação residual. Entende-se ainda que o local é visitado constantemente e que pretende-se ampliar as formas de preservação e limitação de acesso.

4.1.2 Equipamentos geodésicos e softwares

Para o planejamento do voo foi necessário levantar o polígono que envolve as inscrições rupestres utilizando equipamento geodésico de precisão. Nesse sentido, foram utilizados equipamentos com as características técnicas recomendadas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Características técnicas dos rastreadores geodésicos

Equipamento	Frequência	Satélites	Precisão
Promark 500 Magellan	L1/L2, P e CA	GPS e GLONASS	3mm + 0,5ppm
Promark 3 Magellan	L1, P e CA	GPS e GLONASS	5mm + 0,5ppm

Fonte: <http://MagellanGPS.com>

Foi efetuado o transporte de coordenadas a partir do serviço de posicionamento absoluto PPP, disponível na plataforma *online* do IBGE. No âmbito do processamento

de dados GNSS, foi adotado o SIRGAS2000 como referencial geodésico, que, de acordo com a Resolução nº 1 (IBGE, 2005), é o sistema de referência geodésico oficial do Brasil. Para determinação dos limites do Sítio, foi utilizado um rastreador geodésico em modo cinemático, onde foi percorrido os limites do sítio e posteriormente realizado o processamento absoluto utilizando o serviço PPP-IBGE. Além da identificação dos limites da área de estudo, fez-se necessário o levantamento de informações relacionadas aos acidentes físicos e obstáculos localizados na superfície do Sítio, necessitando, assim, de equipamento topográfico para leitura de ângulos e distâncias. Na Tabela 2 são apresentadas as características técnicas do equipamento topográfico utilizado.

Tabela 2 - Características técnicas da estação total

Equipamento	Leitura	Precisão
Leica TCR 407	Sem alvo (<i>Laser</i> 250 m)	3 mm + 2 ppm e 7" angular

Fonte: <http://leica-geosystems.com>

As coordenadas do ponto de base local, previamente estimadas pelo serviço PPP-IBGE, foi ocupado com a estação total e as medidas dos obstáculos foram efetuadas externamente ao sítio, utilizando técnicas de leitura a *laser* disponíveis no equipamento. Foi levada em consideração a referência de altitude ortométrica gerada pelo MapGEO, embutido no processamento online do PPP/IBGE, uma vez que, a estação total foi instalada em ponto conhecido previamente processado. Para o processamento dos dados oriundos dos equipamentos, edição dos insumos e finalização do layout, foram utilizados os softwares apresentados na tabela a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 – Softwares e complementos utilizados

Software	Versão	Destinação
GNSS Solutions	3.0	Pós processamento de dados GNSS e RTK
MapGEO	2015.1.0	Cálculo da ondulação geoidal
Pix4D@Capture	<i>Device</i> APP 4.031 (421)	Planejamento de voo para drones.
PIX4D@Mapper	Educacional 3.3.24	Processamento de imagens para Drone
QGIS	2.18	Análise espacial, edição e preparação de vetores, construção do layout e apresentação gráfica
Anamaker	1.08	Construção de anaglífos
GeoPEC	3.4	Análise espacial conforme PEC-PCD
Stellarium	0.17.0	Análise do posicionamento estelar
Sol-Ar	6.2	Análise do movimento solar local

4.2 PLANO DE VOO

Após medições realizadas com a estação total e o rastreador geodésico, foram levantadas informações dos limites demarcados do Sítio e de obstáculos existentes na região. Com as características topográficas do terreno e os limites de interesse definidos, foi possível avaliar as restrições impostas pelo ambiente e projetar as linhas de voo com a utilização do aplicativo PIX4D®Capture *Mobile Device APP*, versão 4.031 (*build* 421). Para tanto, foram adicionadas as restrições de voo apresentadas na Tabela 4, buscando-se atender à necessidade do mapeamento, oferecendo segurança e qualidade no deslocamento do *drone* sobre a superfície do Sítio na data de 19/05/2017, definida para decolagem.

Tabela 4 - Restrições de Voo

Restrição	Valor máximo	Valor adotado
Resolução espacial (GSD)	15 mm	8 mm
Altura mínima de voo	20 m	30 m ou 98 pés
	Obstáculo (15 m)	
Recobrimento das fotos <i>Overlap</i> lateral/frontal	80%/90%	70%/80%
Horário de voo	Incidência Solar Nadir 10° (<i>Software Sol-Ar</i>)	Nadir + 10° 12/14h00 UTC
Orientação da linha de voo	Azimute Verdadeiro 350° a 10°	Azimute Verdadeiro 0°
Condições climáticas	Velocidade de voo 0,5 a 1m/s. (Ventos de NNE 0,5 m/s)	Velocidade de voo 0,69 m/s (Atende à velocidade de voo sugerida pelo fabricante)

Fonte: INMET (2017).

O horário para o voo, além de atender o melhor ângulo solar, possibilita o sobrevoo do sítio sem possíveis obstáculos humanos uma vez que, o período escolhido para o voo possui o sol do nadir, em período mais quente do dia com pouca movimentação de turistas. A segurança do voo é primordial para realização adequada do sobrevoo, onde a aeronave não tripulada necessita ser confiável e adequada as normas brasileiras especificadas pela ANAC e ANATEL. O *drone* Mavic PRO, fabricado pela empresa DJI, foi utilizado no mapeamento pretendido. A Tabela 5 apresenta as características técnicas do equipamento.

Tabela 5 - Características técnicas do Mavic PRO

Característica	Descrição
Quadricóptero	<i>Drone DJI Mavic PRO</i>
Processamento	24 processadores
Câmera segurança	4 câmeras visuais para navegação e identificação de obstáculos
Câmera específica	1 Sensor 1/2.3"CMOS FC220, pixels efetivos 12,35 megapixels, Gimbal de 3 eixos e FC 4.7 mm ISO 100-1600
Frequência de operação	2.400 GHz a 2.483 GHz ANATEL certificado nº 01399-17-10170 (Anexo C)
Rastreador geodésico	L1: GPS e GLONASS
Velocidade de operação	Velocidade máxima de subida 9,8 ft/s (5 m/s) em modo esporte. Velocidade máxima de descida 9,8 ft/s (3 m/s) Velocidade máxima no modo esporte sem vento de 40 mph (65 km/h)
Peso	Peso (incluindo a tampa do gimbal) 1,64 lbs (743 gramas)

Fonte: DJI(2017).

Para alcançar os objetivos propostos no mapeamento, as características do voo, bem como as restrições, foram adicionadas ao aplicativo PIX4D®Capture, no qual foi possível adequar as necessidades do mapeamento e operacionalizar o voo. Visando a adequação técnica para execução do voo, algumas configurações adicionais foram executadas e replicadas para o aplicativo PIX4D®Capture, são elas:

- a) configuração de voo automático, seguindo o plano pré-estabelecido;
- b) configuração ISO 1600 da câmera FC 220, atendendo ao GSD pretendido;
- c) interação de dados meteorológicos do INMET;
- d) adequação do plano de voo regulamentado; e
- e) altitude máxima de voo de 120 pés¹⁹ da superfície (ANAC, 2017).

A Figura 20 ilustra o drone Mavic no ponto de decolagem, localizado em área adjacente aos painéis do sítio arqueológico.

¹⁹ O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94, publicado em 3 de maio de 2017, determina que *drones* Classe 3, que operem além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m), deverão ser de projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registrados e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.

Figura 20 - Drone MAVIC no ponto de decolagem



O plano de voo foi cadastrado nos sistemas de controle de tráfego aéreo, atendendo ao artigo 14, §4º, da Lei nº 7.565, do Código Brasileiro de Aeronáutica, pretendendo a coordenação entre os usuários do espaço aéreo em prol da segurança operacional. Foi efetuada homologação da estação de pilotagem remota junto à ANATEL, obtendo-se o certificado nº 01399-17-10170. Posteriormente, foi efetuado cadastro no sistema SARPAS, formalizado pelo Ofício nº 214(SEI)/2017/GOAG/SPO-ANAC, gerando autorização para utilização do equipamento via registro ANAC de código PR-197304049. Toda documentação encontra-se relacionada no Anexo C. Não se requereu autorização de utilização do espaço aéreo emitida pelo DECEA, uma vez que o plano de voo não ultrapassava 120 metros e estava locado em região sem tráfego de aeronaves.

Foram georreferenciados os pontos de controle fotogramétrico denominados *Ground Control Points* (GCP) e pontos de verificação/checagem denominados *Check Points* (CP). Para ocupação dos pontos GCP e CP, foi utilizada uma base nivelante na superfície do alvo, nivelando-o e medindo a altura com paquímetro do solo até a base do entalhe da antena geodésica. Tal detalhamento é descrito por Monico (2008), evidenciando a necessidade de diferenciar o centro de fase da antena ao solo. O rastreamento dos pontos GCP e CP foi realizado pelo método relativo com apoio da tecnologia RTK, observando a solução fixa para todos os pontos. Além do modo de posicionamento RTK. A Tabela 6 apresenta as informações específicas dos rastreios.

Tabela 6 - Detalhes do rastreo geodésico

Equipamento	Tempo mínimo (segundos)	Sinal de rastreo (frequência)
Promark 500 (base) - L1/L2	1.800	Transporte L1/L2
	-	Apoio para Rover RTK
Promark 3 (rover)- L1	3	Rastreo RTK

Para melhor precisão e redução de erro sistemático na centralização do alvo, foi utilizada base nivelante emborrachada para alinhamento do eixo da antena com o do alvo, sem danificar a superfície. A Figura 21 mostra a instalação do equipamento geodésico sobre alvo CP.

Figura 21 - Antena do rastreador geodésico sobre o alvo (Ponto CP)



Gerke (2017) e Perin et al. (2016), utilizaram o software Pix4D, seguindo recomendações do mesmo para quantidade de pontos de apoio (GCP e CP). A escolha da quantidade de GCPs seguiu a mesma recomendação sugerida pelo *software* PIX4D®Mapper e testadas pelos autores supracitados. De acordo com Pix4D (2016), a modelagem do bloco dá-se a partir de pontos homólogos e algoritmos de processamento, gerando pontos de controle internos ao bloco, sendo suficientes entre 5 a 10 pontos de controle por bloco fotogramétrico. Optou-se por utilizar 5 (cinco) pontos GCP as margem dos painéis rupestres com alvo foto-identificável e pré

sinalizado e 6(seis) pontos CP foto-identificados, sem pré-sinalização, utilizando as próprias inscrições como referência de checagem.

O voo foi cadastrado no sistema SARPAS para o dia 19 de maio de 2017. A aeronave decolou por volta de 12:07h, realizando o imageamento com duração de 6 minutos. A decolagem foi realizada em cota superior à média do relevo do terreno, onde o *drone* atingiu a média de 90 pés na parte mais alta do relevo e 120 pés na parte mais baixa. Sendo assim, foi realizado novo plano de voo com ponto de decolagem em altitude média da área, possibilitando melhor distribuição altimétrica e sobrevoo de 110 pés ou 33 metros aproximadamente do solo. Com objetivo de minimizar o erro ortométrico, apenas a altitude da base foi convertida para altitude ortométrica, replicando para os demais pontos as correções com a altitude redefinida.

Para o pós-processamento da base, foi necessário converter os arquivos para arquivos de formato RINEX²⁰, carregando-os no Sistema PPP. Posteriormente o ponto base bem como os arquivos emitidos pelo Sistema PPP foram importados para o *software* GNSS Solutions versão 3.0, objetivando o pós-processamento relativo dos pontos RTK. O pós-processamento (Apêndice A) dos pontos foi realizado utilizando o *Software* GNSS Solutions, importando os dados oriundos do Sistema PPP (base) e arquivos do rastreador RTK (rover). Após o pós-processamento dos pontos GCP e CP, as altitudes ortométricas foram adquiridas utilizando o *software* MapGEO 2015.

4.3 PROCESSAMENTO DIGITAL

Para o processamento fotogramétrico, foi utilizado o *Software* PIX4D@Mapper Pro, versão 3.3.24, disponibilizado pela empresa PIX4D@Company (Lausanne, Suíça), com fornecimento da licença de código 'bae7751c' (ANEXO C), em modo educacional de 45 dias e o aplicativo PIX4D@Capture *Mobile Device* APP versão 4.031 (build 421) com uso ilimitado para plataformas Android e IOS. Para a preparação dos dados, antes do processamento, foram efetuadas as seguintes configurações, conforme descrito abaixo:

- a) importação das fotos com metadados contendo referência espacial orientada pelo Sistema de Referência WGS84 (conversão para o Sistema de Referência SIRGAS 2000 e projeção Universal Transversa de Mercator no Fuso 23, hemisfério sul);
- b) exatidão da geolocalização configurada como de processamento lento;
- c) unidade de medida métrica com 3 (três) casas decimais (padrão do PIX4D@Mapper);
- d) seleção do módulo *3D Maps* com apoio na geração de Ortomosaico, DSM, 3D *Mersh* e *PointCloud*;

²⁰ *Receiver Independent Exchange Format* é um formato de intercâmbio de dados GNSS que permite ao usuário publicar dados GNSS para produzir resultado mais preciso – geralmente com outros dados desconhecidos para o receptor GNSS original ou vice-versa.

- e) importação da tabela de pontos GCP e indicação dos alvos de controle foto identificáveis;
- f) opção de processamento lento para evitar sobrecarga da memória de processamento 'RAM'; e
- g) habilitação de uso do algoritmo de busca para identificação de pontos em diferentes fotos.

Os procedimentos automatizados que foram executados pelo *software* PIX4D®Mapper estão relacionados a seguir:

- a) Processamento Inicial (*Quality report*): refino dos metadados dos arquivos no formato .img importados. Análise de compatibilidade de metadados.
- b) Malha e Nuvem de Pontos: criação da malha de pontos para densificação do modelo 3D na preparação do processamento destinado à obtenção de modelos digitais de superfície e terreno. A malha de pontos também possui objetivo de gerar a textura de apoio para máscara que será aplicada ao modelo digital. A etapa gera uma superfície composta de triângulos, não sendo necessariamente triângulos em malha correspondente à uma nuvem de pontos devido à otimização do *software*. Durante o processamento são aplicados algoritmos para identificação de pontos homólogos e aplicação de ajuste do bloco.
- c) Aplicação de pontos de controle e checagem: a opção de ponto de controle não é atrelada ao processamento isolado do bloco. O *software* utiliza pontos de controle apenas para orientar todo o bloco processado e posterior aplicação dos pontos de *check* para aferir a qualidade do bloco orientado.
- a) Aerotriangulação: com a geração da nuvem de pontos, a aerotriangulação é processada utilizando algoritmos para correção diferencial das fotos, possibilitando calibração imediata do dado bruto. O algoritmo de triangulação, utilizado pelo *software*, é baseado na triangulação de Delauneu²¹, em razão de ser um método recomendado para áreas planas, sendo uma pré configuração para mapeamento topográfico do *software* PIX4D®Mapper.
- b) MDS/MDT: geração dos modelos digitais de superfície e terreno com aplicação de máscaras e classificação. Devido à aplicação para suavização de ruídos, a superfície poderá apresentar áreas com pequenos solavancos errôneos. A suavização da superfície será executada, permitindo a correção de erros. O presente método permite a aplicação de novas suavizações utilizando o classificador pixel a pixel para o vizinho mais próximo. Os filtros para geração do MDT a partir do MDS leva em consideração a geração de pontos homólogos, para os quais são filtradas superfícies em movimento (possível vegetação) e objetos com respostas espectrais distintas para diferentes fotos.

²¹Triangulação de Delauneu: para conjunto de pontos P é uma triangulação DT(P) onde nenhum ponto em P está dentro da circunferência formada por qualquer triângulo na DT(P). Assim, a Triangulação de Delaunay maximiza o menor ângulo de todos os triângulos na triangulação, evitando os com ângulo interno muito pequeno.

- c) Geração do ortomosaico: preparação de insumos (aerotriangulação, modelo digital e textura) para processamento do mosaico orientado ao bloco fotogramétrico, realizando autocalibração simultaneamente com a aerotriangulação. Com a geração da ortofoto, pode-se iniciar a etapa de identificação e vetorização das feições.
- d) Volume/Modelo 3D: com a opção do modelo 3D e nuvem de pontos, o *software* possibilita a utilização de visualizações por método de filmagem e navegação simulada no modelo digital.

4.4 EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES

Pelo *software* QGIS® 2.18, com auxílio do segmentador Orfeo Toolbox 6.0, foi efetuada a segmentação de todo o ortomosaico. Para extração das feições via segmentação, foi utilizado o algoritmo *mean-shift (multi-threaded)*, disponível no Orfeo Tool Box, em que foram preenchidos os parâmetros de pré-processamento constantes na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros definidos para o segmentador *Mean-Shift*

Parâmetro	Valor	Justificativa
<u><i>Spatial radius</i></u> : Raio espacial da vizinhança.	2	Considerando a resolução espacial, o sulco do petróglifo tem dimensão mínima de 3 pixels.
<u><i>Range radius</i></u> : Valor do raio de alcance (expresso em unidade de radiometria) no espaço multiespectral.	5	Considerando a resolução espacial, o sulco do petróglifo tem dimensão média de 5 pixels.
<u><i>Mode convergence threshold</i></u> : Limite de convergência de modo onde o esquema iterativo de algoritmo irá parar se o vetor de mudança média for inferior a esse limite.	0,1	Valor padrão sugerido por Orfeo ToolBox project homepage. (http://www.orneo-toolbox.org/)
<u><i>Maximum number of interations</i></u> : o esquema iterativo de algoritmo irá parar se a convergência não tiver sido alcançada após o número máximo de iterações.	100	Valor padrão sugerido por Orfeo ToolBox project homepage. (http://www.orneo-toolbox.org/otb/)
<u><i>Minimum number of interations</i></u> : tamanho mínimo de uma região (na unidade de pixels) na segmentação. <i>Clusters</i> menores serão mesclados ao <i>cluster</i> vizinho com a radiometria mais próxima.	50	Considerando 50% do valor padrão sugerido por Orfeo ToolBox project homepage. (http://www.orneo-toolbox.org/otb/)
<u><i>Processing mode</i></u> : Segmentação em larga escala baseada em mosaico com saída vetorial. Neste modo, o aplicativo exibirá arquivo vetorial e processará a imagem de entrada por partes.	Ativado	Devido à imagem possuir aproximadamente 500 megabits a opção foi ativada, separando a segmentação em 8 blocos.

Fonte: Guia Orfeo Toolbox 6.0 (2017), disponível no *menu do software*.

Foram realizados outros testes alternando os valores dos parâmetros *Espatial Radius*, *Range Radius* e *Minimum number of iterations*, em que os resultados satisfatórios foram indicados e descritos na Tabela 6. Após a segmentação do ortomosaico, os vetores foram sobrepostos à imagem do ortomosaico, onde foram utilizadas as seguintes ferramentas para seleção e vetorização dos sulcos (Tabela 8).

Tabela 8 - Ferramentas utilizadas para vetorização

Ferramenta	Uso
CadTools® 0.6.2	Ferramenta de edição similar à plataforma CAD para edição vértices de polígonos e vetores isolados.
DSG Tools® 3.1.2	Ferramenta de seletor genérico, possibilitando a ativação de edição de vetores apenas com seleção simples. Ferramenta para melhoria de contraste linear de 2% do ortomosaico.
Vetor (QGIS® 2.18.16)	Dissolver polígonos selecionados e eliminar fragmentos de polígonos.
Geometria (QGIS® 2.18.16)	Simplificar geometrias de polígonos utilizando o parâmetro de 0,016 de tolerância.
Opções (QGIS® 2.18.16)	Configuração de <i>snap</i> , garantindo a precisão na vetorização sobre segmentação e auxílio na vetorização sobre camadas com níveis de prioridade de seleção.
<i>Azimuth and distance</i> ® 1.0.1	Calculadora de azimute de linhas e polígonos para projeções planas e outras funções.

Fonte: Repositório QGIS (2017).

Para análise de tendência dos sulcos, os segmentos representativos sobrepostos aos sulcos foram os polígonos representativos dos sulcos dos petróglifos. Utilizando as ferramentas/complementos Vetor, Geometria e Opções foi possível gerar eixos médios de tendência das geometrias, onde foi criado o azimute médio utilizando o complemento *Azimuth and Distance*. Os croquis relacionados aos sítios dos municípios de Jussara e Jaupaci, foram rotacionados considerando o azimute magnético adicionado a declinação magnética que foi obtida por consulta a calculadora *online* do Observatório Nacional, rotacionada com auxílio dos complementos *CadTolls* e Geometria e analisada utilizando o complemento *Azimuth and Distance*.

Para melhor apresentação gráfica, foi utilizada a ferramenta de suavização denominada *v.generalize.smooth*, disponível no GRASS GIS® 7.4.0, complemento do QGIS® 2.18. A Tabela 9 apresenta os parâmetros utilizados no suavizador de vetores.

Tabela 9 - Parâmetros definidos para o v.generalize.smooth (GRASS GIS 7)



Parâmetro	Valor	Justificativa
<i>Method</i> : método para algoritmo de processamento.	<i>Snake</i>	O algoritmo de suavização <i>snake</i> ou cobra foi escolhido por representar anatomicamente as feições geométricas dos sulcos.
<i>Maximal tolerance value</i> : valor máximo de tolerância para suavização de vetores.	1	Valor padrão sugerido por GRASS GIS.
<i>Look-ahead parameter</i> : parâmetro frontal de leitura das feições.	7	Valor padrão sugerido por GRASS GIS.
<i>Slide of computed point tow the original point</i> : limite de deslocamento do ponto deslocado para o ponto original.	0,016	Considerando o sulco superior a 3 pixels, foi utilizado o limite de deslocamento máximo de 2 pixels ou 16 mm.
<i>Minimum angle between two consecutive segments in hemite method</i> : ângulo mínimo entre dois segmentos vetoriais consecutivos para considerar no método de processamento.	3	Valor padrão sugerido por GRASS GIS.
<i>Snakes alpha parameter</i> : parâmetro <i>alpha</i> de cobras, com opção de seleção para método <i>snake</i> , selecionado anteriormente.	1	Valor padrão sugerido por GRASS GIS.
<i>Snakes beta parameter</i> : parâmetro <i>beta</i> de cobras, com opção de seleção para método <i>snake</i> , selecionado anteriormente.	1	Valor padrão sugerido por GRASS GIS.

Fonte: Descrição de funções disponível no Guia GRASS GIS 7.

Para apoio durante a aquisição das informações com uso da segmentação, foi gerado o anaglifo do painel principal de petróglifos com utilização do software Anamaker, versão 1.08. A escolha dos pares estereoscópios foi baseada nas regiões com maior densidade de inscrições, objetivando assim evidenciar os sulcos predominantes no corpo dos petróglifos e identificar a profundidade das inscrições. Após processamento via software PIX4D®Mapper, as fotos foram exportadas para o software Anamaker®, versão 1.08, onde os parâmetros de posicionamento e orientação foram utilizados no ajustamento do anaglifo.

Abaixo (Tabela 10), encontra-se o par estereoscópico utilizado para construção do anaglifo.

Tabela 10 - Anaglífos

Anaglifo	Fotos utilizadas (par)
	DJI00942.JPG
	DJI00941.JPG

4.5 APRESENTAÇÃO GRÁFICA

Para apresentação gráfica dos produtos topográficos foi utilizada a plataforma “compositor” do *software* QGIS®. Os insumos gerados como ortofoto, anaglífos, segmentação, MDT e resultados de *software* de astronomia e geodésia foram carregados utilizando ferramentas do QGIS®, apresentando em carta topográfica especial em duas versões, contendo fundo transparente e ortomosaico gerado.

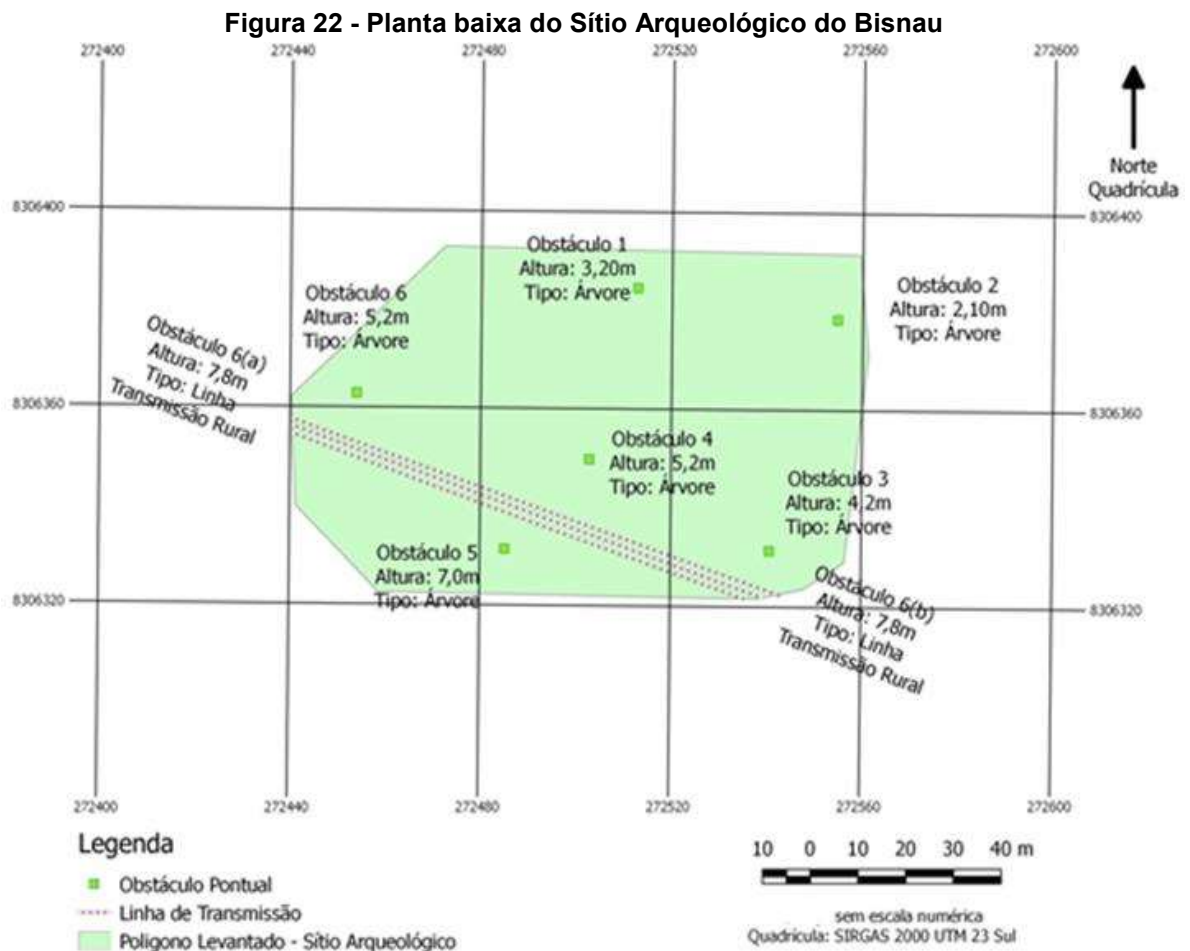
Devido à necessidade de grade regular para facilitar a interpretação das inscrições, foi utilizada a projeção plana UTM. O *layout* utilizado para apresentação foi baseado no modelo publicado pela DSG para cartas topográficas, conforme Norma da Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) (DSG, 2016), para escala cadastral de 1:2.000. O referido *layout* é constantemente utilizado pela DSG para publicação de Cartas Especiais e produtos temáticos para instruções de cartografia, sendo uma versão de bolso, onde dobrada conforme o escalonamento, poderá ser armazenada em formato inferior ao A4 com guia de dobra específica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das técnicas e possibilidades apresentadas nos métodos, a presente pesquisa obteve resultados contendo inúmeras informações que serão discutidas nos subtítulos seguintes. Discussões sobre técnicas e resultados relacionados à área de fotogrametria serão apresentados de forma crítica e ampliada, onde os resultados que envolvam análise arqueológica e antropológica serão apenas comentados, sugerindo possibilidades a serem desenvolvidas por especialistas da área.

5.1 LEVANTAMENTO GEODÉSICO

Após realizar medições com utilização de rastreador geodésico e estação total, foi possível identificar o polígono de interesse bem como os obstáculos existentes no local. A Figura 22 apresenta a planta baixa contendo o polígono de interesse de obstáculos existentes na superfície no local do mapeamento.



De acordo com Sonnemann, Ulloa Hung e Hofman (2016) e após ratificações de Arias, Campitelli e Neto (2017), resultados positivos em mapeamento por *drone* dependem diretamente do planejamento de voo. Os obstáculos pontuais, bem como acidentes naturais, foram utilizados para definição do plano de voo do Sítio Arqueológico do Bisnau. A utilização de estação total com medição sem prisma foi

essencial para dimensionar os obstáculos contidos na área, ressaltando que não existiu necessidade de adentrar ao Sítio Arqueológico, uma vez que externamente aos limites do sítio foi possível realizar leituras de obstáculos e informações para o plano de voo.

Buscando a facilidade de operação e processamento de dados oriundos de equipamentos geodésicos, optou-se por transportar a base via Sistema PPP devido a facilidade de operação. Com a definição dos limites do Sítio, foi locado ponto de apoio externo à área, aproveitando um marco de divisa da propriedade rural envolvente ao Sítio. Com o rastreo do referido marco, utilizando os métodos de pós-processamento absoluto via Sistema PPP, foi possível adquirir coordenadas do rastreo durante o levantamento preliminar identificada como “Base PPP-1”. Buscando comparar as coordenadas adquiridas pelo sistema PPP, optou-se por efetuar novo rastreo no dia do voo, adquirindo novas coordenadas identificada como “Base PPP-2”, contendo seus respectivos sigmas²², conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Detalhes do ponto Base

Informações	Coordenadas (PPP-1)	Sigma	Coordenadas (PPP-2)	Sigma
Coordenada Este	272484,909 m	0,017	272484,817m	0,004
Coordeanda Norte	8306265,067m	0,004	8306265,051m	0,002
Altitude Elipsoidal	769,630m	0,014	769,460m	0,006
Altitude Ortométrica	783,810m	0,014	783,640m	0,006
Tempo de rastreo	0h33min		3h47min	

Fonte: Relatórios de processamento (Apêndice A).

Conforme Tabela 11, os resultados obtidos com transporte de coordenadas PPP-2 demonstraram resultados adequados para os valores Sigma, comprovando observações contidas no Manual do Usuário *Online* PPP-IBGE (IBGE, 2017) e comentários de Peron et al., (2017). De acordo com INCRA (2013), em sua 1ª Edição da Norma Técnica, o sistema PPP foi sugerido para transporte de base de apoio geodésico com objetivo de atender a precisões e posicionamentos adequados para georreferenciamento rural.

Utilizando o complemento *Azimuth and Distance* disponível no QGIS, foi possível calcular o kappa e a convergência meridiana por meio das coordenadas da base PPP-1 (Tabela 12).

²² Para erros unidimensionais, com 95% de nível de significância, é expressado 1,96 sigma (INCRA, 2013).

Tabela 12 - Dados gerados pelo complemento *Azimuth and Distance*

Referência	Base (processamento PPP-2)
Este (m)	272484,817m
Norte (m)	8306265,051m
Zona UTM	23 Sul
Meridiano central	-45
Kappa	1,00023613016
Convergência em grau minuto segundo	0°33'33.84"

Fonte: Complemento *Azimuth and distance*, QGIS.

Com a ocupação dos pontos de controle (GCP) e checagem (CP), utilizando método relativo com apoio RTK, foi possível obter as coordenadas UTM bem como o sigma de cada ponto, após o processamento utilizando dados da Base PPP-2 emitidos pelo Sistema PPP-IBGE e dados dos pontos GCP/CP replicados pelo rastreador GNSS RTK. Peron et al. (2017), após analisar experimentos de processamento absoluto, comenta que o Sistema PPP possibilita o processamento de dados precisos e com baixa dispersão. A Tabela 13 apresenta as coordenadas pós-processadas utilizando o Software GNSS Solutions (Apêndice B).

Tabela 13 – Coordenadas dos pontos rastreados.

PONTO	TIPO	ESTE	Sigma (E)	NORTE	Sigma (N)
PPP-2	BASE	272484,8170	0,004	8306265,0510	0,002
1001	CP	272522,3227	0,001	8306380,4610	0,002
1002	GCP	272540,2101	0,001	8306363,4720	0,002
1003	GCP	272521,0137	0,001	8306333,3391	0,002
1004	GCP	272490,2063	0,001	8306330,8410	0,002
1005	GCP	272480,8376	0,001	8306361,5048	0,002
1006	GCP	272506,1813	0,001	8306363,3762	0,002
1007	CP	272529,7994	0,001	8306343,3136	0,002
1008	CP	272490,5004	0,001	8306343,3216	0,002
1009	CP	272482,7373	0,001	8306345,9987	0,002
1010	GCP	272468,7699	0,001	8306352,5306	0,002
1011	CP	272524,8769	0,001	8306361,6880	0,002

Devido a necessidade de utilizar as coordenadas em um plano topográfico local, a conversão foi realizada diretamente no Software GNSS Solutions, utilizado para o pós-processamento RTK. Analisando a Tabela 12, foi possível identificar que

o fator 'K' sinaliza que os pontos (Tabela 13) estão sobrepostos ao meridiano secante do fuso, onde os valores de coordenadas que foram convertidas apresentam alteração somente na quarta casa decimal. Observando-se os valores dos Sigmas, foi possível constatar que o levantamento por método relativo com apoio RTK atendeu a precisão esperada, replicando Sigma máximo de 0,002 para todos os pontos.

Utilizando-se o MapGEO 2015, foi obtido valor da ondulação geoidal de cada ponto. A altitude ortométrica de todos os pontos foi calculada utilizando a fórmula " $H = h - N$ " (IBGE, 2015), replicando distintos valores de altitude para cada ponto levantado (Tabela 14).

Tabela 14 – Transformação da altitude elipsoidal para ortométrica.

PONTO	ALTITUDE ELIPSOIDAL (h)	ONDULAÇÃO GEOIDAL (N)	ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H)
1001	788,1123m	14,1800m	786,5777m
1002	781,3148m	14,1800m	787,4220m
1003	776,3171m	14,1800m	786,1555m
1004	779,4451m	14,1800m	788,1243m
1005	787,4119m	14,1800m	781,3189m
1006	786,1404m	14,1800m	777,4695m
1007	777,4641m	14,1800m	776,3311m
1008	782,3997m	14,1800m	782,4088m
1009	783,4373m	14,1800m	779,4531m
1010	786,5743m	14,1800m	783,1293m
1011	783,1244m	14,1800m	783,4456m

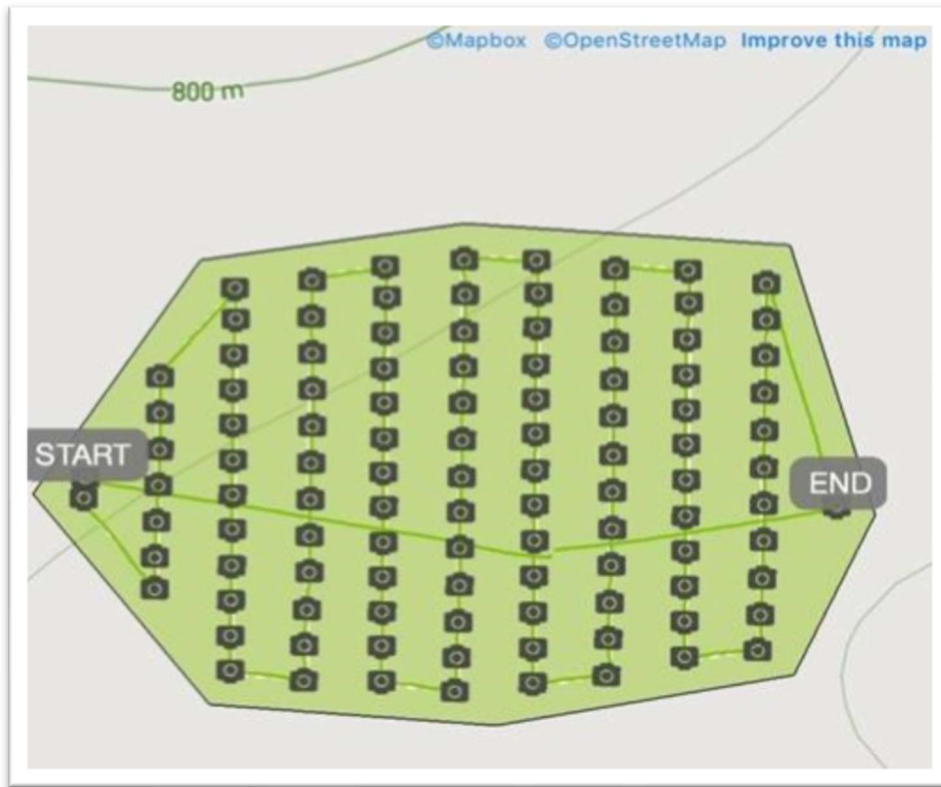
Fonte: Software MapGEO (2015).

Algumas regiões, como o local de estudo, apresentam pouca densificação na malha altimétrica e gravimétrica utilizada para interpolação do modelo geoidal disponível no MapGEO 2015. Desta forma, a ondulação geoidal dos pontos GCP e CP apresentaram o mesmo valor. Os dados exportados do Software GNSS Solutions e MapGEO foram configurados para 4 casas decimais, visando trabalhar o décimo de milímetro, onde a resolução esperada para o ortomosaico é de milímetros.

5.2 PLANO DE VOO

Após determinação dos obstáculos, foi possível gerar polígono de limites do voo com utilização do aplicativo PIX4D®Capture. A Figura 23 apresenta o polígono de planejamento de voo, bem como o posicionamento dos pontos de captura de fotos anteriores à decolagem.

Figura 23 - Plano de voo



Fonte: Pix4D®Capture (2017).

Com o plano de voo definido pelo Pix4D®Capture, foi possível consultar detalhes do voo, replicados pelo aplicativo Pix4D®Capture, conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Prévia das definições do plano de voo – Pix4D®Capture

Parâmetro	Valor prévio
Tempo (linha de voo) pré-definido	4 minutos e 30 segundos
Tempo de manobra pré-definido, calibrações, decolagem e pouso	2 minutos
Direção de voo (norte/sul)	Norte 0,76 graus / Sul 180,76 graus
Velocidade na linha de voo	0,69 metros/segundo (75%)
Ângulo da câmera	90 graus – 0 grau nadir

Fonte: Pix4D®Capture.

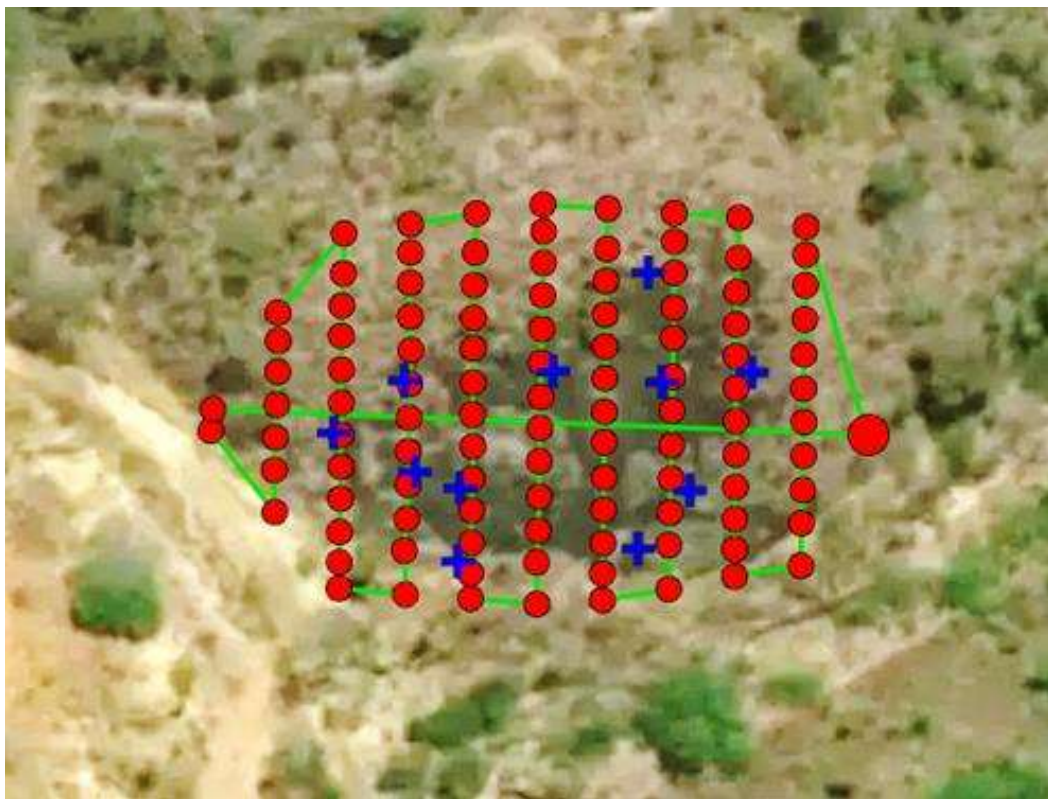
O aplicativo Pix4D®Capture, utilizado para projetar o plano de voo, demonstrou ser uma plataforma gráfica amigável que favoreceu a configuração dos ajustes dos limites do sítio, limites estes importados para o aplicativo utilizando o formato KML, construídos pelo *software* QGIS após o levantamento cadastral preliminar. Foi necessário alterar o posicionamento da decolagem para uma altitude média do relevo do sítio, uma vez que o ponto de decolagem utiliza a altitude como referência principal. A alteração de altitude do imageamento foi necessária para equilibrar o valor do GSD,

onde o terreno possui diferença altimétrica média de 13,5 m (ponto mais baixo para o mais alto), sendo que o *drone* utiliza como base a altitude do ponto de decolagem, necessitando do posicionamento com mais equilíbrio.

5.3 PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO

Após importação das fotos no *software* PIX4D® Mapper foi possível gerar prévia de seu posicionamento (esferas vermelhas) e da trajetória de voo realizada (linha verde), conforme Figura 24, em que os pontos georreferenciados GCP e CP (cruzetas azuis) foram adicionados para visualização sobre imagem de satélite.

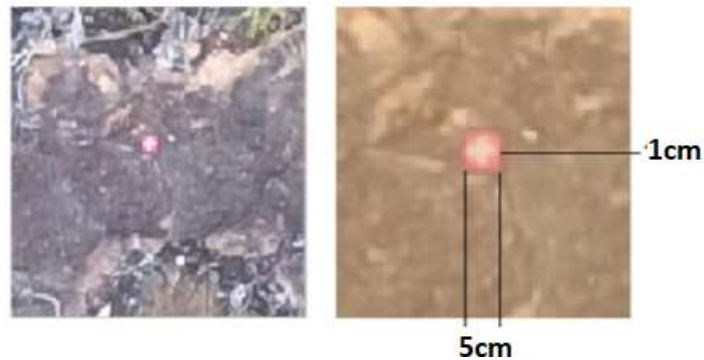
Figura 24 - Prévia da trajetória de voo e pontos de captura de fotos



Fonte: PIX4D (2017).

Os pontos GCP foram distribuídos aleatoriamente pelo perímetro do Sítio, não sendo possível utilizar as mesmas equidistâncias entre pontos devido a existência de vegetação. Os pontos CP foram inseridos internamente a área do Sítio, sem materialização, onde foram utilizados as geometrias dos petróglifos como pontos de checagem. Para os pontos GCP, locados no perímetro dos painéis de petróglifos, foram utilizados alvos plásticos adesivos de baixa aderência, conforme Figura 25.

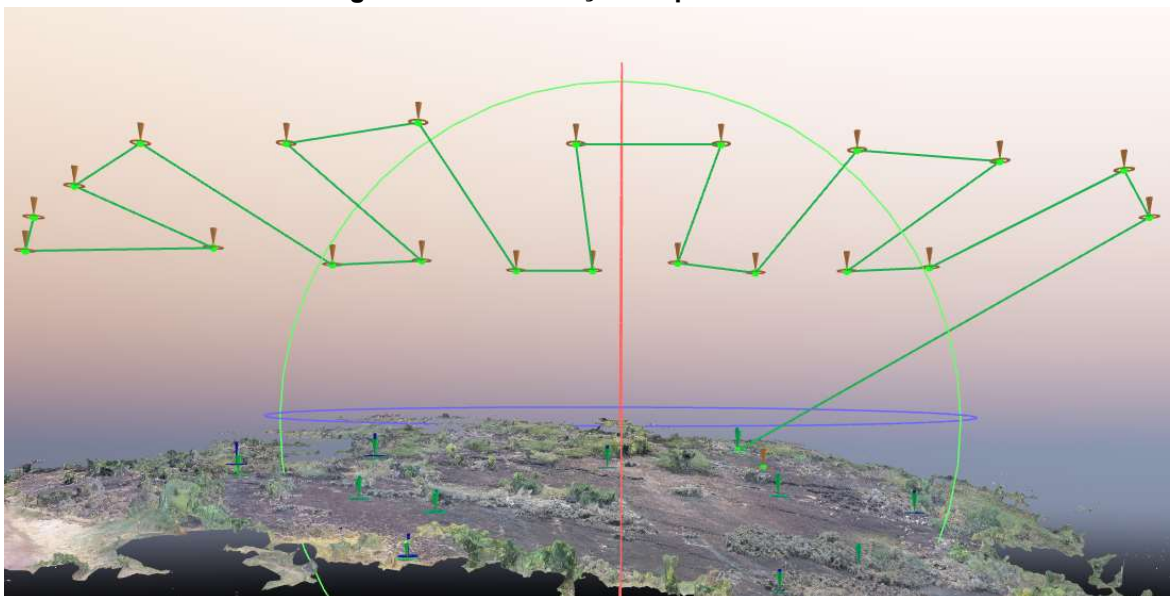
Figura 25 - Alvo 1003 fixado na superfície da rocha com adesivo de baixa aderência.



Foi observada grande dificuldade na localização dos alvos foto-identificáveis implantados no perímetro do sítio, conforme ilustrado na Figura 26. Tal fato teve relação com a resposta espectral das cores utilizadas nos alvos (vermelho e branco). Arias (2017) comenta que a utilização de pontos de controle foto identificáveis é essencial no mapeamento por *drone*, contudo, Almeida (2014) evidenciou que os alvos, sejam eles para pontos GCP ou CP, devem possuir visibilidade suficiente para identificação segura dos alvos. Existiu elevada dificuldade na identificação dos alvos, porém, ao utilizar a ferramenta de localização de pontos disponível no *software* Pix4D®Mapper não ocorreram maiores problemas na centralização do alvo.

Após configuração das 'Opções de Processamento' e início do processamento, o *software* Pix4D®Mapper disponibilizou a visualização da prévia de voo (Figura 26).

Figura 26 - Visualização da prévia de voo



Fonte: Captura de tela do Software Pix4D®Mapper (2017).

Após a finalização do processamento inicial, foram replicados os resultados da prévia da geração do modelo digital de superfície para ambos os processamentos (sem GCP e com GCP), obtendo os resultados constantes da Tabela 16.

Tabela 16 - Resultado da prévia da geração do modelo digital de superfície.

Etapa	Resultado reportado (sem pontos de apoio)	Resultado reportado (com pontos de apoio)
Tempo da etapa inicial de processamento	01h:57m:42s	01h:48m:58s
Otimização da câmera	FC220 4,7mm 4000x3000 (RGB) para 1,62% diferença relativa entre os parâmetros iniciais e otimizados da câmera interna	FC220 4,7mm 4000x3000 (RGB) para 0,93% diferença relativa entre os parâmetros iniciais e otimizados da câmera interna
Conjunto de dados	109 imagens ativadas	109 imagens ativadas
Média correspondente	9481,04 correspondências por imagem calibrada	9455,59 correspondências por imagem calibrada
GSD	0,0085 m ou 0,85 cm	0,0086 m ou 0,86 cm

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Analisando os resultados da prévia do modelo digital de superfície, foi identificado que o processamento contendo pontos GCP reduziu em 7,4% o tempo de processamento inicial. Um fator menos relevante foi a diferença relativa entre os parâmetros iniciais e otimizados da câmera e a orientação interna, onde a otimização apresentou 0,69% de redução para o modelo com pontos GCP, ocasionando mínima alteração na resolução espacial, descrita como GSD.

Diante dos resultados, foi observado que o processamento com pontos GCP não trouxe melhoria significativa no GSD do modelo, onde as correspondências na calibração da câmera não foram de expressiva importância para melhoria dos resultados. É de valia ressaltar que foi utilizado apenas um bloco fotogramétrico em único voo, sem a necessidade de posicionar pontos de apoio para conexão de outros blocos. Resultados apresentados por Perin et al., (2016) demonstraram significativa importância com a utilização dos pontos GCP em processamento fotogramétrico utilizando o mesmo software, contudo os experimentos realizados pela presente pesquisa utilizou uma área menor e um drone que possui maior estabilidade de voo, influenciando diretamente no processamento de um único voo.

De acordo com Kim et al., (2016) e Pix4D (2017), o software utilizado possui uma capacidade de processamento com utilização de pontos homólogos por meio do algoritmo pré-classificador, onde tais pontos homólogos são conectados entre si, funcionando como uma espécie de amarração do bloco sem gerar resultados consideráveis na aplicação de pontos de controle. Com a geração do bloco, foi possível adquirir um GSD favorável para identificação dos petróglifos. De acordo com Riviero et al. (2012), a fotogrametria de curto alcance apresenta um grande potencial para a documentação dos petróglifos. Tais afirmações foram ratificadas, demonstrando que drones de baixo custo portando câmeras não métricas podem ser utilizados para mapeamento de curta distância, com resultados favoráveis com

processamento de softwares que possuam capacidade de interpretar fotos capturadas por estes drones.

5.4 CALIBRAÇÕES

Na segunda etapa apresentada no relatório de processamento (Apêndice C) foram replicados valores referentes à posição absoluta da câmera (Omega, Phi e Kappa) e incerteza de orientação (X, Y, Z), em valores médios e sigma, comparando resultados sem e com GCP. A Tabela 17 apresenta os resultados, comparando a posição absoluta da câmera no modelo sem e com pontos GCP.

Tabela 17 - Comparativo de resultados da posição absoluta da câmera, sem e com GCP

Método de ajuste	Média e Sigma	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Sem pontos de apoio	Mean	0.144	0.144	0.349	0.607	0.412	0.170
	Sigma	0.024	0.024	0.073	0.005	0.007	0.001
Com pontos de apoio	Mean	0.023	0.021	0.070	0.053	0.050	0.015
	Sigma	0.010	0.006	0.012	0.012	0.021	0.007

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Ao contrário dos resultados apresentados na posição relativa da câmera, a posição absoluta sofreu significativa influência com o uso de pontos GCP, reduzindo em 17,8% a média de incerteza de orientação X, Y e Z, com maior significância em Z, e 9,2% nos valores de posição absoluta da câmera, observando maiores resultados para Omega. Considerando o uso de pontos GCP foi observada significativa mudança positiva nos resultados da posição absoluta da câmera, bem como melhoria na incerteza de sua orientação. De acordo com Pix4D (2016), pontos GCP influenciam diretamente na calibração espacial interna e externa, pois são definidos como homólogos em diferentes fotografias, auxiliando na orientação espacial absoluta do sensor.

De acordo com os métodos convencionais de restituição aerofotogramétrica citados por Amaral e Castañon (2015), Almeida (2014) e Junqueira (2010), a orientação da câmera é um parâmetro utilizado para posicionamento das fotos e restituição para estereoscopia, parâmetros estes essenciais na fotogrametria convencional. Conforme Pix4D (2017), os pontos homólogos utilizados no processamento possibilitam a interpretação geométrica, reposicionando a orientação da câmera, permitindo melhor projeção de sua posição durante a captura das fotos, concluindo que, com o advento do processamento digital, a modelagem fotogramétrica possibilita corrigir tais parâmetros, não exigindo necessariamente a linha de voo padronizada conforme manuais de fotogrametria analógica e semi-digital (COELHO; BRITO, 2007). Diante dos resultados obtidos, é de comum entendimento que pontos de controle auxiliam na orientação absoluta da câmera. Mesmo com a

aplicação de técnicas digitais de processamento, os resultados foram inferiores quando não utilizados pontos GCP.

Após a correlação entre os parâmetros internos da câmera determinados pelo ajuste do feixe, o *software* constrói parâmetros ajustados, que são aplicados na compensação de erros ocasionados pela mecânica da câmera. A Tabela 18 apresenta cálculo polinomial para calibração e otimização da câmera sem pontos de apoio.

Tabela 18 – Resposta do cálculo polinomial sem pontos GCP

Sem GCP	Pol(1)	Pol(2)	Pol(3)	Pol(4)	c	f	x	y
Valor Inicial	1	0,352919	-0,784259	2,591940	4810,74	4810,74	2000	1500
Otimização	1	0,407463	-0,778211	2,495288	3748,75	3748,75	1992,41	1526,03
Sigma	1	0,00098	0,002840	0,003075	4,42	4,42	0,07	0,05

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Objetivando comparar o cálculo polinomial com utilização de pontos de apoio GCP, foi gerado pelo software Pix4D os resultados do cálculo polinomial utilizando pontos GCP (Tabela 19).

Tabela 19 – Resposta do cálculo polinomial com pontos GCP

Com GCP	Pol(1)	Pol(2)	Pol(3)	Pol(4)	c	f	x	y
Valor Inicial	1	0,352919	-0,784259	2,591940	4810,74	4810,74	2000	1500
Otimização	1	0,360527	-0,360527	2,397049	4190,82	4190,82	1987,46	1522,94
Sigma	1	0,004007	0,014171	0,017354	13,24	13,24	0,34	0,27

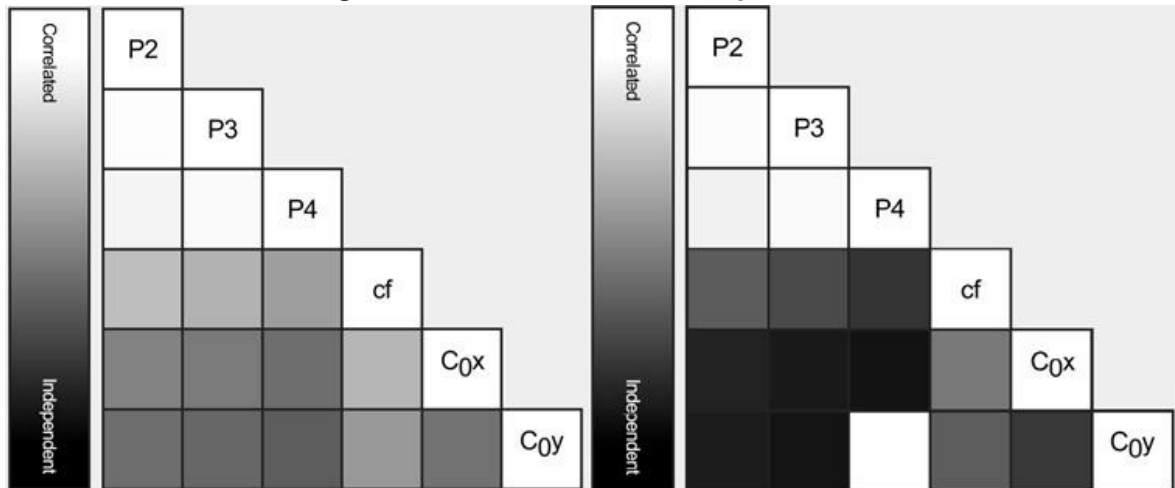
Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Foram replicados valores zero '0' para o polinômio Pol[0] e colunas 'd' e 'e'. Assim, o Pix4D replicou o gráfico dos resultados para o número de pontos de empate automáticos (*Automatic Tie Point: ATP*) por pixel, calculados sobre todas as 109 imagens do modelo e codificados por cores entre preto e branco, onde o branco indica que, em média, mais de 16 ATPs foram extraídos no local do pixel, e a cor preta indica que, em média, 0 ATPs foram extraídos no local do pixel.

Peres (2007) elucida que o ajuste dos resultados à função polinomial, cujo grau resultasse em maior adaptação visual à distribuição dos pontos, corroborada pela melhoria do desvio-padrão da função, fornecida pelo *software* de processamento fotogramétrico. Tal afirmativa pode ser constatada com os resultados apresentados, evidenciando melhoria no valor final e otimização na combinação do ajuste polinomial no modelo utilizando pontos GCP. Pix4D (2017) recomenda tal calibração, principalmente utilizando modelos gerados por câmeras não métricas, que sofrem influência do meio externo. A correlação polinomial é disponibilizada pelo relatório de

processamento do *software* Pix4D em forma de gráfico. A Figura 27 mostra a correlação entre os parâmetros internos da câmera determinados pelo ajuste do Pix4D para modelo sem pontos de apoio (esquerda) e com pontos de apoio (direita).

Figura 27 - Gráfico de correlação polinomial



Fonte: Figura do relatório de processamento – Parte do Apêndice C.

De acordo com os resultados, o polinômio 4 apresentou mínima significância, considerando os valores dos polinômios 2 e 3 como significativos independentes, exemplificando que os polinômios 2, 3 e 4 apresentaram baixa correlação em ambos os processamentos (sem e com GCP). O processo de autocalibração considera as equações de colinearidade juntamente com a introdução dos parâmetros de orientação interior que modelam os erros sistemáticos (PALERMO; LEITE, 2013). Cassemiro e Pinto (2014) comentam que câmeras com abertura focal inferior a 50 mm devem passar por processo de calibração onde resultados favoráveis dependem da integração entre a câmera e o sistema GNSS.

Após ajuste e calibração do feixe da câmera, foi possível analisar os resultados de ajuste do bloco de pacote para nuvem de pontos homólogos em ambos os processamentos (Tabela 20).

Tabela 20 - Resultados para ajuste de blocos 2D e 3D

Método	Pontos 2D	Pontos 3D	Erro médio de reprojeção (pixel)
Sem GCP	1076551	359480	0,187
Com GCP	1077671	359498	0,189

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Diante dos resultados de ajuste do bloco em ambos os processamentos, foi possível comparar os números de pontos 2D e 3D, identificando 0,10% de pontos 2D a mais e 0,01% de pontos 3D a mais, após a utilização de pontos GCPs para controle do bloco. De acordo com Pix4D (2017), os resultados da Tabela 19 replicam o número de pontos 2D e 3D que pode ser correspondido no mínimo em 2 imagens,

denominados pontos-chave para amarração automática do bloco. Com os resultados dos pontos-chave, é possível gerar o erro de reprojeção média (em pixels) em que cada ponto 3D calculado foi inicialmente detectado nas imagens (pontos 2D) e em cada imagem foi identificada posição específica. Tal erro de reprojeção de pixel apresentou diferença de 0,002 pixel. A aplicação de pontos GCP para controle do bloco e processamento não apresentou resultado significativo na correspondência mínima de 2 pontos por imagem e também teve mínima influência no erro médio de reprojeção do pixel.

Quando um ponto é computado automaticamente (ponto de amarração automático) ou marcado pelo usuário (ponto de ligação manual ou ponto de controle em solo) em pelo menos duas imagens, as coordenadas 3D deste ponto são computadas usando os parâmetros internos e externos da câmera e a posição do ponto nas imagens, conforme Pix4D (2017). A computação de pontos automáticos (sem pontos GCP) e pontos inseridos (GCP e CP) gerou processamentos distintos, que apresentaram resultados semelhantes considerando o ajuste geral do bloco fotogramétrico.

Após o processamento completo, foi reportado o histórico temporal das principais etapas executadas pelo *software* (Tabela 21).

Tabela 21 - Reporte do tempo para geração de etapas finalísticas

Etapas Processamento (Pix4D)	Sem GCP	Com GCP
Tempo de geração do ortomosaico	32m:22s	30m:6s
Tempo de geração do Modelo Digital de Superfície (MDS)	14m:26s	15m:7s
Tempo de geração do Modelo Digital do Terreno (MDT)	07m:46s	07m:18s

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

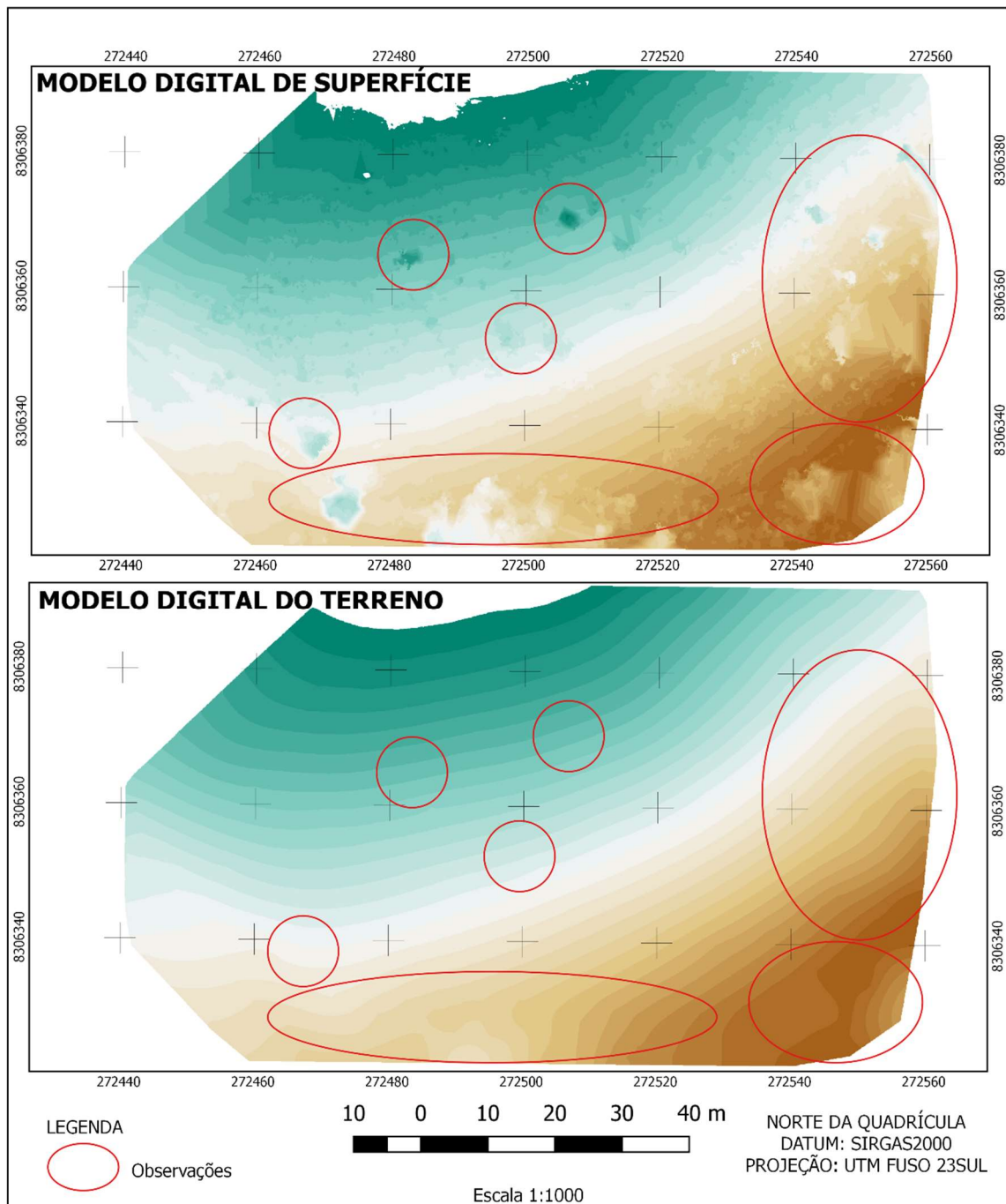
Em um total de 54 minutos e 34 segundos para o processamento sem GCP e 52 minutos e 31 segundos para o processamento com GCP foi observada a diferença de 2 minutos e 3 segundos (4%). De acordo com Pix4D (2017), ao realizar o processamento sem pontos GCP e posteriormente inserir os referidos pontos de controle, o *software* otimiza o processamento, reposicionando o bloco aerofotogramétrico com os pontos GCP. Tal otimização não é replicada, impossibilitando o cálculo exato da diferença de tempo entre ambos os processamentos.

5.5 MODELOS DIGITAIS

Ao importar as imagens brutas coletadas pelo *drone*, o *software* Pix4D posiciona as fotos no ângulo captura. Ao iniciar o pré-processamento, o *software* calcula o georreferenciamento das imagens originais de forma automática, com utilização da Triangulação Automática Aérea, do inglês *Automatic Aerial Triangulation*

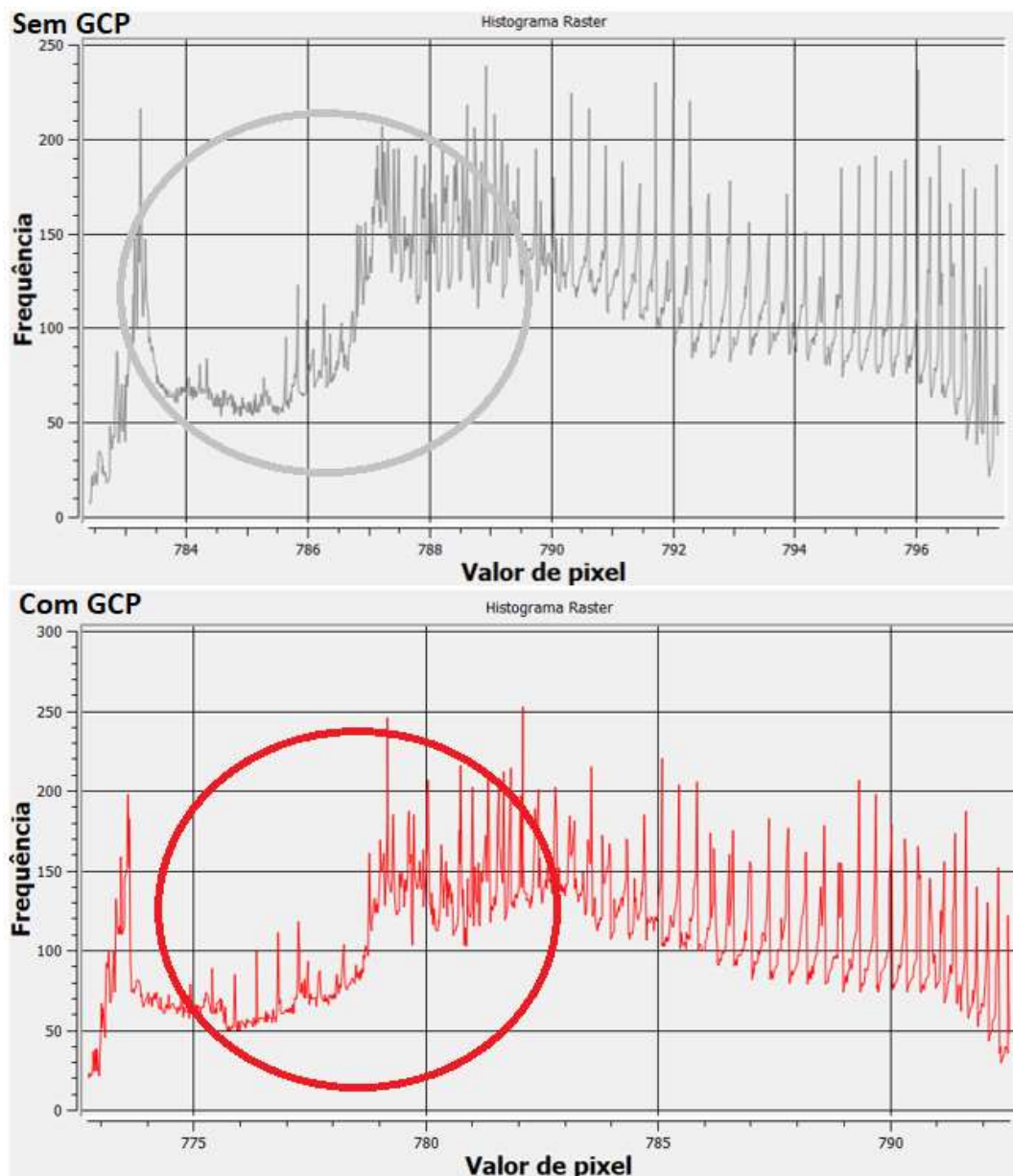
(AAT), e Ajustamento de Feixes em Bloco (BBA – do inglês *Bundle Block Adjustment*). Com base em nuvem de pontos obtida durante a AAT e BBA, é gerado Modelo Digital de Superfície (MDS) por ligação desses pontos (PERIN et al., 2016). De acordo com Pix4D, após a geração do MDS, o Modelo Digital de Terreno (MDT) é construído com apoio de diversos processamentos que classificam objetos filtrados para melhor representação do terreno. A prévia dos resultados relacionados ao Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital do Terreno (MDT), apresentada no relatório automático do Pix4D, está ilustrada na Figura 28.

Figura 28 - Prévia dos resultados dos modelos digitais



As observações sinalizadas pelas elipses vermelhas representam regiões que foram reconstruídas a partir do MDS, gerando um novo modelo com a representação do terreno sem obstáculos (MDT). De acordo com Pix4D(2017) os filtros aplicados para suavização do MDT utilizam algoritmos de processamento que restringem objetos que não possuem relação direta com a superfície nua do terreno. Almeida (2014) comenta sobre as referidas linhas de exclusão, contidas nas observações incluídas na Figura 28. Com objetivo de analisar o modelo filtrado (MDT), foram comparados os resultados do histograma oriundo do processamento MDT sem a utilização de pontos GCP e com a utilização de pontos GCP (Figura 29).

Figura 29 - Histogramas raster MDT – sem e com pontos GCP



Fonte: Captura de tela do software QGIS, ferramenta *Raster*.

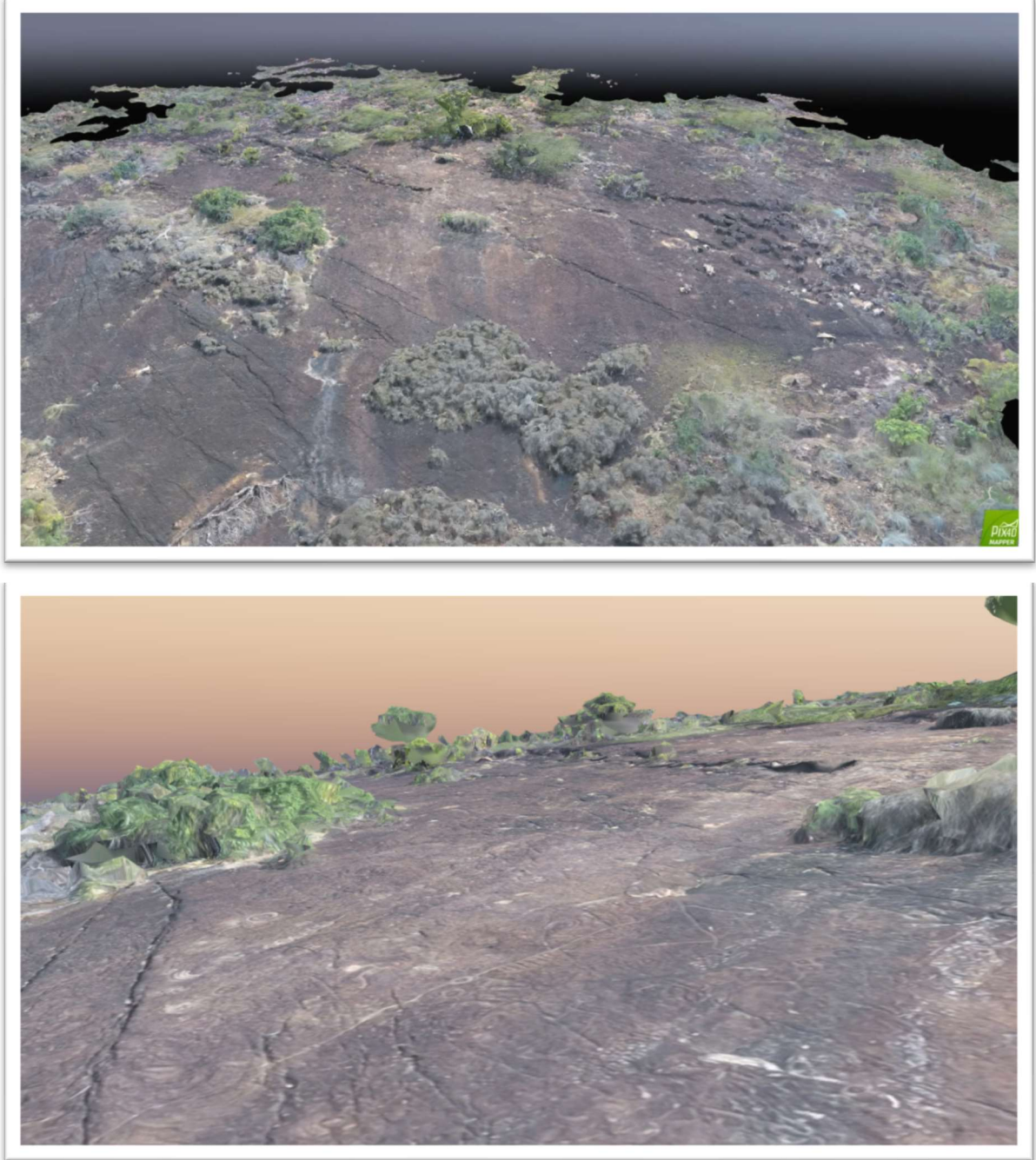
Os histogramas da Figura 29 apresentam amplitude altimétrica de 19,859m para MDT sem pontos GCP e 13,722m para MDT pontos GCP, evidenciando o movimento de geolocalização do bloco, sendo que, ao subtrair ambos modelos o resultado replicado foi de 4,943m, influencias ocasionadas por diferenças, entre os valores de pixel de 775 e 780 (sinalizações na figura 29 – círculos cinza e vermelho), na frequência aproximada de 100. Pix4D (2017) comenta que o MDS, *Orthomosaic* e *Index* são reaproveitados, sendo que o MDT é construído e os blocos são mesclados, gerando as linhas de contorno sem processar as etapas anteriores (Nuvem de Pontos, ortomosaico e MDS), em que são aplicados métodos de filtro para retirada de vegetação e de possíveis objetos que apresentaram movimento, excluindo-os da nuvem de pontos homólogos. Os resultados foram satisfatórios, considerando o MDT gerado como produto essencial na interpretação do relevo sem obstáculos naturais que não representem a superfície.

A aplicação de métodos com pontos homólogos possibilitou a re-modelagem do mosaico, baseada em pontos colineares, interpretados por algoritmo, gerando produtos equalizados, mesmo com a degradação e capturas em ângulos alternados devido à instabilidade do voo. Pix4D (2017) afirma que os resultados do MDT contem inúmeras exclusões de áreas irregulares, onde o modelo recebe novos pontos nas áreas complexas, criando linhas de descontinuidade de acidentes denominadas *breaklines*, contrinuindo com maior número de informações para construção do MDT.

Com o emprego de modelos digitais de elevação, foi possível construir o modelo tridimensional, onde o Software Pix4D constroe a visualização por meio da nuvem de pontos, possibilitando a visualização em diversos ângulos. O presente trabalho não utilizou o modelo digital tridimensional para vetorização dos petroglifos, contudo os referidos modelos são de grande capacidade para interpretações em ambiente arqueológico, conforme citado por Almeida (2014), Cassemiro e Pinto (2014) e Palermo e Leite (2013).

Parra (2016) comenta que nos dias atuais o emprego do drone para modelagem digital é essencial na investigação arqueológica, sendo que, para alguns mapeamentos arqueológicos não justifica promover contato físico. A Figura 30 apresenta uma captura de tela do Software Pix4DMapper ilustrando uma visualização tridimensional do Sitio Arqueológico do Bisnau.

Figura 30 – Captura de tela do modelo tridimensional – Pix4DMapper

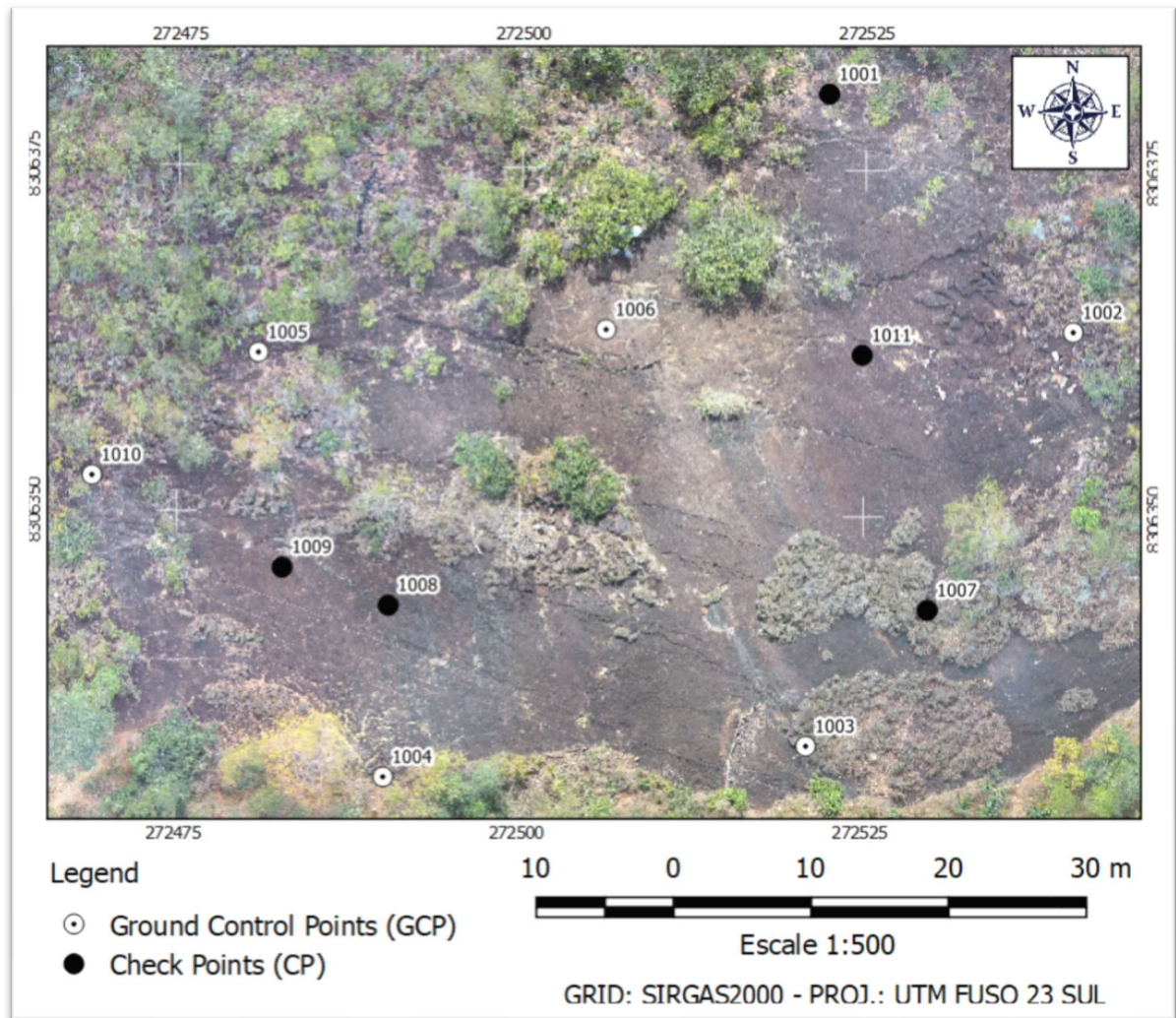


Fonte: Captura de tela - Pix4D®Mapper (2017).

5.6 ORTOMOSAICO

Após a constituição do MDT, o ortomosaico foi gerado a partir da projeção e combinação das imagens originais com o MDS (PIX4D, 2016). Na Figura 31 encontra-se a prévia do ortomosaico replicado pelo *software* Pix4D, utilizando-se pontos GCPs.

Figura 31 - Prévia do ortomosaico com GCP



O ortomosaico replicado pelo Software Pix4D, foi importado para o Software QGIS com objetivo de enquadrar o produto no formato de prancha para impressão (Apêndice E). Diante dos resultados obtidos no ortomosaico, ambos os processamentos (sem GCP e com GCP) apresentaram diferenças em sua geolocalização (acurácia posicional). Com o ajuste da câmera efetuado e modelos preliminares gerados (MDS e MDT), ambos os processamentos contendo GCP e sem GCP foram replicados com as informações de geolocalização, apresentando resultados de variância absoluta, representados na Tabela 22 (sem GCP) e Tabela 23 (com GCP).

Tabela 22 - Resultados de geolocalização sem GCP

Erro Mínimo (m)	Erro Máximo (m)	Erro Geolocalização X (%)	Erro Geolocalização Y (%)	Erro Geolocalização Z (%)
-6	-3	0	0	0
-3	0	60,55	51,38	57,80
3	6	39,45	48,62	42,20
6	9	0	0	0
Média(m)		0,000002	-0,000003	-0,000008
Sigma(m)		0,227395	0,463116	0,288807
Erro RMS (m)		0,227395	0,469116	0,288807

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Tabela 23 - Resultados de geolocalização com GCP

Erro Mínimo (m)	Erro Máximo (m)	Erro Geolocalização X (%)	Erro Geolocalização Y (%)	Erro Geolocalização Z (%)
-6	-3	0	0	0
-3	0	64,22	48,62	50,46
3	6	35,78	51,38	49,54
6	9	0	0	0
Média(m)		-0,070996	-0,266512	4,131732
Sigma(m)		0,394907	0,676887	0,9285524
Erro RMS (m)		0,401238	0,727465	4,234780

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Os erros mínimo e máximo representam intervalos de desvio de geolocalização entre -1,5 e 1,5 vezes a precisão máxima de todas as imagens (colunas X, Y, Z mostram a porcentagem de imagens com erros de geolocalização dentro dos intervalos de erro predefinidos), sendo que o desvio de geolocalização é a diferença entre as imagens interna e a calculada de posições, de acordo com o manual do Software Pix4D. Os parâmetros que sofreram alteração significativa (Média, Sigma e RMS Erro) decorreram do fato de que sem pontos GCP o bloco aerofotogramétrico utilizou apenas pontos homólogos para geração do mosaico e modelagem. Ao aplicar pontos de controle GCP, o bloco sofreu deslocamento em sua geolocalização, influenciando na geração de nova posição do ortomosaico e do ajuste altimétrico do

modelo de todo bloco, considerando que, tal afirmação pode ser ratificada pelos resultados obtidos na geração do MDT, descritos no capítulo 5.5.

Com a inclusão de pontos GCP e CP, o relatório de processamento apresentou complementação da análise dos resultados, em que para o processamento, contando os citados pontos, foi replicada a precisão de localização e erros significativos nas três direções de coordenadas cartesianas, conforme demonstrado na Tabela 24.

Tabela 24 - Trajetória da geolocalização

Trajétória da Geolocalização	Translação (m)
X	0,070996
Y	0,266512
Z	4,131732

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

De acordo com Pix4D (2017), a Tabela 24, disponível no Relatório de Processamento do Pix4D (Apêndice C), representa a trajetória da geolocalização entre a imagem inicial e a localização geográfica calculada no sistema de coordenadas de saída após o ajuste dos pontos de apoio. O maior deslocamento foi replicado no eixo de translação Z, indicando trajetória significativa com aplicação dos pontos de apoio contendo altitude ortométrica. A Tabela 25 apresenta a precisão de localização por GCP e erros significativos nas três direções de coordenadas com aplicação de CP (Tabela 26).

Tabela 25 - Precisões de localização por GCP utilizado

GCP	Acurácia XY/Z (m)	Erro X (m)	Erro Y (m)	Erro Z (m)	Projeção (pixel)	Verificação (imagem)
1002	0,002/0,003	-0,002	-0,006	-0,009	0,874	9/9
1003	0,002/0,003	0,007	0,002	-0,005	1,027	9/9
1004	0,002/0,003	0,121	0,054	0,230	1,231	12/12
1005	0,002/0,003	-0,059	0,159	0,305	0,754	8/8
1006	0,002/0,003	-0,003	0,003	0,004	0,773	9/9
1010	0,002/0,003	-0,128	-0,175	1,071	0,589	11/11
	Média(m)	-0,010414	0,006087	0,265914		
	Sigma(m)	0,075238	0,098771	0,380431		
	Erro RMS (m)	0,075955	0,098958	0,464153		

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Tabela 26 - Precisões de localização por CP utilizado

CP	Acurácia XY/Z (m)	Erro X (m)	Erro Y (m)	Erro Z (m)	Projeção (pixel)	Verificação (imagem)
1001	0,002/0,003	-0.1183	-0.0937	0.0078	0.6440	6/6
1007	0,002/0,003	0.0381	-0.1682	-0.1537	0.8507	10/10
1008	0,002/0,003	0.0902	0.0615	0.1154	0.5974	5/5
1009	0,002/0,003	0.0388	0.0734	-0.0749	0.6202	5/6
1011	0,002/0,003	0.0183	0.0110	-0.1134	0.4314	5/5
Média(m)		0,013423	-0,023222	-0,043770		
Sigma(m)		0.070041	0.093435	0.095808		
Erro RMS (m)		0.071316	0.096277	0.105333		

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

O ponto 1009, previamente identificado em 6 fotos, deixou de utilizar uma foto para composição do cálculo. Fotos poderão ser excluídas para garantir melhor polarização XYZ do bloco, conforme orientações do manual do *Software Pix4D*. Além disso, utilizando pontos GCP e CP, o *software* replicou a geolocalização média contendo a polarização de geolocalização em X, Y e Z, representados em translação (Tabela 27).

Tabela 27 - Resultados de orientação para geolocalização (processamento bruto e com GCP)

Orientação	RMS (bruto)	RMS (GCP)
Omega	96,321	95,456
Phi	0,962	0,978
Kappa	93,403	93,508

Fonte: Relatório de processamento completo Pix4D®Mapper - Apêndice C.

Com a utilização de pontos GCP, os resultados da variância RMS para geolocalização foram reduzidos em 0,28%, reconhecendo uma pequena intervenção na geolocalização do modelo fotogramétrico, onde também foi observado a exclusão de uma foto (indicada na Tabela 25) que automaticamente entrou na estatística da geolocalização apresentada. Colomina e Molina (2014) comentam que mesmo com a automatização do sistema de navegação GNSS, a medição direta que o sensor realiza possui limitações devido ao desempenho do sistema IMU acoplado em aeronaves de baixo custo.

Além disso, a reconstrução da superfície de interesse depende diretamente da tecnologia aplicada na coleta e no processamento, gerando uma interconecção para que todos os parâmetros coletados sejam replicados do processamento.

Visando ampliar as formas de análise posicional, o *software* GeoPEC versão 3.4 foi utilizado onde os mesmos pontos CP inseridos no Pix4D foram inseridos no GeoPEC para cálculo estatístico que replicou o PEC planimétrico e altimétrico, baseado nos parâmetros da ET-CQDG. Foram inseridos os mesmos pontos de checagem adicionados no processamento pelo *software* Pix4D (CPs: 1001, 1007, 1008, 1009 e 1011), sem detecção de *outliers*²³, onde a Tabela 28 apresenta um resumo dos resultados para escala de 1:250 que estão relacionados no Apêndice D.

Tabela 28 - Resultados para análise de ortomosaico

Dimensão	Classificação final do produto	PEC-PCD e RMS das discrepâncias	Tendência geral
Planimetria	Não acurado	Classe B/0,0550m	Preciso e existe tendência
Altimetria	Acurado	Classe B/0,0045m (Para equidistância de 0,025 m)	Preciso e não há tendência

Fonte: Relatório Software GeoPEC - Apêndice D.

Em análise geral, os pontos de apoio não trouxeram mudanças significativas para a precisão do bloco, porém, apresentaram significância na exatidão/acurácia do modelo. Os resultados do PEC-PCD planialtimetricamente replicaram Classe B, sendo não acurado para planimétrico e acurado para altimétrico. Os resultados dos testes realizados no *software* GeoPEC para planimetria estão apresentados na Tabela 29, considerando área de 7.751 m² para escala de 1:250.

²³ Em estatística, a expressão *outliers*, valor atípico da amostra, é utilizada para valores que apresentam grande variação dos demais ou que é inconsistente.

Tabela 29 - Resultados GeoPEC – Análise planimétrica

Testes	Resultados
Estatísticas descritivas	Média(E) = 0,0058 Média(N) = -0,0114 Média(ABS) = 0,0423 Desv-pad(E) = 0,0594 Desv-pad(N) = 0,0071 Desv-pad(ABS) = 0,04 RMS(E) = 0,0533-RMS(N) = 0,0134 -RMS(ABS) = 0,055
Padrão de distribuição espacial	1ª ordem - R = 0,7451 Zcalc = -1,0906 Ztab = 1,96 Resultado = Padrão AGRUPADO (NÃO é significativo estatisticamente) 2ª ordem - R = 1,2106 Zcalc = 1,2978 Ztab = 1,96 Resultado = Padrão DISPERSO (NÃO é significativo estatisticamente) 3ª ordem - R = 1,1575 Zcalc = 1,1973 Ztab = 1,96 Resultado = Padrão DISPERSO (NÃO é significativo estatisticamente)
Teste de normalidade Jarque-Bera	Bcalc(E) = 1,3228 Bcalc(N) = 1,875 Bcalc(2D) = 2,6074 Btab = 2 Amostra NÃO normal
Teste de precisão	ET-CQDG: PEC = 0,125 EP = 0,075 Classe B (Classe A - Decreto-lei nº 89.817/1984)
Teste de Tendência T de Student	tcalc(E) = 0,2183 tcalc(N) = -3,5903 ttab = 2,1318 Resultado: Tendencioso Estatística Espacial: Média Direcional (Azimute) = 222,9051 Variância Circular = 0,1973 Resultado: Tendencioso
<i>Outliers</i>	Valor limite - detecção: 0,225 reportando 0

Fonte: Relatório Software GeoPEC - Apêndice D.

Foi replicado para os dados planimétricos que o modelo avaliado possui RMS absoluto de 0,055, onde o padrão de distribuição espacial não atingiu valores significativos para escala de 1:250. O teste Jarque-bera apresentou uma amostra não normal, onde o teste T de Student demonstrou resultado tendencioso mas preciso. Os resultados dos testes realizados no *software* GeoPEC para altimetria estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Resultados GeoPEC – Análise altimétrica

Testes executados	Resultados
Estatísticas descritivas	Média(h) = -0,0024 Desv-pad(h) = 0,005 RMS(h) = 0,0045
Padrão de distribuição espacial	Aplicado apenas para duas dimensões
Teste de normalidade Jarque-Bera	Bcalc(h) = 1,875 Btab = 2 Amostra Normal
Teste de precisão	Decreto-lei nº 89.817 (ET-CQDG) PEC = 0,0125 EP = 0,0083 Resultado: Classe B
Teste de tendência T de Student	tcalc(h) = -1,0733 ttab = 2,1318 Resultado: Não Tendencioso
<i>Outliers</i>	Valor limite - detecção: 0,0249 reportando 0.

Fonte: Relatório Software GeoPEC - Apêndice D.

Altimetricamente o modelo apresentou RMS de 0,0045 onde o teste de Jarque-bera replicou uma amostra normal sem tendências no teste de T de Student. Os valores de *outliers* foram nulos estatisticamente. De acordo com Santos (2017), vários autores na área de ciências cartográficas consideram sinônimos os termos *outlier* e erros grosseiros. Citando Marro (2014), *outlier* são resíduos ou discrepâncias que, estatisticamente, diferenciam-se do conjunto de dados ao qual pertencem. Estatisticamente o modelo apresentou RMS inferior a 0,05m. Os resultados replicados pelo GeoPEC referente a possíveis discrepâncias nos pontos CPs estão relacionados na Tabela 31.

Tabela 31 - Discrepâncias nos pontos CPs

Identificação	di(E)	di(N)	di(ABS)	di(H)
1001	0,1106	0,0001	0,1106	0,0033
1007	-0,0366	-0,0225	0,043	0,0027
1008	-0,0116	-0,0087	0,0145	-0,0101
1009	-0,0129	-0,015	0,0198	-0,0068
1011	-0,0206	-0,011	0,0234	-0,0009

Fonte: Relatório Software GeoPEC - Apêndice D..

Mesmo com os resultados favoráveis na precisão do bloco, tais discrepâncias não excluem a necessidade de utilizar de pontos GCP para dimensionamento adequado do bloco. Os referidos pontos transladaram todo o bloco para coordenadas com maior confiabilidade, contudo de acordo com Pix4D(2017) o bloco fotogramétrico processado possui grande capacidade de utilização sem a aplicação de pontos GCP e CP. Além disso, Arias, Campitelli e Manoel Neto (2017) citam que o uso de pontos de apoio na sobreposição de blocos fotogramétricos é essencial para o ajuste final de ortofoto que contenha vários blocos, fato distinto do presente trabalho, que necessitou de apenas um bloco fotogramétrico para o recobrimento da área de estudo. Considerando tais resultados aplicados ao mapeamento arqueológico, caso o trabalho não exija acurácia posicional, o modelo processado sem pontos de apoio atenderá a demanda para escala cadastral que foi analisada (Escala 1:250).

Assim, conforme resultados reportados pelo *software* GeoPEC 3.4 (Tabela 32), baseados na metodologia apresentada por Santos et al. (2016), foi possível chegar a um produto Classe B, não acurado, sendo preciso, com tendência de média direcional azimutal de 222,9051 e variância de 0,1973.

Tabela 32 - Resultados replicados pelo software GeoPEC 3.4 para padrões nas classes PEC-PCD A, B, C e D

Classe	ET-CQDG	PEC(mm)	EP(mm)	Resultado
-	A	0,280	0,170	Reprovado
A	B	0,500	0,300	Aprovado
B	C	0,800	0,500	Aprovado
C	D	1,000	0,600	Aprovado

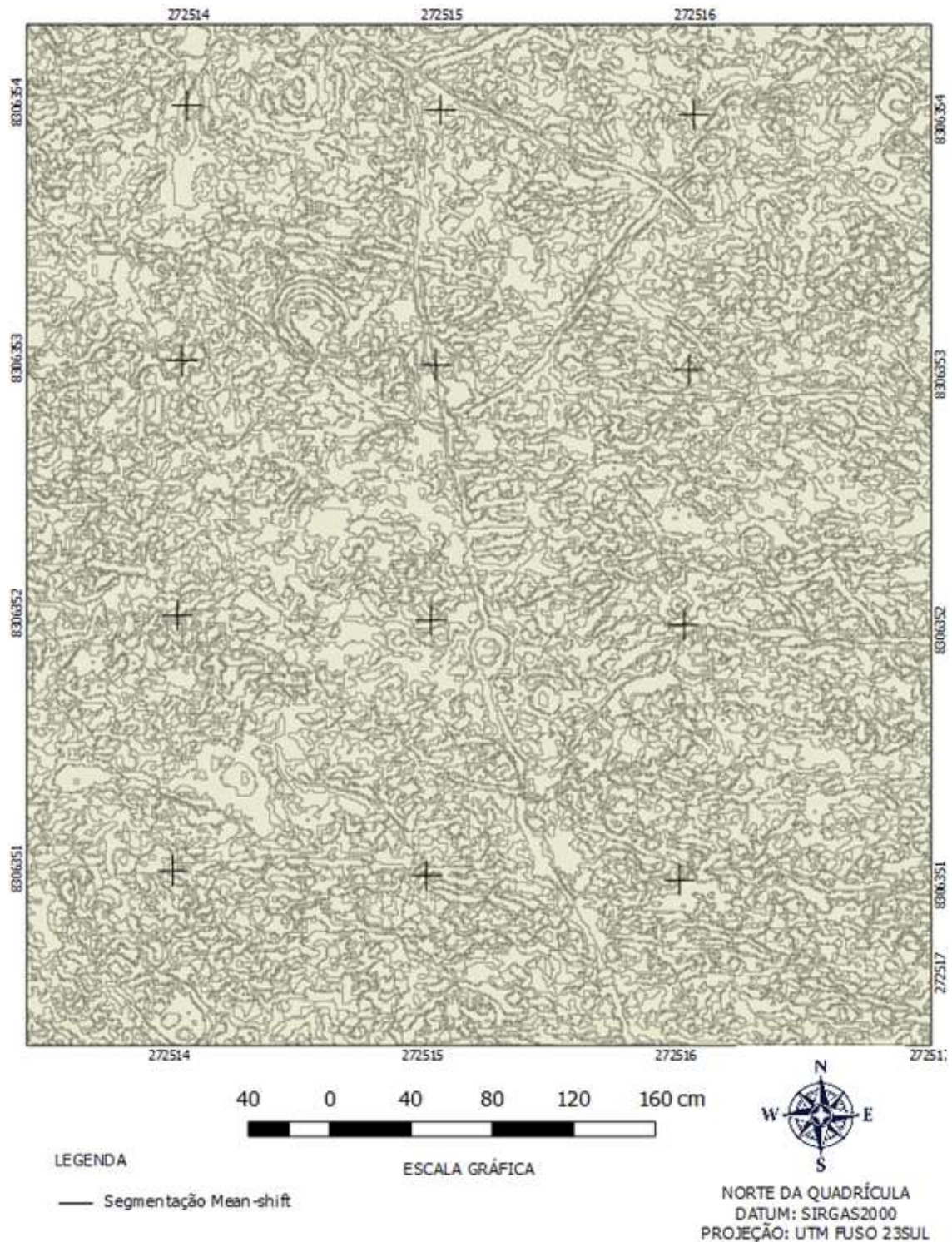
Fonte: Relatório Software GeoPEC - Apêndice D.

Perin et al. (2016), após utilizar o software Pix4D, concluiu que aplicando pontos GCPs a diferença RMS residual do ortomosaico foi relativamente próxima, assim, ratificando a afirmação anterior da empresa Pix4D (2017). Após os processamentos do presente trabalho, foi possível admitir que ocorreram mínimas distorções na precisão individual, contudo ocorreu degradação da acurácia posicional. É de valia ressaltar que o modelo do experimento atendeu PEC A na escala de 1:250 em referência ao PEC (Decreto Lei), contudo com o advento da ET-CQDG a classificação foi equiparada em Classe B para produtos digitais.

5.7 SEGMENTAÇÃO

Após utilização da ferramenta OrfeoToolbox, foi possível gerar segmentação de toda ortofoto com as características de processamento evidenciadas no método. A Figura 32 apresenta o resultado da segmentação utilizando o algoritmo *Mean-Shift disponível no OrfeoToolbox*.

Figura 32 - Resultado da segmentação - *Mean-Shift*



Após escolha dos polígonos que representam os sulcos dos petróglifos foi utilizada a ferramenta de suavização de polígonos disponível no complemento DSG Tools e CadTools. Foi identificado durante a suavização a existência de outros petróglifos marginais aos sulcos, dispostos em sulcos que não foram adequadamente visíveis para a resolução espacial utilizada. Guarinello (1994) comenta sobre a existência de camadas arqueológicas, em especial para inscrições rupestres, onde

inscrições poderiam ser reescritas sobre a mesma superfície, conforme comentado por Bicho (2012). A Figura 33 apresenta a sombra dos sulcos dos petróglifos sobre a segmentação bruta (Apêndice F).

Figura 33 – Vetores suavizados – v.generalize.smooth



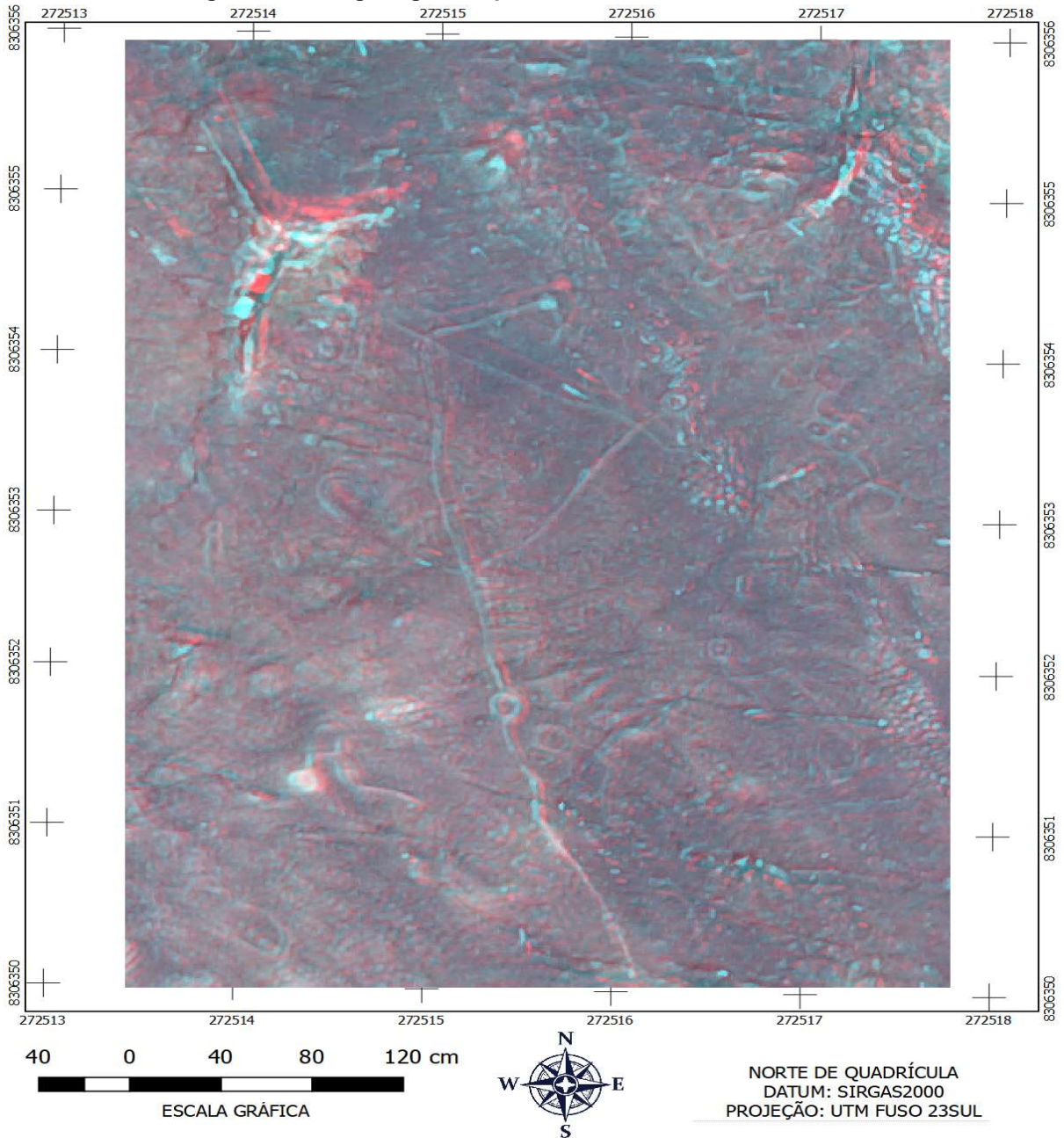
Durante a segmentação, o algoritmo separou regiões representadas por conjunto de “pixels” com resposta espectral semelhante. Resultados parecidos foram descritos por Bayma et al. (2013). Neste método de segmentação não foram aplicadas amostras de treinamento para classificação, uma vez que, devido às sombras e à existência de resíduos vegetais nos sulcos dos petróglifos, o processo automatizado ampliaria as classes e as interpretações espectrais, dificultando a segmentação. Tal aplicação favoreceu a didática de identificação das inscrições dos petróglifos em ortoimagem e anaglifo.

Optou-se por utilizar métodos segmentadores de imagens, pois a automatização na classificação pode gerar interpretações errôneas, necessitando de adequação de classificação orientada ao objetivo, o que não é o escopo do presente trabalho. Além disso, após análise do índice de refletância emitido pelo Pix4D, observou-se diferenças na incidência solar, fato agravante na aplicação de classificadores que utilizam dados espectrais.

Para auxílio na vetorização, os resultados obtidos com o *software* Anamaker foram satisfatórios para geração do anaglifo utilizado para auxiliar na vetorização e na identificação da profundidade dos sulcos. Junqueira (2010) comenta que o processo de visão estereoscópica, o anaglifo, é gerado utilizando pares de fotografias e, após manipulação de alguns parâmetros da imagem, proporciona ao observador representação do objeto mais próxima do real, considerando a percepção dos diversos planos da imagem. A utilização de anaglifos para vetorizar feições que não apresentaram resultados positivos com a segmentação e suavização se apresentou como ferramenta categórica para identificação de sulcos que possuíam fracionamentos, oriundos da segmentação, que não condiziam com a realidade geométrica do petróglifo.

A Figura 34 (Recorte do Apêndice I) ilustra um recorte do anaglifo gerado para apoiar a vetorização e identificação de profundidade dos sulcos dos petróglifos contidos no Painel A.

Figura 34 - Anaglifo gerado pelo Software Anamaker – Painel A



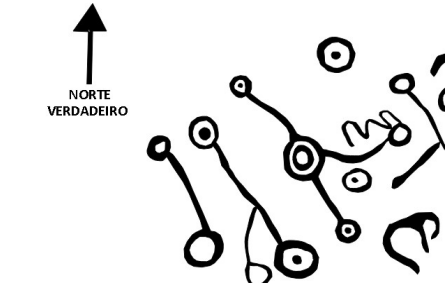



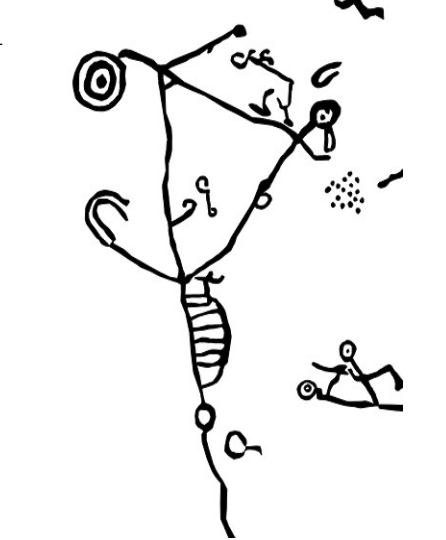
O Anamaker aplicou filtros para cada uma das fotografias, uma vez que para que se possa perceber a tridimensionalidade de um anaglifo utiliza-se par de óculos em que, para o presente experimento foi utilizado a configuração padrão do Software Anamaker onde o lado esquerdo do óculos seria azul e o direito vermelha, conforme sugerido por Junqueira (2010).

5.8 ANÁLISE DE ALINHAMENTOS

Utilizando os dados da Tabela 11, foi possível utilizar o complemento *Azimuth and Distance*, disponível nos complementos do QGIS, para comparar os alinhamentos

centrais de cada petróglifo. A Tabela 33 apresenta recortes dos principais painéis do Bisnau com azimutes verdadeiros predominantes nas gravuras geométricas.

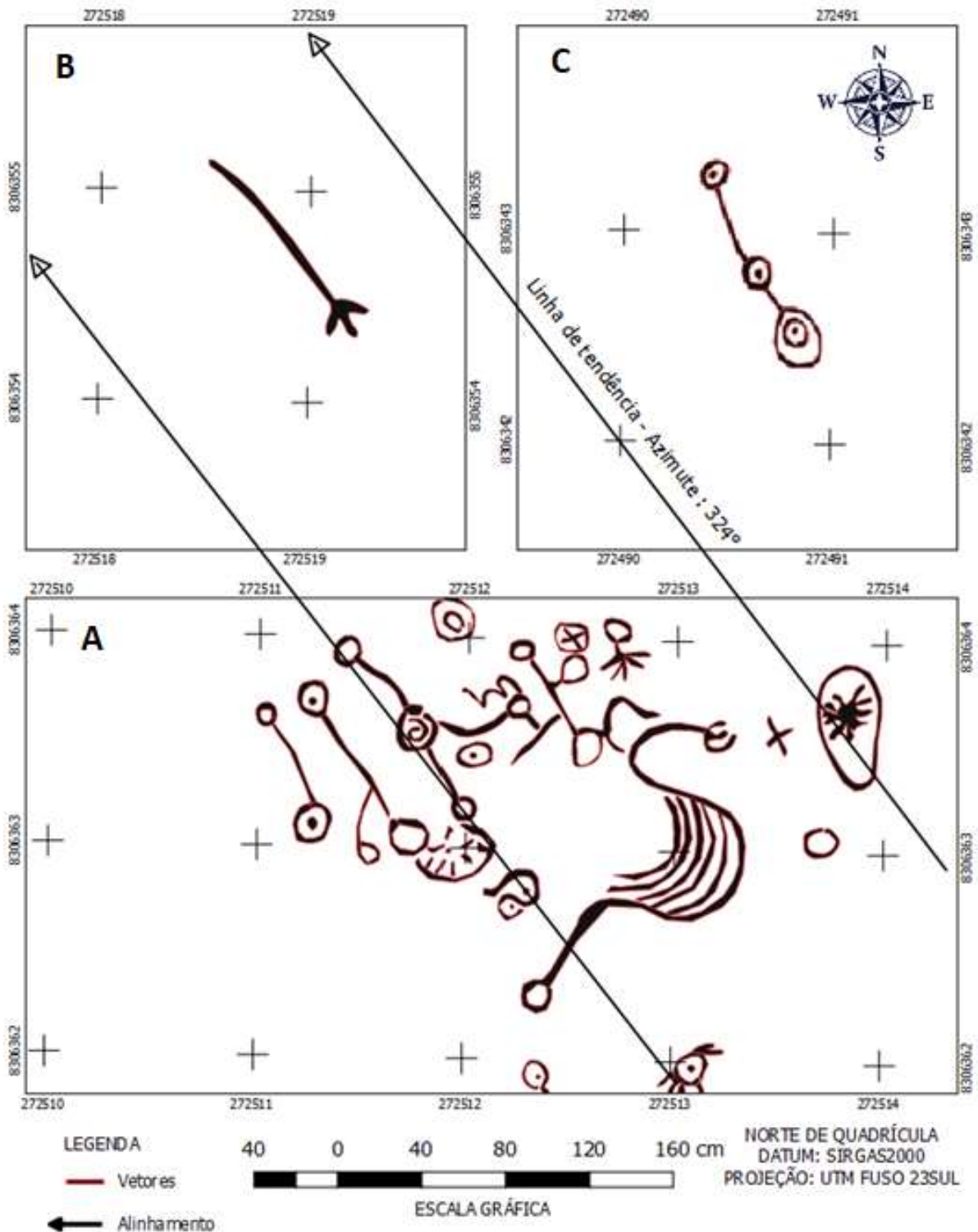
Tabela 33 - Amostra geométrica com indicação do azimute verdadeiro

Ocorrência	Amostra geométrica	Azimute verdadeiro
1		294°15'16"
2		320°15'18"
3		322°20'29"
4		322°20'30"
5		328°7'29"
6		323°19'52"
7		329°7'37"
8		322°25'43"
9		323°40'59"
10		328°52'52"
11		326°4'16"
12		327°15'2"
13		301°1'36"
14		294°34'28"

Fonte: Recortes do Apêndice J.

Após comparativo geométrico dos vetores centrais do Bisnau, foi encontrado o valor do azimute verdadeiro médio de $324^{\circ}53'11''$ (desvio-padrão: $7^{\circ}20'35''$) para os valores dos conjuntos de alinhamentos de 2 a 12 e azimute verdadeiro médio de $297^{\circ}55'42''$ (desvio-padrão: $5^{\circ}11'44''$) para os valores dos conjuntos de alinhamentos 1, 13 e 14. A Figura 34 ilustra o comparativo entre 3 amostras de diferentes painéis.

Tabela 34 - Amostras de alinhamentos do Bisnau



Fonte: Recorte do Apêndice H - planta de alinhamento de vetores.

Foi identificada distância considerável entre as amostras extraídas das amostras A, B e C, contudo, foi constatada tendências de alinhamento dos petróglifos. A Tabela 35 apresenta as distâncias encontradas entre as amostras de painéis do Bisnau.

Tabela 35 - Distâncias central entre as amostras A, B e C

Amostra	1	2	3
1	-	3.170cm	1.158cm
2	3.170cm	-	3.034cm
3	1.158cm	3.034cm	-

Foi observado que as amostras analisadas distam em média 2400cm ou 24m, evidenciando que as amostras, mesmo distantes, apresentam alinhamentos aproximados próximo ao azimute verdadeiro de 324° (Ilustração da Figura 34). Visando analisar se as tendências encontradas no Bisnau também podem ser encontradas em outros sítios arqueológicos, foi utilizado o Modelo do Campo de Referência Geomagnética Internacional (IGRF-12) por meio da calculadora *online* disponibilizada pelo Observatório Nacional, objetivando reprojeter outros vetores de plantas e croquis levantados no projeto Bacia do Paranã. Foi possível obter as declinações dos anos de 2017 (ano do experimento atual no Bisnau) e 1980 (ano aproximado dos mapeamentos em outros sítios da região durante o Projeto Bacia do Paranã). A Tabela 36 ilustra os resultados que foram utilizados para reprojeção magnética.

Tabela 36 - Declinação magnética entre 1980 e 2017

Ano de referência	Declinação- Sítio Bisnau	Declinação - Sítios GO-JU-10 e 25 (Jussara/GO e Jaupaci/GO)
2017	21.76° W mudando em 0,09° W anual	21.36° W mudando em 0,06° W anual
1980	17.80° W mudando em 0,14° W anual	17.19° W mudando em 0,9° W anual


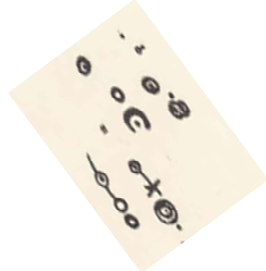
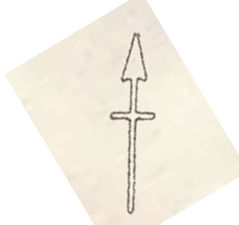


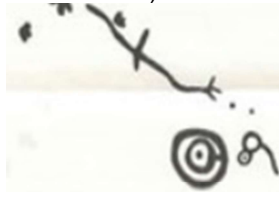


Fonte: Calculadora online do Observatório Nacional, disponível em <http://www.on.br/>.

Tal comparativo identificou amplitude de 4,93° para o Bisnau e 4,17° para Jussara/GO; ambos os locais estão localizados próximos ao paralelo 16°. Devido à semelhança entre as declinações magnéticas, a imprecisão da indicação do norte magnético e considerando que o Projeto Bacia do Paranã foi realizado em meados dos anos 1980 por uma mesma equipe, optou-se por aplicar a declinação magnética de 4,17°. Analisando os croquis dos Sítios Arqueológicos de Petróglifos, em Jussara/GO e Jaupaci/GO, verifica-se que estes contêm vetores geométricos com alinhamentos semelhantes os do Bisnau. Chegou-se a essa conclusão em razão do alinhamento predominante dos petróglifos em ambas regiões, elucidando a utilização de técnicas para alinhamento dos petróglifos durante o processo de inscrição.

A Tabela 37 contém a tendência média do vetor central de orientação de petróglifos mapeados por Schmitz, Moehlecke e Barbosa (1979), considerando a

declinação magnética da época do mapeamento e utilizando o serviço do Observatório Nacional para cálculo de declinação e o complemento *Azimuth and Distance*, a declinação total para ajuste de 4,17°W, reprojetoado para o ano de 1980.

Tabela 37 - Tendência média dos vetores – Região de Jussara/GO

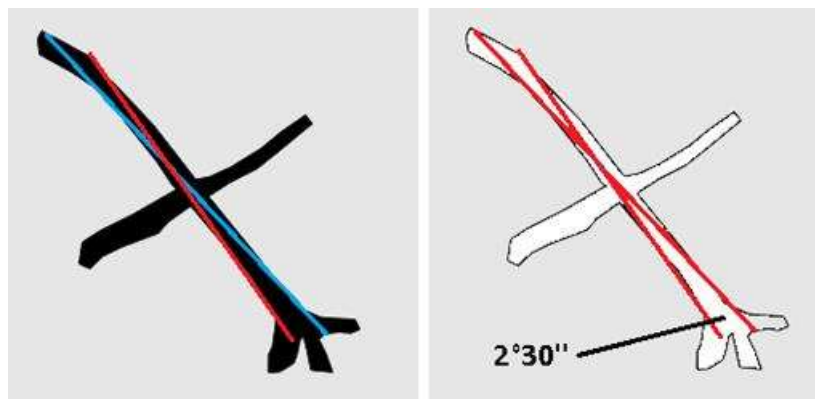
Sítio	Amostra geométrica	Azimute Verdadeiro
GO-JU-10 Jussara/GO	<p>a)</p>  <p>b)</p> 	 <p>Long = -51.4479° Lat = -15.759° Azimute (a): 288°43'2" Azimute (b): 329°45'44"</p>
GO-JU-25 Jaupaci/GO	<p>a)</p> 	 <p>Long = -51.0688° Lat = -16.1914° Azimute: 284°1'30"</p>
GO-JU-25 Jussara/GO	<p>a)</p>  <p>b)</p> 	 <p>Long = -51.4274° Lat = -15.6777° Azimute (a): 288°31'1" Azimute (b): 326°34'3"</p>

Fonte: Schimitz, Moehlecke e Barbosa (1979) e resultados do complemento *Azimuth and Distance* disponível no QGIS.

Após comparativo geométrico dos vetores centrais dos sítios nos municípios de Jussara e Jaupaci, foram encontradas três tendências de alinhamento, sendo o valor do azimuth verdadeiro médio de $328^{\circ}9'53''$ (desvio-padrão: $2^{\circ}15'32''$) para os valores dos conjuntos de alinhamentos dos sítios GO-JU-10 e GO-JU-25, azimuth verdadeiro médio $287^{\circ}5'11''$ (desvio-padrão: $2^{\circ}39'11''$) para os conjuntos de alinhamento dos sítios GO-JU-10 e GO-JU-25 e azimuth verdadeiro médio de $235^{\circ}45'36''$ para o sítio GO-JU-10 (tendência isolada e diferenciada das demais).

Analisando as regiões (Formosa/GO, Jaupaci/GO e Jussara/GO), foi identificada tendência média de 323° de azimuth verdadeiro com desvio-padrão aproximado de 7° no Bisnau e 2° em Jaupaci/GO e Jussara/GO. Foi observado que os petróglifos analisados são predominantes na amplitude do paralelo 16° sul, possibilitando uma mesma observação astronômica em movimento aparente solar devido à proximidade das localidades. A Figura 35 representa as variações encontradas devido ao desvio do alinhamento, provavelmente durante a realização da raspagem no processo de inscrição.




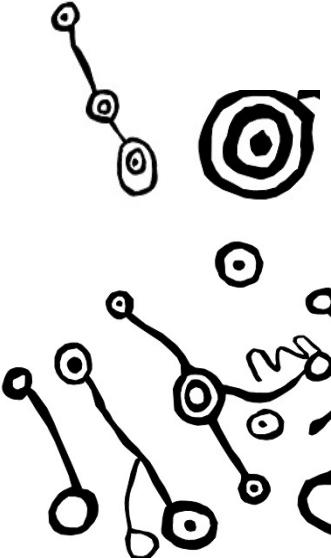
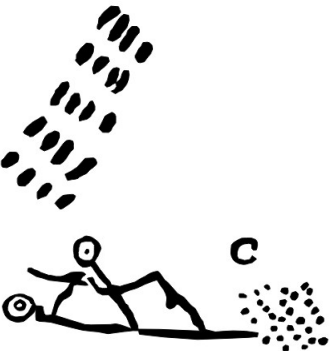
Figura 35 - Variações azimutais nos sulcos



Após orientação dos vetores com azimuth central utilizando declinação magnética local/temporal e convergência meridiana, atribui-se valores para os ângulos, contudo, a vetorização central foi prejudicada conforme desvios encontrados nos sulcos dos petróglifos ilustrados na Figura 35.

Os petróglifos mapeados por Koch-Grümbler (1907) possuem poucas indicações de orientação, contudo, foi possível combinar as explicações geométricas entre os petróglifos existentes no Bisnau e na Amazônia. A Tabela 38 apresenta os principais indicadores geométricos, signos geométricos e/ou geometrizações existentes em ambas as regiões, com os respectivos significados.

Tabela 38 - Indicadores geométricos semelhantes entre Bisnau e Região Alto do Rio Negro/AM

Petróglifos do Bisnau	Significado resumido por Koch-Grumber para o signo geometricamente semelhante
	Círculos representando astros, símbolos individuais de tribo e fenômenos naturais.
	A cobra de 3 cabeças. A vida de 3 caminhos com rota difícil.
	A cobra de 3 cabeças em caminho fácil.
	<p>Indicação de astros, referências astronômicas e espaciais. Posicionamento de aldeias.</p> <p>Círculos concêntricos representando aldeias principais e secundárias.</p> <p>Círculos interligados no posicionamento de estrelas do céu do homem velho, constelação da ema e anta do norte.</p>
	<p>Ovos de cobra, fartura, alimento, sistema de contagem, urnas funerárias ou painel de cálculo.</p> <p>Controle de grãos da aldeia, contagem de alimentos e produção.</p>

Fonte: Recortes do Apêndice J e descrições de Koch-Grumber.

A simbologia geométrica de signos, descrita por Koch-Grümbler (1907), foi inserida na carta topográfica especial (Apêndice J). Alguns detalhes devem ser levados em consideração para o comparativo entre o Bisnau e petróglifos da região de Jussara/GO:

- a) amplitude entre as declinações magnéticas dos anos de 1980 e 2017 são semelhantes devido ao posicionamento do paralelo 16° sul;
- b) região do Bisnau e Jussara/GO são próximas geograficamente;
- c) azimute verdadeiro com desvio-padrão de 7° no Bisnau e 2° em Jaupaci/GO e Jussara/GO, descrevendo elevada precisão na elaboração dos petróglifos, considerando a pouca amplitude e métodos de confecção;
- d) variação média de 2°30" no vetor central dos sulcos, podendo influenciar no desvio-padrão do item anterior, aplicando média geral de 4°30"; e
- e) semelhança geométrica de signos entre os petróglifos do Bisnau e da Amazônia.

Tais considerações indicam semelhanças entre os petróglifos do Bisnau e a região de Jussara, onde parte das inscrições possui semelhança com as encontradas na Amazônia. O fato relevante dos resultados é a precisão encontrada entre os alinhamentos dos petróglifos do Bisnau e seu posicionamento espacial, onde em um mesmo sítio foi possível identificar posicionamento alinhado de figuras equidistantes com alinhamento geométrico encontrados em outros sítios.

5.9 PRECESSÃO

Utilizando o *software* Stellarium para cálculo de obliquidade, foi possível obter os resultados exemplificados na Tabela 39.

Tabela 39 - Resultados de obliquidade nos anos de 2000 e 2017

Ano Referência	Obliquidade
2000	23°26'21,418"
2017	23°26'13,546"

Fonte: Software Stellarium.

Após aplicação da Equação 1, foi possível adquirir a amplitude anual de 0,463". Considerando a obliquidade atual calibrada ao movimento elíptico, foi possível obter o valor aproximado da precessão existente no azimute médio dos alinhamentos dos petróglifos do Bisnau. Ao utilizar o *software* Stellarium foi possível comparar o azimute predominante com o movimento aparente dos astros, tomando como referência a grade azimutal. Ao reprojeter temporalmente a observação azimutal, foi possível chegar em um ângulo de -12°18'25,3", considerando o movimento aparente da constelação do Homem Velho.

A Tabela 40 apresenta a precessão calculada utilizando como referência o ângulo azimutal verdadeiro de $324^{\circ}53'11''$ (Amostra A – Apêndice H) e reprojeção para o azimute $312^{\circ}34'45,7''$ ($-12^{\circ} 18'25,3''$ do azimute atual).

Tabela 40 - Reprojeção azimutal utilizando a declinação anual

Ano Referência	Obliquidade	Azimute referenciado
J2000	$23^{\circ}26'21,418''$	$324^{\circ}53'11''$ (atual)
7668 BCE	$24^{\circ}11'47,600''$	$312^{\circ}34'45,7''$ (época)

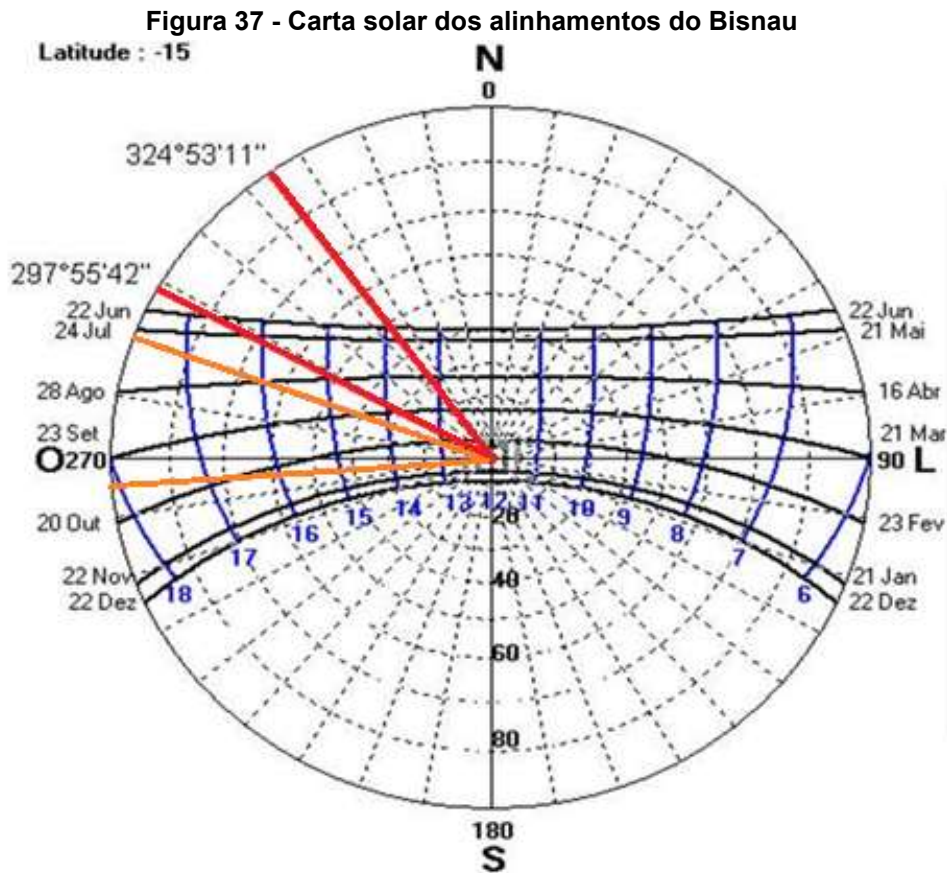
Fonte: Software Stellarium.

O alinhamento predominante da Amostra A comportou-se equivale a obliquidade de $24^{\circ}11'47,60''$, conhecente com o ano 7668,069 BCE, considerando o soustício de verão da época. Foi considerada a observação zênite, sendo que a constelação do Homem Velho, objeto de referência, não se posiciona no horizonte Noroeste (atual) e sim próximo a zenite (época), conhecente ao polo da eclíptica. Considerando o ciclo da precessão de aproximadamente 25770 anos (KLEPER; SARAIVA, 2016; PAULO, 2010), sendo que 20120 AD (posterior a 7668 BCE) será o próximo ano futuro para o mesmo alinhamento. Além disso, em 33438 BCE (anterior a 7668 BCE), o alinhamento prenomina, contudo não foi comparada a precessão para a referida data uma vez que existem outras influências que poderiam equivocar o resultado proposto pela Expressão 1.

Tais observações seguiram métodos empíricos que resultaram em uma equivalência dos alinhamentos, uma vez que, o Software *Stellarium* não possibilita tais comparativos de forma objetiva sendo necessário incluir valores e acionar o movimento celeste para análise comparativa da data de interesse.

5.10 MOVIMENTO SOLAR

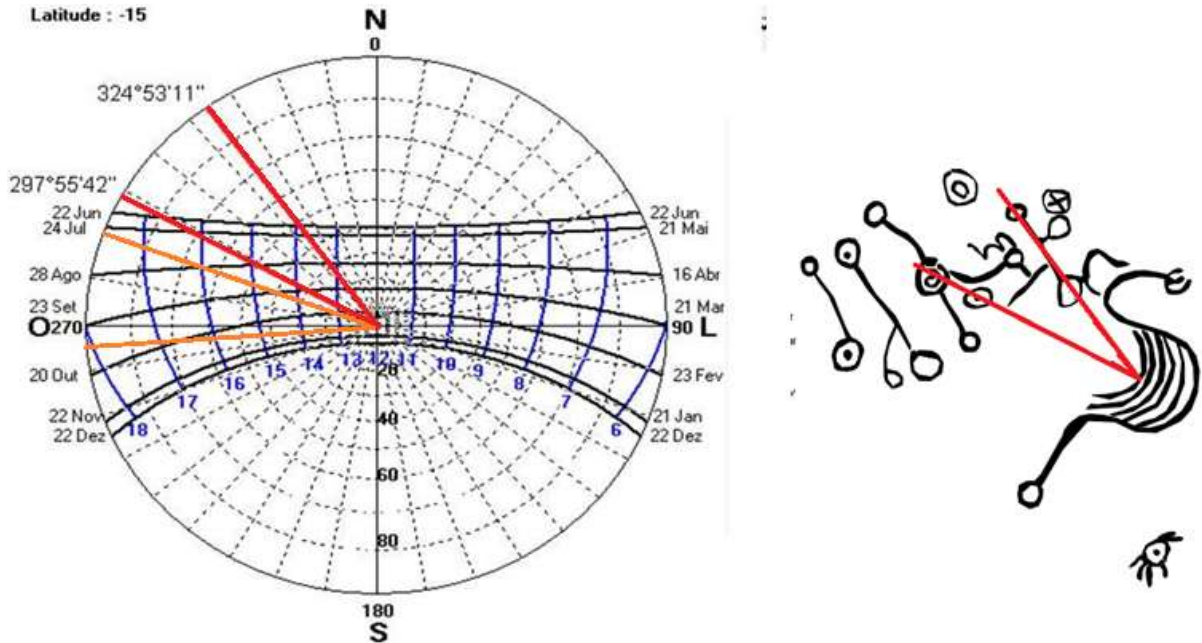
Após utilização do *software* Sol-Ar, foi possível obter a carta solar conforme a latitude especificada do Sítio do Bisnau, onde a visualização gráfica ilustra os ângulos posicionais do Sol. A Figura 36 apresenta a carta solar do local do levantamento.



Fonte: *Software Sol - Ar.*

Após comparativo entre o movimento solar e o alinhamento aparente, foi possível observar que os petróglifos estão na amplitude do movimento solar aparente, considerando a referência 7668BCE, em especial para o petróglifo contendo semi-arcs e alinhados com o azimute $297^{\circ}55'42''$ (indicado na Figura 38). Coimbra (2007) comenta que comparações hipotéticas revelam a extrema necessidade de se trabalhar em conjunto com arqueólogo e antropólogo, com o objetivo de praticar a arqueoastronomia com rigor científico e análises sólidas. Os resultados obtidos evidenciam a existência de indícios de que os autores dos petróglifos utilizaram o movimento solar para posicionamento e alinhamento de alguns petróglifos. A Figura 38 ilustra o gráfico atual do movimento solar que foi gerado pelo *Software Sol-Ar* (esquerda) e elucida a tendência de alinhamento dos petróglifos (direita).

Figura 38 - Comparativo entre carta solar e petróglifos



Fonte: Adaptado de Software Sol – Ar e vetores dos petróglifos. Redução da Figura 37 para comparativo.

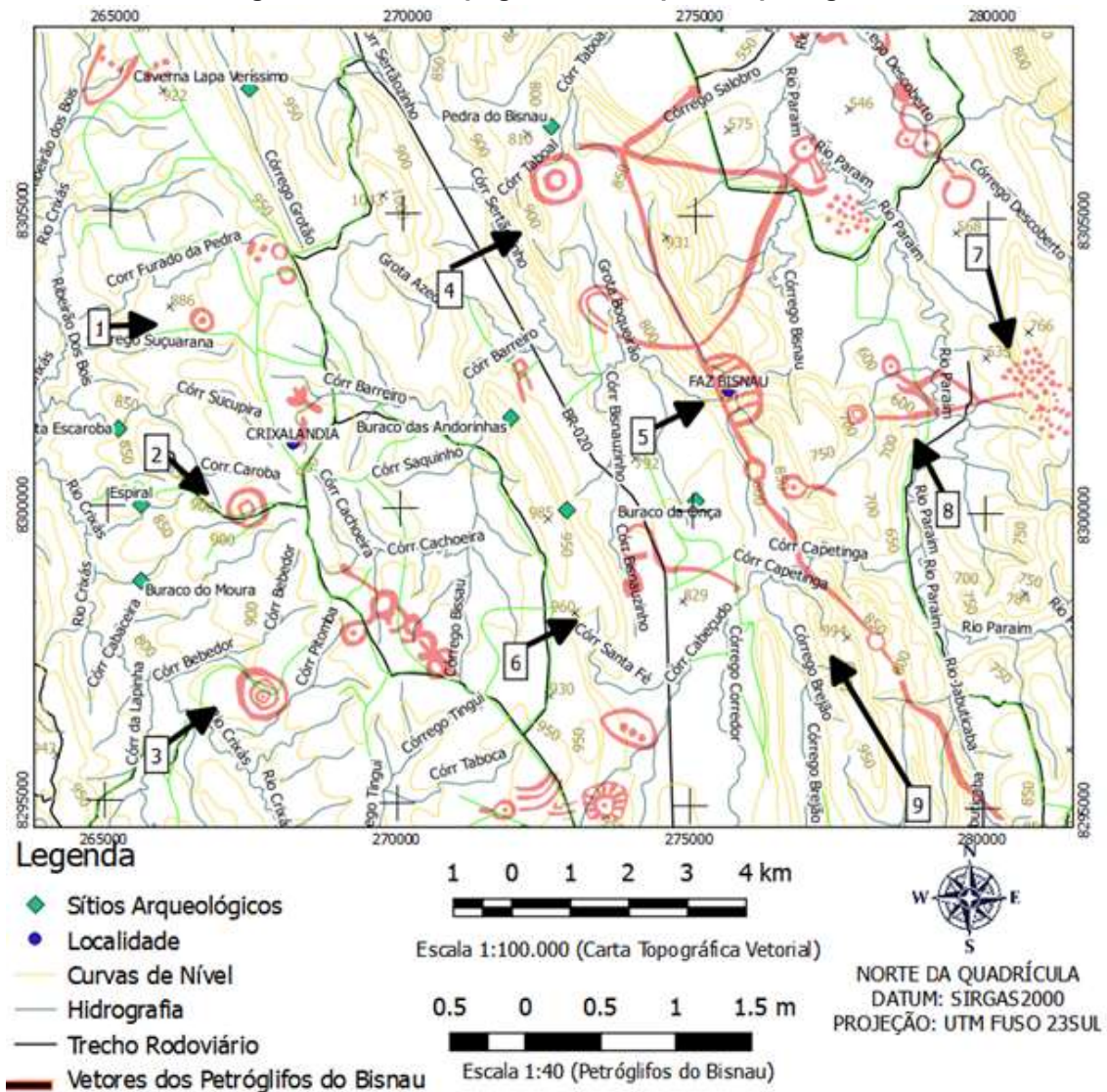
Após comparativo foi possível analisar que alguns petróglifos evidenciam a utilização de objetos móveis, que por meio da sombra solar, poderiam representar projeções geométricas que foram transcritas para os petróglifos. O Software Sol-Ar não possibilita a reprojeção para anos anteriores, portanto foi utilizado o Software Stellarium para reprojeter o eixo principal de tendência para a média anual de anos anteriores. Tais análises são interdisciplinares e dependem diretamente de uma visão antropológica, onde alguns autores como Afonso e Natal (2013), Cardoso (2010) e Coimbra (2007), comentam a necessidade de análise interdisciplinar para contextualização pois as evidências podem ser fragmentadas e com interpretações diversas. Borges e Gondim (2003) comentam que tais interpretações interdisciplinares podem ser extremamente dispersas uma vez que devesse analisar cada grupo étnico originário de forma distinta, podendo ocorrer diferentes interpretações para mesmas expressões geométricas. As interpretações utilizando o Software Stellarium foram baseadas nos comentários do pesquisador George Zotti, colaborador do complemento Arqueolinhas citado por Zotti e Wolf (2017).

5.11 CARTOGRAFIA LOCAL

Após utilização de cartas topográficas, foi possível comparar as geometrias do Bisnau com possíveis acidentes naturais.

Conforme comentando por Koch-Grümbler (1907) e posteriormente ratificado por Cabalzar (2010), inscrições rupestres podem conter perfis geométricos relacionados a acidentes naturais. A Figura 39 (Apêndice G) compara vetores da carta topográfica e petróglifos.

Figura 39 - Carta topográfica sobreposta a petróglifos



Analisando a carta topográfica e as geometrias, foi possível identificar alguns acidentes naturais e alinhamento como sendo caminho utilizado no alto da Serra da Capetinga, acidentes naturais como a Cachoeira do Bisnau, possíveis locais de plantio e posicionamentos de cavernas existentes na região. As indicações 1, 2 e 3 são conhecedentes com cavernas (Escaroba, Espiral e Moura), indicando possíveis locais conquistados.

No Sítio Arqueológico do Bisnau (indicação 4) está locado outro ponto de conquista, com possíveis caminhos que ligam a Cachoeira do Bisnau (indicação 5), destacando o petróglifo sentido jusante do Córrego Bisnau (indicação 8), onde Koch-Grumber (1903) encontrou um desenho semelhante próximo a uma cachoeira. Há indicação do córrego do Bisnau, registrado como região farta em alimentos (indicação 7 a 8), contendo possíveis locais para extração de argila (indicação 7). Também é possível analisar indicações da montanha envolvente a cachoeira do Bisnau (indicação 5), conectados por uma linha conhecedente com as águas vertentes da Serra da Capetinga. Alguns autores, como VaKoch (2014), Daniken (2011), Assad

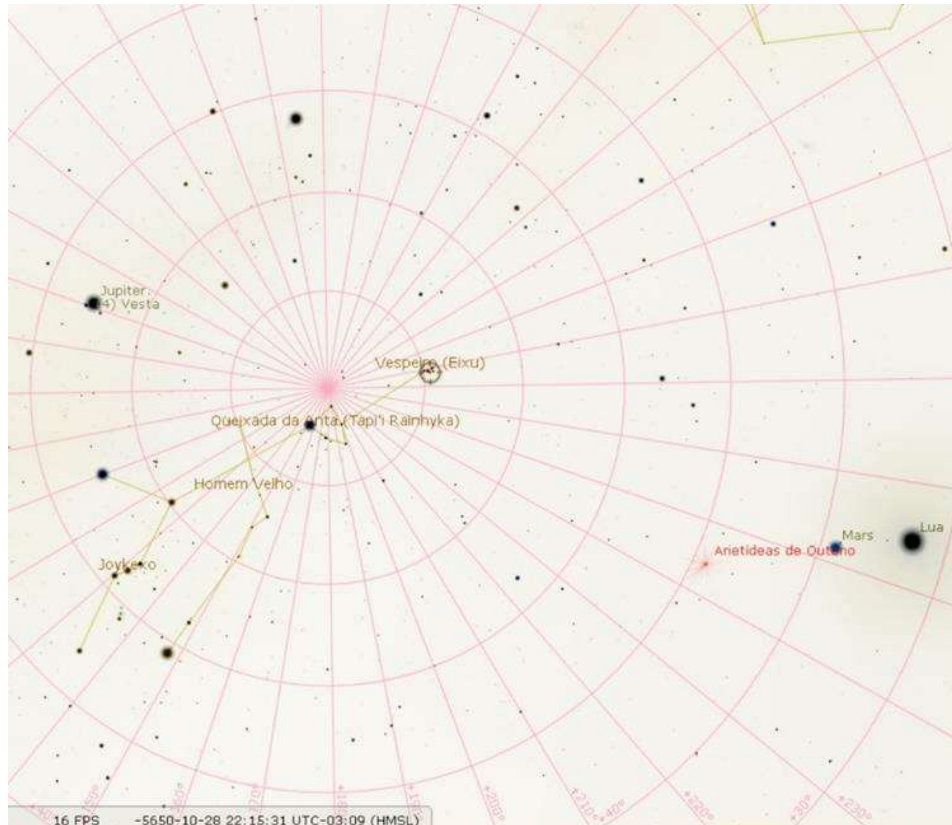
(2010), Almeida (2009) e Ribeiro (2006) comentam que representações rupestres, muitas vezes citadas como representações artísticas, na realidade poderiam ser sinalizações para navegação, onde ensinamentos eram repassados de grupos em grupos, deixando estampado como arte rupestre sinais que ajudariam a navegação e o deslocamento seguro dos povos.

De acordo com Sena e Lasso (2017) e Santa Cruz (2005), representações pontilhadas na pintura rupestre, além de representarem indicações de contagem numérica podem, também, ilustrar locais de sepultamento, como observado na Caverna Lapa Verissimo, localizada sentido norte a indicação 1 e na região da indicação 7. Tais representações evidenciadas na Figura 40 poderão apoiar futuras pesquisas arqueológicas na região. Mesmo com técnicas diferenciadas de representar possíveis acidentes naturais, os autores dos petróglifos do Bisnau conseguiram repassar expressões geométricas de grande semelhança com a cartografia da região.

5.12 CARTAS ASTRONÔMICAS

Considerando os resultados relacionados ao alinhamento predominante das figuras geometrizadas do Bisnau, o movimento de precessão e as informações geradas pelo *software* Sletarium, foi possível reprojeter o movimento solar sobre a superfície do Bisnau até o azimuth da constelação da Anta do Norte (Tapi'i), que possui o alinhamento mais adequado para o azimuth médio apresentado do Bisnau. A Figura 40 apresenta imagem do *software* Stellarium que ilustra o céu da época considerada (7668BCE).

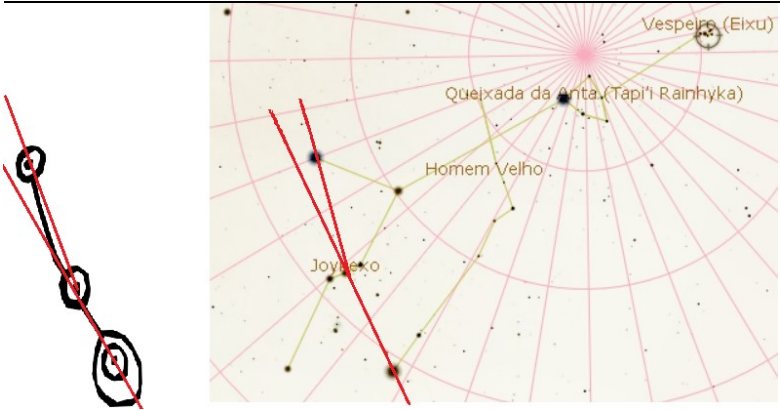
Figura 40 - Alinhamento aparente da Constelação Anta do Norte



O recorte da carta estelar apresentada na Figura 41 possui referência 7668 BCE, sendo melhor alinhamento e precessão para 28 de outubro, às 22:15h (horário local). Os alinhamentos e tendências de orientação apresentados nos resultados possuem semelhança significativa às constelações existentes na pré-história brasileira, que também estarão em mesmo alinhamento para 33438 BCE (posterior a 7668 BCE).

Ao analisar o posicionamento estelar utilizando o *software* Stellarium, em especial a referência 33438 BCE, foi identificado que a precessão para a referida data não equipara ao ajuste considerando os 25770 anos. Ao calibrar o *software* Stellarium com a precessão calculada ($24^{\circ}10'22,112''$), chegou-se à referência de 43834 BCE, onde orion posiciona-se no Zenite. A Tabela 41 apresenta os vetores com a descrição da constelação de semelhança geométrica.

Tabela 41 - Geometria comparativa entre petróglifos e constelação do Homem Velho

Comparativo (Petróglifo – Gráfico Estelar)	Alinhamento
	<p>Melhor alinhamento geométrico para cinturão de orion, composto por 3 estrelas principais (Ori 58, Ori 46 e Ori 19 – Norte para Sul), envolvente na constelação do Homem Velho.</p> <p>Melhor alinhamento de tempo para 7668 BCE, considerando limite do horizonte para 19h em Vespeiro (Eixu).</p>

Conforme Germano (2016) e VaKoch (2014), a Constelação do "Homem Velho" é formada pelas constelações ocidentais do Touro e de Órion, em que a cabeça do Homem Velho é formada pelas estrelas do aglomerado estelar Híades, cuja direção encontra-se em Aldebaran, a estrela mais brilhante da constelação do Touro e acima da cabeça do homem velho encontram-se as estrelas de Vespeiro (Eixu). O melhor alinhamento em 7668 BCE foi aplicado ao Software Stellarium, onde foi possível observar o posicionamento da constelação (Vespeiro - Eixu) em zênite do observador, sendo que tais interpretações são destinadas a especialistas da área de arqueoastronomia e antropologia, onde as considerações e alinhamentos sugeridos apenas ampliam o potencial existente no produto vetorial que foi mapeado. Para melhor fundamentação, a Tabela 42 apresenta informações da estrela dupla denominada Vespeiro (Eixu), referência principal da constelação do Homem Velho.

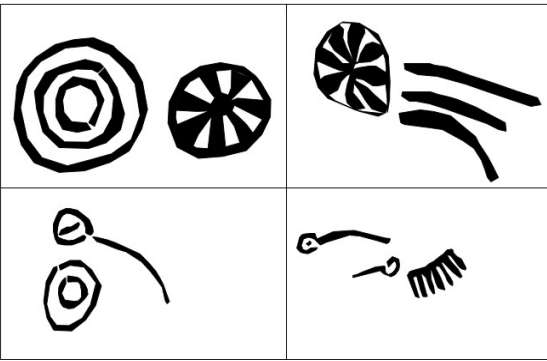
Tabela 42 - Informações da estrela dupla Vespertino (Eixu)

Comparativo (Petróglifo – Gráfico Estelar)	Descrição da comparação
<p>α Tau - 87 Tau - HIP 21421 - SAO 940:</p> <p>Tipo: estrela variável, estrela dupla (LB:) Magnitude: 0.85 (extinto para: 0.98) Magnitude Absoluta: -0.70 Índice de Cores (B-V): 1.55 Alcance da Magnitude: 0.75+0.95 (Sistema Fotométrico: V) AD/DEC (J2000.0): 4h35m21.44s/+16°55'37.3" AD/DEC (na data): 21h55m58.74s/-19°19'44.4" AH/DEC: 23h45m56.77s/-19°19'40.5" (aparente) AZ/ALT: +139°01'34.3"/+84°56'25.2" (aparente) LG/LAT: -179°28'00.8"/-20°05'47.2" Longitude/Latitude Super Galáctica: -21°34'11.6"/-42°33'32.1" Longitude/Latitude Eclíptica (J2000.0): +69°42'55.5"/-5°02'04.4" Longitude/Latitude Eclíptica (na data): +324°24'01.5"/-5°53'37.4" Obliquidade da eclíptica (na data): +24°11'47.5"</p>	<p>Azimute aparente: Contra azimute 139°01'34,3" (Azimute 319°1'34,3") para obliquidade da eclíptica (plano da órbita da Terra) em 7668 BCE com precessão 24°11'47,5".</p>

Fonte: Recorte do *Software Stellarium*.

O *software Stellarium*, configurado para o Ano 7668 BCE, poderá replicar alinhamentos semelhantes entre os anos 2353 BCE e 11987 BCE, considerando observação variável entre 19 e 2h para os meses de agosto e janeiro. As observações foram editadas manualmente, movimentando a linha do tempo disponível no *software*. Zotti e Wolf (2017) comentam que tais observações dependem da mudança da posição angular de dois pontos estacionários em relação um ao outro, como visto por um observador, denominada Paralaxe, alteração aparente ocasionada devido ao movimento do observador terrestre. Além das interpretações antropológicas das constelações essenciais para melhor interpretação, outras observações são de relevância, como, por exemplo, denominações geométricas que se assemelham a meteoritos, movimentos de astros, eclipse solar e lunar (AFONSO; NADAL, 2013; COIMBRA, 2007; BORGES; GONDIM, 2003). A Tabela 43 apresenta as principais geometrias do Bisnau que possuem semelhança com astros em movimento.

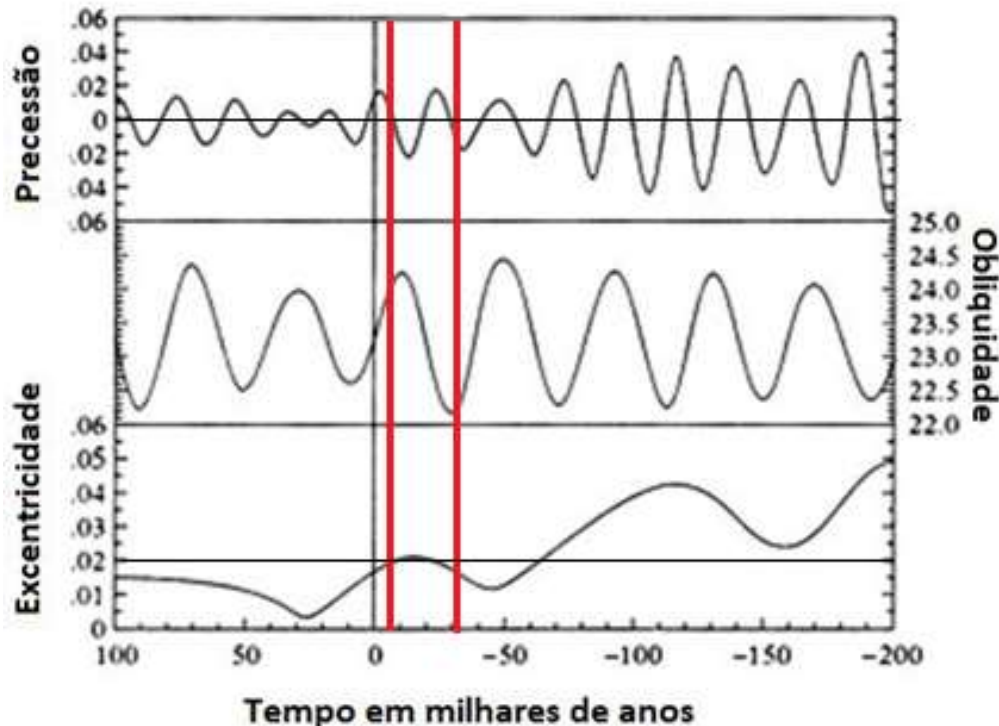
Tabela 43 - Geometria comparativa entre petróglifos e meteoritos

Comparativo (Petróglifo – Gráfico Estelar)	Descrição da comparação
	<p>Considerando possíveis meteoritos, alguns petróglifos do Bisnau assemelham-se a círculos em movimento, possíveis eclipses lunar/solar e fogo ocasionado possivelmente por descarga atmosférica.</p>

Fonte: Recorte de vetores do Bisnau. Acervo do autor.

Germano (2016) comenta que para os tupis-guaranis o Sol é o principal regulador da vida na Terra e tem grande significado religioso, para tanto, todo o cotidiano deles está voltado para a busca da força espiritual do Sol. Tais interpretações dependem de uma análise adequada por parte de antropólogos e historiadores, onde a presente pesquisa demonstrou uma ferramenta precisa para interpretação espacial das figuras geométricas. Petróglifos com possíveis representações de astros podem conter relação com as estações climáticas (GERMANO, 2016), contendo variações posicionais durante milhares de anos. Tais variações possuem relação com a precessão terrestre (KLEPER; SARAIVA, 2016) durante os anos. A Figura 44 representa gráfico da amplitude descrita, onde o mesmo ângulo de alinhamento poderá ser retornado a cada ciclo da precessão, sendo representado pelas linhas vermelhas em posição (1) para 7668 BCE e posição (2) para 33438 BCE.

Figura 41 - Amplitude das possíveis referências de alinhamento



Fonte: Adaptado de Oliveira Filho e Saraiva (2016).

O gráfico apresentado demonstra uma sequência entre a precessão climática e a excentricidade terrestre, contudo apresentando obliquidade oposta. Após interpretações de precessão e resultados apresentados pelo *software* Sletarium, foi possível combinar o alinhamento com projeções do céu na possível época em que os petróglifos foram desenhados, considerando os alinhamentos azimutais replicados durante o alinhamento geométrico. Como comparativo e considerando o ciclo total da precessão, os alinhamentos também são semelhantes geometricamente com a constelação Anta do Norte ou Queixada da Anta "Tapi'i" (Homem Velho) para os ano -31420, evidenciada com maior nitidez entre 18 e 0h.

Germano (2016) comenta sobre a posição acima da cabeça do Homem Velho como sendo o aglomerado estelar das Plêiades, um penacho que o homem velho tem amarrado à cabeça. Germano (2016) comenta que a constelação da Ema, localizada em uma região do céu limitada pelo Cruzeiro do Sul e Escorpião, formam sua cabeça pelo Saco de Carvão, nebuloso escuro localizado próximo à estrela Magalhães. Tais constelações caracterizam como principais influentes na vida do paleíndio sul-americano, influenciando-o a registrar diversas representações geométricas em inscrições rupestres e monumentos megalíticos. O Sítio do Bisnau possui características geométricas em seus petróglifos que podem representar tais constelações devido ao fato do alinhamento do movimento elíptico conter grande semelhança na posição das constelações em relação aos alinhamentos dos petróglifos. Além do mapeamento remoto, o georreferenciamento foi de extrema importância para orientação geodésica, informações estas essenciais para correlacionar as inscrições com representações cartográficas e de movimentação dos astros. Tais conclusões foram relatadas por Leibowicz (2015), Schaan (2014), Daniken (2011), Assad (2010) e Prous (1992).

5.13 REPRESENTAÇÃO TÉCNICA

Para a representação final dos vetores dos petróglifos (Apêndice J), o modelo proposto pela ET-PCDG para escala de 1:2.000 demonstrou disponibilidade geométrica adequada, contudo foi necessário reprojeter a presente escala para escala de 1:250 definida para o projeto, onde a maior escala cadastral representativa no modelo INDE seria até 1:2000. O Catálogo de Símbolos, edição ano 2000, publicado pela DSG (2017), não apresenta simbologia para grandes escalas em cadastro de sítios arqueológicos, dependendo diretamente de uma futura construção simbólica para representação das feições de ambientes arqueológicos.

De acordo com a DSG (2017), cabe à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), a implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), contudo os detalhes técnicos para estruturação simbólica dependem diretamente do envolvimento das classes técnicas multidisciplinares para implementação de catálogo simbólico para grandes escalas do mapeamento cadastral. É de valia ressaltar que a adaptação utilizada para representação gráfica das feições em prancha denominada Carta Topográfica Especial demonstra espaço gráfico adequado, necessitando de ajustes técnicos para favorecer a interpretação simbólica e a implementação de símbolos arqueológicos adequados para INDE.

Os dados levantados na presente pesquisa poderão ser adicionados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA), atualizando as informações técnicas da área, onde, em breve, o sistema poderá ser implementado como modelo digital de sítios arqueológicos, possibilitando o acesso simultâneo por pesquisadores sem a necessidade de promover o contato direto com o ambiente arqueológico.

6 CONCLUSÃO

Os resultados alcançados pelos experimentos realizados neste trabalho poderão ampliar as formas de mapeamento de sítios arqueológicos, permitindo a aplicação de métodos digitais de captura e processamento de imagens oriundas de aerolevanteamento por drone. O drone utilizado, categorizado como de baixo custo e portando câmera convencional digital, demonstrou ser uma ferramenta promissora para o mapeamento em resoluções subcentimétricas e curta distância, preenchendo lacuna deixada pelos métodos tradicionais da fotogrametria analógica.

Com a possibilidade de replicar os produtos georreferenciados, as interpretações de superfícies arqueológicas poderão ser diversificadas, dilatando as possibilidades de datação e conceituação geométrica de inscrições rupestres e vestígios arqueológicos, onde o Bisnau possui sobrecamadas de inscrições que dependem de uma interpretação antropológica e arqueológica, não sendo objeto da presente pesquisa.

Com o avanço tecnológico da aerofotogrametria, mapear com aeronaves não tripuladas vem tornando-se linha de ação para locais sensíveis, como Sítios Arqueológicos. As intervenções físicas no ambiente arqueológico foram mínimas, garantindo a integridade dos vestígios, evidenciando técnica a ser difundida entre pesquisadores da área. O processamento digital de imagens sem pontos de controle para apenas um bloco fotogramétrico demonstrou resultados positivos para aplicação em mapeamento arqueológico onde existe necessidade de obter um produto preciso com acurácia posicional com precisão centimétrica. Em geral, os pontos de apoio georreferenciados não trouxeram mudanças significativas para precisão do bloco, porém, apresentou significância na exatidão do modelo, fato este que deverá ser levado em consideração na especificação de precisões para padronização de métodos de mapeamento arqueológico utilizando drones. Foi possível analisar os vetores adquiridos em ambiente georreferenciado, possibilitando reprojeções geodésicas e análise espacial com precisão suficiente para garantir métodos qualitativos que atendem as normas vigentes.

É de valia ressaltar que, foi determinada uma idade de 7668 BCE ou 7668 anos atrás, baseada nos alinhamentos que foram compatíveis com o céu da época e o movimento solar aparente, onde o mesmo alinhamento também poderá ser replicado para a idade de 33438 BCE ou 33438 atrás, devido a precessão terrestre. Tais alinhamentos que originaram a base de cálculo para idade citada testou a viabilidade técnica de extrair feições de um Sítio Arqueológico e compara-las com diversas origens fundamentadas por profissionais da arqueologia e antropologia. As idades que foram calculadas dependem diretamente de uma crítica antropológica, alimentando a fundamentação teórica da proposta de datação.

Nessa perspectiva, foi possível identificar que o Sítio Arqueológico do Bisnau possui tendência de orientação geométrica relacionada com o movimento solar e o posicionamento celeste de diferentes épocas. Ademais, foi possível concluir que os vetores geométricos do Bisnau são semelhantes a toponímias e locais de interesse arqueológico, representados na carta topográfica atual, evidenciando o uso da

cartografia primitiva na orientação espacial do terreno ocupado e durante a orientação para navegação.

Após consulta das principais referências bibliográficas, foi possível identificar que existem inúmeros sítios arqueológicos, mapeados ou não, que possuem petróglifos em sua superfície, sugerindo, assim, a aplicação das técnicas testadas em conjunto com banco de dados para catalogação e registro das inscrições, reconhecendo a necessidade de integração da arqueologia/antropologia com as ciências geodésicas/cartográficas.

REFERÊNCIAS

AFONSO, G. B.; NADAL, C. A. Arqueoastronomia no Brasil. **Fapeam Online**, v. 1, p. 85, 2013. Disponível em: <site.mast.br/pdf_volume_1/Arqueoastronomia_no_Brasil_Germano_Afonso.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2018.

ALBUQUERQUE, F.; GALVÃO, G. M.; HORA, R. D. M. **Metodologia para a confecção de cartas ortoimagem e cartas especiais com base em imagens obtidas por sensores a bordo de sarp para fins de levantamento de uso da terra**. [Projeto de fim de curso de graduação em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia, 2016, 47 f.] Rio de Janeiro, 2016.

ALMEIDA, H. E. **Imaginário e experiência turística no sítio arqueológico Bisnau Formosa - Goiás: praticando espaços e construindo lugares**. [Dissertação de Mestrado – Repositório da UnB]. Brasília, 2015, p. 125.

ALMEIDA, I. de C. **Estudo sobre o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. [Trabalho de Conclusão de Curso – Repositório Online da Universidade Católica do Pernambuco]. Pernambuco, 2014.

ALVES JÚNIOR, L. R.; Côrtes, J. B. R.; Ferreira, M. E.; Silva, J. R.; Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, 2015, p. 2157-2164.

ALYILMAZ, C; ALYILMAZ, S; YAKAR, M. Measurement of petroglyphs (Rock of Arts) of Qobustan with close. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XXXVIII, n. 5, 2010, p. 29-32.

AMARAL, W. D. H. do; CASTAÑÓN, J. A. B. Comparação de aeronaves radiocontroladas para aerofotogrametria de baixa altitude. **XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET**, 2015, p. 1798-1808.

ANA, P.; GALUCIO, V. Theodor Koch-Grünberg: documentando culturas indígenas no início do século XX. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, v. 4, n. 3, Belém, set.- dez. 2009, p. 553-556.

ARIAS, A.; CAMPITELLI, M.; NETO, M. **Drones e produtividade: asa fixa x multirotor**. EBook DroneEng, v. 1, 2017, p. 13. Disponível em: <<http://droneng.com.br/materiais-educativos/>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

ASSAD, LEONOR. Dos traçados pré-históricos ao mapeamento digital. **ComCiência [online]**. 2010, n.123, pp. 1-3. ISSN 1519-7654. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000900002>. Acesso em: 2 jan. 2018.

BARBOSA, A. S. **Andarilhos da Claridade – Os primeiros habitantes do cerrado**. Ed. UCG. Goiânia/GO, 2002.

BEDNARIK, R. G. The dating of rock art: a critique. **Journal of Archaeological Science**, v. 29, n. 11, nov. 2002, p. 1213-1233. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305440301907113>>. Acesso em: 2 jan. 2018.

BEHRENSDORF, C. E. Eram candangos astronautas. **Revista Manchete**. ed. 1221, Rio de Janeiro/RJ, publicada em 13 de setembro de 1975, p.52-53.

BERTRAN, P. **História da terra e do homem do Planalto Central**. Ed. UnB, Brasília, 2010.

BERNARDO, D. V.; NEVES, W. A.. Diversidade morfocraniana dos remanescentes ósseos humanos da Serra da Capivara: implicações para a origem do homem americano. **FUMDHAMentos** ed. VIII, São Raimundo Nonato, 2009. p. 94-106.

BICHO, N. F. **Manual de arqueologia pré-histórica**. 2. ed. Coimbra: Edições 70, 2012.

BORGES, L. C.; GONDIM, L. **O saber no mito — conhecimento e inventividade indígenas**, Ed. Teatral. Rio de Janeiro, 2003.

CANO, E.; HORTON, C.; LILJEGREN, C.; BULANON, D. M.; Comparison of Small Unmanned Aerial Vehicles Performance Using Image Processing. **Jornal of Imaging**, 2017. p.1-14, Vol:3.

CARDOSO, W. T. Astronomia cultural: como povos diferentes olham o céu. **Academia PUC Online**, v. 1, 2010, p. 1-17. Disponível em: <<http://www.academia.edu/19641392>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

CASSEMIRO, G. H. M.; PINTO, H. B. **Composição e processamento de imagens aéreas de alta-resolução obtidas com drone**. Dissertação de Mestrado. Brasília, 2014. p. 81. Disponível em: <https://fga.unb.br/articles/0000/7686/TCC2_GuilhermeCassemiro_090115465_e_HugoBorges_090116461_v2.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2018.

CHANDLER, J. H.; FRYER, J. G. Recording aboriginal rock art using cheap cameras and digital photogrammetry. **CIPA 2005 XX International Symposium**, Figure 1, 2005, p. 6.

CHRISTOPHE, E.; INGLADA, J.; GIROS, A. **Orfeo toolbox**: a complete solution for mapping from high resolution satellite images. Repositório Orfeo, 2008, p. 1263-1268.

COIMBRA, Fernando. Algumas considerações teóricas sobre arqueoastronomia. **Revista de Portugal**, Coimbra, 2008.

COMERLATO, F. As representações rupestres do Estado de Santa. **Ohun**, v. 2, n. 2, 2005, p. 150-164.

CARRIVICK, Jonathan L.; SMITH, Mark W.; QUINCEY, Duncan J.; CARVER, Steve J. Developments in budget remote sensing for the geosciences. **Geology Today - Wiley Online Library Log**, v. 13, n.29, 2013, p. 138-143.

COLOMINA, L.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.92, 2014. p.79-97.

DA HORA, R. D. D. M.; GALVÃO, G. M.; ALBUQUERQUE FILHO, J. E. Metodologia para a confecção de cartas ortoimagem e cartas especiais com base em imagens obtidas por sensores a bordo de sarp para fins de levantamento de uso da terra. **Repositório IME**, 2016, p. 1-47. Disponível em: <<http://www.ime.eb.br/consultas.html>>. Acesso em: 2 mai. 2018.

DALTON, R. Dating in doubt as researcher is probed. **Nature**, v. 392, March, 1998, p. 218-219.

DANIKEN, E. V. **Eram os deuses astronautas**. [s.l.]: Melhoramentos, 2011.

DANTAS, P. et al. A. Mapeamento e caracterização sociocultural dos sítios arqueológicos da região do Seridó Oriental Paraibano. **Congresso Norte-nordeste de pesquisas e inovação**. Palmas, TO, 2012.

DEBLASIS, P.A.; ROBRAHN-GONZÁLEZ, E. M. **Programa de Resgate Arqueológico da UHE Lajeado, estado do Tocantins – Relatório Final**, Vol. I, II, III. Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DEPOSITPHOTOS. Image Data. **Stock photo qobustan prehistorical petroglyphs rock painting**, 2009. Disponível em: <<https://br.depositphotos.com/104571994/>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

DISPERATI, A. A.; AMARAL, R. F.; SCHULER, C. A. B. Fotografias aéreas de pequeno formato: aplicações ambientais. **UNICENTRO**, Guarapuava, 2007, p. 190-215.

DJI, Dà-Jiāng Innovations. **Product Support – Explorer Mavicpro**. Shenzhen, 2017. Disponível em: <<https://www.dji.com/support/product/mavic>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

DSG, Diretoria de Serviço Geográfico. Manual técnico de Convenções Cartográficas, **Manual T34-700**, 2. Parte. Catálogo de Símbolos. 2. ed. 2000. Disponível em: <<https://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DSG, Diretoria de Serviço Geográfico. Convenções Cartográficas, **Manual T34-601**, 1. Parte. Normas para o emprego dos símbolos. 2. ed. 2002. Disponível em: <<https://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DSG, Diretoria de Serviço Geográfico. **Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCDG)**, Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), 2. ed. 2016. Disponível em: <<https://www.geoportal.eb.mil.br/portal/inde2>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

DSG, Diretoria de Serviço Geográfico. **Manual do DSG Tools®**, Ferramenta plugin de produção cartográfica disponível em complementos – Plataforma QGIS® 2.18, DSGTolls Versão 2.0, 2017.

EYZAGUIRRE, R. P.; JARECA, P. G. Los petróglifos de Salcedo – Puno. **Revista Electrónica de Arqueología PUCP**, v. 3, n. 10, 2009, p. 1-10.

FUMDHAM. Fundação do Homem Americano. **Revista de artigos FUNMDHAMentos**, Edição XII, 2016.

FUNARI, P. P.; PELEGRINI, S. C. A. **Patrimônio histórico e cultural**. 2. ed. [s.l: s.n.]. Rio de Janeiro, 2006.

GASPAR NETO, V. V.; SANTOS, R. V. A cor dos ossos: narrativas científicas e apropriações culturais sobre “Luzia”, um crânio pré-histórico do Brasil. **Mana**, v. 15, n. 2, 2009, p. 449-480. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-93132009000200005&script=sci_arttext&tlng=e!n>. Acesso em: 8 jan. 2018.

GOIÁS, ESTADO DE. Publicações e Artigos. **Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG**. Goiânia, 2017. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 10 dez. 2018.

FREYRE, G. **Casa-Grande & Senzala**. Ed. Global, São Paulo, 1933.

GERMANO, A. Mitos e Estações no céu Tupi-Guarani, **Scientific American Brasil**, Editora Segmento. São Paulo, 2016. Disponível em http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacees_no_ceu_tupi-guarani.html. Acesso em 20 jan 18.

GUARINELLO, N. L. Os primeiros habitantes do Brasil. Ed. **Atual**, São Paulo, 1994. 14ed.

GUIDON, N.; DELIBRIAS, G. Carbon-14 dates point to man in the Americas 32,000 years ago. **Nature**, v. 321, n. 6.072, 1986, p. 769-771. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/321769a0>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

GUIDON, N.; ARNAUD, B. The chronology of the new world: Two faces of one reality, **World Archaeology**. Paris, 1991. p.167-178.

Guidon N. On Stratigraphy and Chronology at Pedra Furada. **Current Anthropology**. Vol. 30, No. 5. Chicago, 1989. p. 641-642.

GUTIÉRREZ CALVACHE, D. Sobre el simbolismo y la funcionalidad del número en el arte rupestre de la cueva de los petróglifos. **Caribe Arqueológico**, v. 6, n. 1.967, 2002, p. 23-34.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas e mapas – editorial, 2005 Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico MAPGeo 2015**. Versão 1.0.1 – Ano 2015. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/geociencias-novoportal/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/normas>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP** Rio de Janeiro/2017. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/geociencias-novoportal/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/normas>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Previsão Numérica Online**, 2017. Acesso em: <www.inmet.gov.br/portal/index> . Acesso em: 23 dez. 2017.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma de execução INCRA nº96**. Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais/Referenciamento de imóveis rurais, 2010. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/tree/info/file/2419>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual técnico de posicionamento**. Georreferenciamento de imóveis rurais. 1ª Edição. Gestão e certificação de imóveis rurais, 2013. Disponível em: <<https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/>. Acesso em: 23 dez. 2017.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Website INCRA**. Veículos aéreos não tripulados revolucionam trabalhos realizados pelo Incra, 2017. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/noticias/veiculos-aereos-nao-tripulados-revolucionam-trabalhos-realizados-pelo-incra>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Website do Centro Nacional de Arqueologia** - CNA, 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1239/>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Website do Patrimônio Arqueológico**, 2017. Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1376/>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

JUNQUEIRA, C. D. S. **Imagens anaglifo para observação em 3D**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Repositório da Universidade Federal do Pernambuco. Recife, 2010.

KIM, S.; COSTA, D. B.; MENDES, A. T. C.; Lessons learned from unmanned aerial system-based 3D mapping experiments. **52nd ASC Annual International Conference Proceedings**, n. 2.014, 2016.

KEPLER, S. O. Filho; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; **Precessão do Eixo da Terra**. Texto online UFRGS, 2016. Disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

KOCH-GRÜNBERG, T. Südamerikanische Felszeichnungen. Berlin: Wasmuth A.-G, 1907. Edição traduzida "**Petróglifos Sul-americanos**", Ed. Instituto Socio-ambiental. Brasília, 2010.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina. **Analysis SOL-AR®**. Versão 6.2, 2016. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

LAHAYE, C. et al. Human occupation in South America by 20,000 BC: The Toca da Tira Peia site, Piauí, Brazil. **Journal of Archaeological Science**, v. 40, n. 6, 2013, p. 2840-2847. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.02.019>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

LANGER, Johnni. O megalitismo na pré-história brasileira. **Revista de arqueologia**, v. 10. Curitiba, 1997, p.89-106.

LANGER, Johnni. História de uma fascinante civilização – Os Vikings. **Ed. Hemus**. Curitiba, 2004.

LARA, C. D. E.; FERNÁNDEZ, F. L. Rescate documental de petróglifos y reconstrucción 3D del Corredor Dolménico de Cubillejo de Lara, Burgos. **Virtual Archaeology Review**, v. 7, n. 14, 2016, p. 43-52.

LEITE, C.; BRETONES, P. S.; BISH, S. M.: O ensino de astronomia no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, os parâmetros curriculares nacionais e a formação de professores. História da Astronomia no Brasil, Organizador Oscar T. Matsuura – Cia Ed. Pernambuco. Recife, 2014, p. 544-586.

LLINARES GARCÍA, M. del M. Interpretación y sobreinterpretación en la reconstrucción histórica: una reflexión sobre los petróglifos con podomorfos en Galicia. **Zephyrus - Universidad de Salamanca**, v. 64, 2009, p. 39-51.

MARRO, A. A. **Modelo para Reconstrução 3D de cenas baseado em imagens**. Dissertação de Mestrado – Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

MCDONALD, J.; VETH, P. Dampier Archipelago petroglyphs: archaeology, scientific values and National Heritage Listing. **Archaeology in Oceania**, v. 44, n. S1, dez. 2009, p. 49-69. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/j.1834-4453.2009.tb00068.x>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

MCNIVEN, I. J.; RUSSELL, L. “Strange paintings” and “mystery races”: Kimberley rock-art, diffusionism and colonialist constructions of Australia’s aboriginal past. **Antiquity**, v. 71, n. 274, 1997, p. 801-809.

MELO VAZ, L. J. de. **Memória da Pedra Talhada – arte rupestre de Niquelândia - GO**. [Dissertação de Mestrado em Cultura Visual - FAV - Universidade Federal de Goiás, 115 f.]. v. 1, 2005.

MELO, E. L.; BRENDA, J. I. **Comunicação apresentada na 4ª sessão de estudos**. Departamento de Antropologia e Sociologia do Instituto de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal de Goiás, 1971.

MENDONÇA DE SOUZA, Alfredo. Mapa de localização dos sítios arqueológicos, Anexo ao manuscrito II. **Projeto Bacia do Paranã – Volume I**, Goiânia/GO, 1979.

MENDONÇA DE SOUZA, Alfredo. Mapa de localização dos Sítios Arqueológicos, Anexo ao manuscrito – documentos n. 38 (1975), 50 (1978) e 51 (1979). **Projeto Bacia do Paranã – Volume II**, Goiânia/GO, 1982.

MILONE, Andre. *Astronomia no dia a dia. Introdução à Astronomia e Astrofísica - Divisão de Astrofísica (DAS/INPE)*. São José dos Campos, 2013. Cap.1. Disponível em: < http://staff.on.br/maia/Intr_Astron_eAstrof_Curso_do_INPE.pdf> Acesso em: 2 mai. 2018.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

MORENO, A. et al. Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial. **Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 1, 2013, p. 9308-9315.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. The Precession of the Earth's Axis. **International Solar-Terrestrial Physics (ISTP)**, 2017. Disponível em: < <https://www-istp.gsfc.nasa.gov/stargaze/>>. Acesso em: 2 mai. 2018.

NETO, M. S. et al. **Droneng – case mapeamento aéreo com phantom**. 2017. Disponível em: < <https://droneng.com.br/materiais-educativos/>>. Acesso em: 2 mai. 2018.

NEVES, W. A.; HUBBE, M. Cranial morphology of early americans from Lagoa Santa, Brazil: implications for the settlement of the new world. **Proceedings of the National Academy of Science**, n. 102, 2005, p. 18.309.

NEWS.AZ. The Petroglyph Museum at Gobustan in Azerbaijan, 2012. Disponível em: <<https://news.az/articles/culture/52058>> . Acesso em: 2 mai. 2018.

OKLADNIKOV, A. P. The petroglyphs of Siberia. **Scientific American**, v. 221, n. 2, 1969, p. 74-82.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. **Precessão do eixo da Terra**. 2016, p. 1-8. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

OTB. **Software Guide OrfeoToolBox®**. Licenciado pela General Public Licence (GDU) Versão 6.0. 2015. Disponível em: < <https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

PARRA, G. D. A. **Aplicación de los drones como herramienta tecnológica innovadora para la investigación de los sitios arqueológicos**. Repositório da Universidad Técnica de Machula. Machula, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9673>. Acesso em 5 jan 2018.

PALERMO, R. de A.; LEITE, T. C. Integração de levantamento fotogramétrico aéreo com o uso de Vant e levantamento fotogramétrico terrestre para o mapeamento tridimensional das ruínas de São Miguel das Missões. **VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**. Curitiba, 3 a 5 de dezembro de 2013.

PAVELKA, K. **The documentation of historical monuments in Peru**. Geoglyphs and petroglyphs in Nazca region and Sechin Archeological Site. [s.d.]. Praga, 2011.

PENÃ, A. P.; SOARES, V. C. N.; MAGALHÃES, E. D. **Achado de ferramenta lítica plano convexo no interior da caverna Toca da Onça da Capitinga, Formosa-Goiás**. ANAIS do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia v. 2 Online.113, 2017, p. 537-545.

PERES, A. B. Aerotriangulação por faixa e em bloco, por aplicação de *software* especialista, com medições de coordenadas fotográficas em mesa digitalizadora. [Dissertação de mestrado pela Universidade Federal de Santa Maria]. Santa Maria, 2007.

PERIN, G.; GERKE, T.; LACERDA, V. S.; ZUBEK, J.; CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M.; Análise de Acurácia de Georreferenciamento de Mosaicos de Imagens Obtidas por RPA. **Anais do EATI** – Encontro Anual de Tecnologia da Informação e STIN – Simpósio de Tecnologia da Informação da Região Noroeste do RS 193, 2016, p. 193-199. Disponível em: <<http://eati.info/eati/2016/assets/anais/Longos/193.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

PERON, L. V.; CENI, V.V.; ELIAS, A. R.; GRANEMANN, D. C.; FELIPETTO, H. S.; Análise comparativa entre o método de posicionamento relativo estático e o serviço PPP do IBGE aplicada ao georreferenciamento de imóveis rurais. **IV Simpósio Brasileiro de Geomática**. II Jornadas Lusófonas - Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica. Presidente Prudente-SP, 2017. p. 376-380.

PEYRE, E.; GUÉRIN, Claude; GUIDON, Niède; COPPENS, Yves. Des restes humains pleistocenes dans la grotte du Garrincho. **Comptes Rendus de l'Academie de Sciences** - Serie Ila: Sciences de la Terre et des Planetes Vol. 327. Paris, 1998. p. 355-360.

PIX4D, Company S.A. **Pix4D Desktop Preview technical release notes**. Articles Online Notes. Lausanne, 2016. Disponível em: <<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115005738363>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

PIX4D, Company S.A. **Pix4D Support Notes - Current version 4 Preview**. Articles Online Notes. Lausanne, 2017. Disponível em: <<https://support.pix4d.com/>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

PRESTON JAMES. Geography of man, **International 2 Revised ed edition**, 1938, p. 201-581 (Dec.1966).

PROUS, A. **Arqueologia Brasileira**. Ed. UnB, 1992.

QGIS. Free Software Foundation, Inc. **Repositório Github para QGIS® 2.18**. Versão 2.18, 2017.

RAISZ, E. **General cartography**. Rio de Janeiro: Editora MEC/USAID, 1969.

RIBEIRO, L. M. R. **Os significados da similaridade e do contraste entre os estilos de arte rupestre** – um estudo regional das pinturas e gravuras do alto-médio São Francisco. 2006. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-11082006-111750/>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

RENFREW C. The social archaeology of megalithic monuments. **J'cientific American**. Ed 1.249, n.5, 1982. p.128-138.

RIVEIRO, B. et al. **New approaches for 3D documentation of petroglyphs in the northwest of the Iberian Peninsula**. Espanha: BBCC repositório do Department of Natural Resources and Environmental, 2012.

ROIG, H. L. et al. Uso de câmeras de baixo custo acopladas a veículos aéreos leves no estudo do aporte de sedimentos no Lago Paranoá. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 2013, p. 9332-9339.

SANTOS, A.P.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: Proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas – Online**. Artigos, Curitiba, 2016. V.22, No4, p.630-650.

SANTOS, A. P. **Guia técnico do GeoPEC** – baseado na Especificação Técnica de Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), GeoPEC® versão 3.4. 2017. Disponível em: <<https://afonsosantos.blogspot.com.br/2017/06/geopec-versao-34>>. Acesso em: 2 jan. 2018.

SANTOS, M. A. F. **Metodologia para elaboração de mapas para corridas de aventuras**. [Monografia para Especialização – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, Programa de Especialização em Geoprocessamento]. Belo Horizonte, 2005.

SANZ, J. O. et al. A simple methodology for recording petroglyphs using low-cost digital image correlation photogrammetry and consumer-grade digital cameras. **Journal of Archaeological Science**, v. 37, n. 12, 1 dez. 2010, p. 3158-3169. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440310002578>>. Acesso em: 14 out. 2017.

SAUERBIER, M.; FUX, P.; KERSTEN, T.; LINDSTAEDT, M.; Integration of 3D Data , Texture and Archaeological Information in a Database Management System for Petroglyph Documentation and Interpretation. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Beijing, 2008. Vol. XXXVII. Part B5, p. 241-246.

SEKITANI, Takashi. **Software Guide Anaglyph Maker** - Anamaker®. 1.08. Software freeware C++ Builder5, 2017.

SERNA, D. S.; LASSO, D. L. Estudio descriptivo de los petroglifos presentes en el municipio de arboleda, Nariño, como referente morfológico para aplicación de identidad corporativa. [s.l: s.n.] 2017, p. 167.

SCHAAN, D.; PÄRSSINEN, M.; SAUNALUOMA, S.; RANZI, A.; BUENO, M.; BARBOSA, A.. New radiometric dates for precolumbian earthworks in western Amazonia, **Journal of Field Archaeology**, 2012. Ed. 37-2, p.132-142.

SCHAAN, D.. Arqueologia para etnólogos: colaborações entre arqueologia e antropologia na Amazônia. Anuário Antropológico UFPA, Belém, 2014. Vol. 39, p. 13-44.

SCHMITZ, P. I.; MOEHLECKE, S.; BARBOSA, A. S. Sítios de petróglifos nos projetos alto-tocantins e alto-araguaia, Goiás. **Pesquisas - Série Antropologia São Leopoldo**, v. 30, 1979. p. 1-73.

SONNEMANN, T.; ULLOA HUNG, J.; HOFMAN, C. Mapping Indigenous Settlement Topography in the Caribbean Using *Drones*. **Remote Sensing**, v. 8, n. 10, 23 set. 2016, p. 791. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-4292/8/10/791>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

TARSIA, R. D.. O movimento de precessão da Terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vol.21, no.4, 1999, p. 507-511.

UCHÔA, D. P.; GARCIA, C. D. R. Cadastramento dos sítios. **Revista de Arqueologia do Instituto Histórico da USP**. São Paulo, 1981.

UCHÔA, D.P. Proposta metodológica para o cadastramento e mapeamento de sítios pré-históricos do Brasil. **Revista de Arqueologia**, São Paulo, 1994, p. 103-107.

VALLET, J; PANISSOD, F.; STRECHA, C.; TRACOL, M.; Photogrammetric Performance of an Ultra Light Weight Swinglet "Uav". ISPRS - **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Ed XXXVIII-1. Zurich, 2011, p.253-258.

VAKOCH, D. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data Archaeology - National Aeronautics and Space Administration - **The NASA history series** - NASA - antropologia; NASA - arqueologia; NASA – extraterrestre. Washington D. C., 2014.

ZIEGLER, S. **Software Guide CadTools®**. Ferramenta plugin de edição gráfica de vetores disponível como complementos para General Public Licence (GDU) – Plataforma QGIS® 2.18, CadTools® versão 0.6.3. 2017.

ZOTTI, G.; WOLF, A. **Stellarium 0.18.0 User Guide**. Barnaul Russia, 2017. Disponível em: <<https://stellarium.org/pt>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

APÊNDICE A –RELATÓRIO DE TRANSPORTE DE COORDENADAS

- 1- RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO PPP1 – AVALIADO (Página 130)
- 2- RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO PPP2 – UTILIZADO (Página 131)



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: N/A

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2017/05/19 15:27:51,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2017/05/19 16:34:48,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	MAG990596 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena²(m):	1,380
Ângulo de Elevação(grades):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,85 GPS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,83 GPS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(grams)	Longitude(grams)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (8 a quo disse por usado)⁴	-15° 18' 36,3219"	-47° 07' 08,1801"	769,40	8306265,067	272484,909	-45
Na data do levantamento⁵	-15° 18' 36,3152"	-47° 07' 08,1820"	769,40	8306265,273	272484,850	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,004	0,017	0,014			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-14,18					
Altitude Ortométrica (m)	783,58					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados coletados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, reclamações ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso de aplicativos de processamento CRES-PPP desenvolvidos pelo Canadian Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.



Sumário do Processamento do marco: N/A

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/10/25 10:35:35,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/10/25 14:22:24,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	0,035
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,26 GPS 10,08 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,12 GPS 0,12 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-15° 18' 36,3224"	-47° 07' 08,1832"	769,46	8306265.051	272484.817	-45
Na data do levantamento ⁵	-15° 18' 36,3155"	-47° 07' 08,1852"	769,46	8306265.262	272484.755	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,004	0,006			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-14,18					
Altitude Ortométrica (m)	783,64					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto processamento das informações por parte do usuário.

Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO E AJUSTE RTK

Visão Geral do Levantamento de Terrenos

GNSS Solutions, Copyright (C) 2005 by Thales Navigation, 25/10/2017 19:49:47
www.thalesnavigation.com

Nome do Projecto: bisnau-rtk
 Sistema de Referência Espacial: SIRGAS2000 UTM FUSO 23S
 Fuso Horário: Brasília
 Unidades Lineares: Metros

Resumo do Sistema de Coordenadas

Sistema de coordenadas

Nome: SIRGAS2000 UTM FUSO 23S
Tipo: Projectado
Nome da Unidade: Metros
Metros por unidade: 1
Datum Vertical: Elipsóide
Unidade vertical: Metros
Metros por unidade: 1

Dado

Nome: SIRGAS2000 UTM FUSO 23S
Nome da Elipsóide: GRS 1980
Eixo Semi-maior: 6378137.000 m
Achatamento Inverso: 298.257222101

Projeção

Classe da Projeção: Transverse_Mercator
latitude_of_origin 0° 00' 00.00000"N
central_meridian 45° 00' 00.00000"W
scale_factor 0.000500000000
false_easting 500000.000 m
false_northing 10000000.000 m

Pontos Registados

Nome	Componentes	68.7%		Estado
		Erro		
base	Este	272484.817	0.004	-
	Norte	8306265.051	0.002	-
	Altura da elipse	769.460	0.006	-
AQ09	Este	272524.440	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306360.353	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	783.897	0.001	Processado (RTK)
AT01	Este	272471.408	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306350.701	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	769.618	0.001	Processado (RTK)
AT02	Este	272481.725	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306360.279	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	778.942	0.001	Processado (RTK)
AT03	Este	272506.769	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306361.182	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	772.111	0.001	Processado (RTK)

AT04	Este	272521.167	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306379.231	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	782.099	0.001	Processado (RTK)
AT05	Este	272540.556	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306361.223	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	773.133	0.001	Processado (RTK)
AT06	Este	272529.874	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306341.340	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	772.174	0.001	Processado (RTK)
AT07	Este	272521.475	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306332.180	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	774.646	0.001	Processado (RTK)
AT08	Este	272489.932	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306329.091	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	770.560	0.001	Processado (RTK)
CH10	Este	272490.695	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306341.274	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	776.516	0.001	Processado (RTK)
CH52	Este	272481.982	0.001	Processado (RTK)
	Norte	8306346.028	0.001	Processado (RTK)
	Altura da elipse	780.631	0.001	Processado (RTK)

Ficheiros

Nome	Hora de Início	Amostragem	Épocas	Tamanho (Kb)	Tipo
G6046A17.139	17/05/19 12:27	1	4018	7655L1/L2	GPS/GLONASS/RTK
B1234K17.139	17/05/19 13:27	1	117	57	L1 RTK
B1234A17.139	17/05/19 12:32	1	235	95	L1 RTK
B1234B17.139	17/05/19 12:37	1	256	111	L1 RTK
B1234C17.139	17/05/19 12:42	1	253	114	L1 RTK
B1234D17.139	17/05/19 12:47	1	326	143	L1 RTK
B1234E17.139	17/05/19 12:54	1	257	116	L1 RTK
B1234F17.139	17/05/19 13:00	1	250	107	L1 RTK
B1234G17.139	17/05/19 13:05	1	208	86	L1 RTK
B1234H17.139	17/05/19 13:09	1	221	113	L1 RTK
B1234I17.139	17/05/19 13:13	1	445	214	L1 RTK
B1234J17.139	17/05/19 13:22	1	235	114	L1 RTK

Observações

Local	Antena Tipo	Antena Altura	Altura Receptor Tipo	Receptor Tipo	Hora de Início	Nome do Ficheiro
60462	MAG990596	1.350	Vertical	Prom500RTK	17/05/19 12:27:51	
G6046A17.139						
CH52	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 13:27:59	
B1234K17.139						
AT01	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 12:32:27	
B1234A17.139						
AT02	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 12:37:20	
B1234B17.139						
AT03	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 12:42:42	
B1234C17.139						
AT04	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 12:47:57	
B1234D17.139						
AT05	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 12:54:37	
B1234E17.139						
AT06	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 13:00:08	
B1234F17.139						
AT07	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 13:05:26	
B1234G17.139						
CH10	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 13:09:45	
B1234H17.139						
AT08	NAP100	0.098	Vertical	PROMARK3RTK	17/05/19 13:13:52	
B1234I17.139						

AQ09 NAP100 0.098 Vertical PROMARK3RTK 17/05/19 13:22:29
 B1234J17.139

Processos

<u>Num</u>	Referência	Ficheiro de Referência	Móvel	Ficheiro Móvel	Modo	
60462	G6046A17.139		CH52	B1234K17.139	Static	1
60462	G6046A17.139		AT08	B1234I17.139	Static	2
60462	G6046A17.139		CH10	B1234H17.139	Static	3
60462	G6046A17.139		AT07	B1234G17.139	Static	4
60462	G6046A17.139		AT06	B1234F17.139	Static	5
60462	G6046A17.139		AT05	B1234E17.139	Static	6
60462	G6046A17.139		AT04	B1234D17.139	Static	7
60462	G6046A17.139		AT03	B1234C17.139	Static	8
60462	G6046A17.139		AT02	B1234B17.139	Static	9
60462	G6046A17.139		AT01	B1234A17.139	Static	10
60462	G6046A17.139		AQ09	B1234J17.139	Static	11

Pontos Ajustados RTK (topo local)
CSV Exportado
Formato: ID, ESTE, SIGMA, NORTE, SIGMA, ALT,
SIGMA (DECIMAL x,xxxx)

1001	272522,3227	0,001	8306380,4610	0,001	773,9323	0,002
1002	272540,2101	0,001	8306363,4720	0,001	767,1348	0,002
1003	272521,0137	0,001	8306333,3391	0,001	762,1371	0,002
1004	272490,2063	0,001	8306330,8410	0,001	765,2651	0,002
1005	272480,8376	0,001	8306361,5048	0,001	773,2319	0,002
1006	272506,1813	0,001	8306363,3762	0,001	771,9604	0,002
1007	272529,7994	0,001	8306343,3136	0,001	763,2841	0,002
1008	272490,5004	0,001	8306343,3216	0,001	768,2197	0,002
1009	272482,7373	0,001	8306345,9987	0,001	769,2573	0,002
1010	272468,7699	0,001	8306352,5306	0,001	772,3943	0,002
1011	272524,8769	0,001	8306361,6880	0,001	768,9444	0,002

APÊNDICE C – RELATÓRIO COMPLETO DO PIX4D

- 1- RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO – SEM PONTOS APOIO
(Páginas 136 à 141)
- 2- RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO – COM PONTOS APOIO
(Páginas 142 à 147)

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 4.1.24



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	semapoio
Processed	2018-04-10 06:46:23
Camera Model Name(s)	FC220_4.7_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	0.85 cm / 0.33 in
Area Covered	0.008 km ² / 0.7611 ha / 0.00 sq. mi. / 1.8817 acres
Time for Initial Processing (without report)	15m:45s

Quality Check



Images	median of 52523 keypoints per image	
Dataset	109 out of 109 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	1.62% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 9481.4 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, no 3D GCP	

Preview

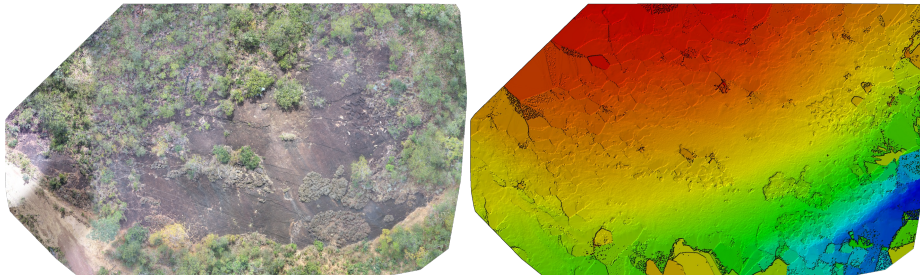


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	109 out of 109
Number of Geolocated Images	109 out of 109

Initial Image Positions

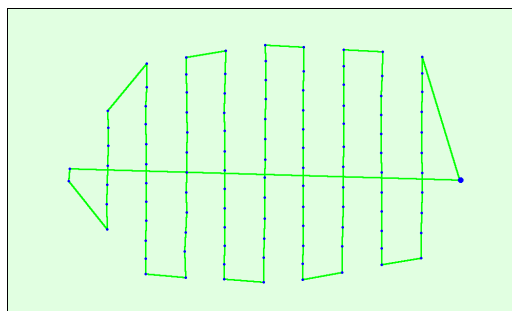


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

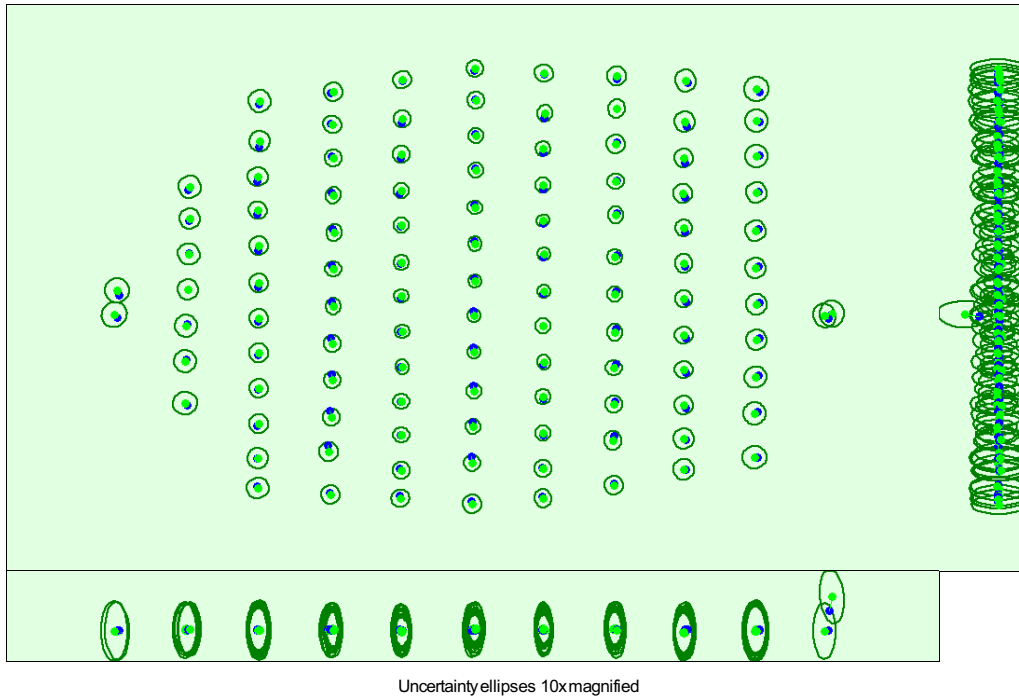


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.143	0.144	0.349	0.607	0.412	0.170
Sigma	0.024	0.024	0.073	0.005	0.007	0.001

Overlap

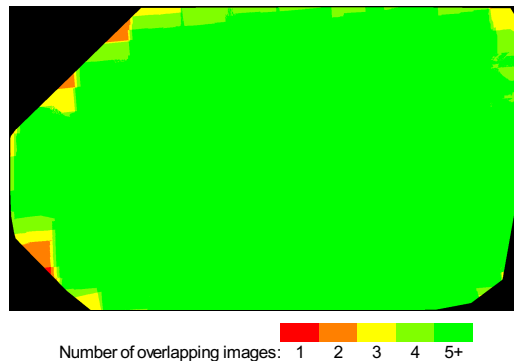


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1076551
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	359480
Mean Reprojection Error [pixels]	0.187

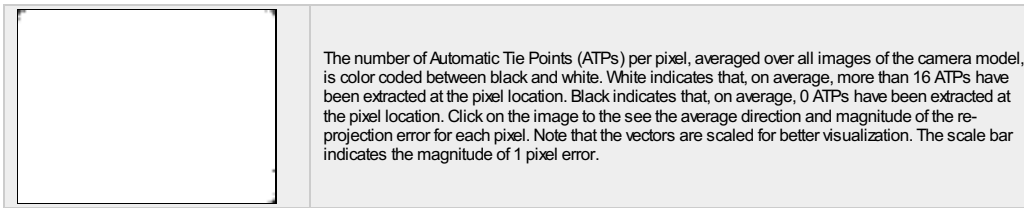
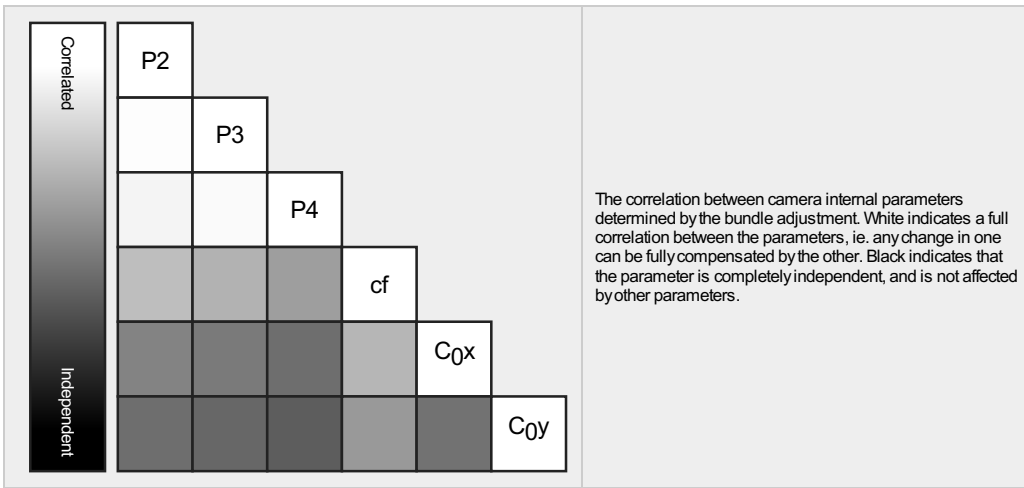
Internal Camera Parameters

FC220_4.7_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.327 [mm] x 4.745 [mm]

EXIF ID: FC220_4.7_4000x3000

	Poly[0]	Poly[1]	Poly[2]	Poly[3]	Poly[4]	c	d	e	f	Principal Point x	Principal Point y
Initial Values	0.000000	1.000000	0.352919	-0.784259	2.591940	4810.74	0.00	0.00	4810.74	2000.00	1500.00

Optimized Values	0.000000	1.000000	0.407463	-0.778211	2.495288	3748.75	0.00	0.00	3748.75	1992.41	1526.03
Uncertainties (Sigma)			0.000908	0.002840	0.003075	4.42	0.00	0.00	4.42	0.07	0.05



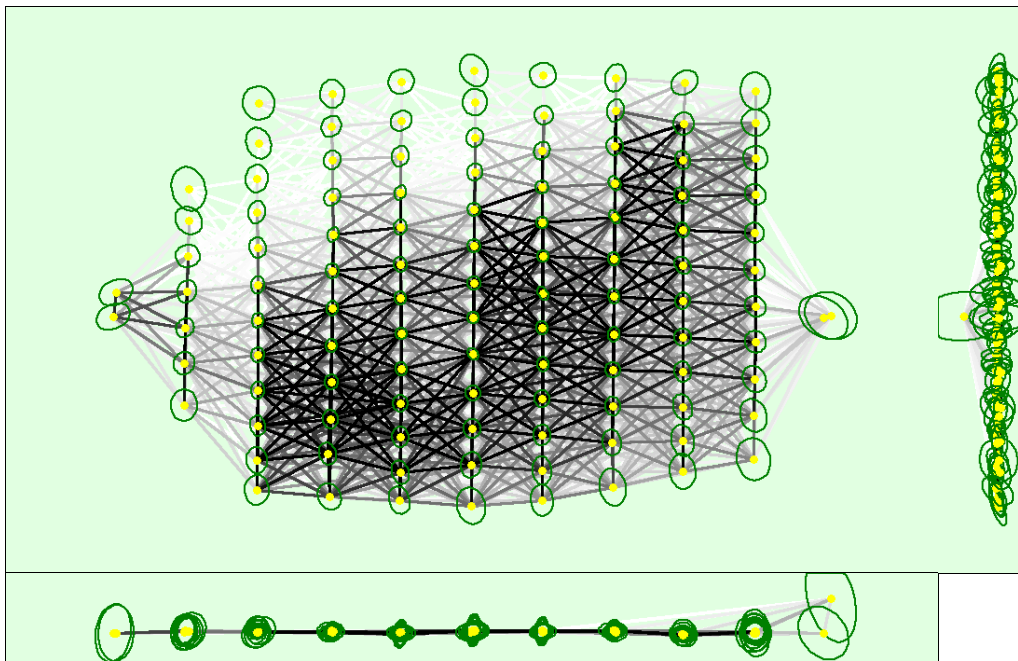
2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	52523	9481
Min	41201	913
Max	69995	20772
Mean	53721	9877

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	227818
In 3 Images	59182
In 4 Images	26342
In 5 Images	14301
In 6 Images	9070
In 7 Images	6351
In 8 Images	4588
In 9 Images	3187
In 10 Images	2515
In 11 Images	2023
In 12 Images	1552
In 13 Images	1130
In 14 Images	653
In 15 Images	358
In 16 Images	164
In 17 Images	131
In 18 Images	63
In 19 Images	30
In 20 Images	14
In 21 Images	8

2D Keypoint Matches



Uncertainty ellipses 1000x magnified

Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.002	0.002	0.002	0.006	0.007	0.002
Sigma	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	60.55	51.38	57.80
0.00	3.00	39.45	48.62	42.20
3.00	6.00	0.00	0.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.000002	-0.000003	-0.000008
Sigma [m]		0.227395	0.469116	0.288807
RMS Error [m]		0.227395	0.469116	0.288807

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000

Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000
--	----------	----------	----------

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	96.321
Phi	0.962
Kappa	93.403

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details


System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7500U CPU @ 2.70GHz RAM: 8GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 21.20.16.4590)
Operating System	Windows 10 Home Single Language, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTMzone 23S (egm2008)

Processing Options

Detected Template	 mestradounb2*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	High (Slow)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	01h:48m:58s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	30m:26s

Results

Number of Processed Clusters	2
Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	22542528
Average Density (per m ³)	15287.5

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (0.848 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Triangulation Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (0.848 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 10 Minimum Line Size [vertices]: 100
Time for DSM Generation	14m:26s
Time for Orthomosaic Generation	32m:22s
Time for DTM Generation	07m:46s
Time for Contour Lines Generation	04s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 4.1.24



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	comapoio
Processed	2018-04-09 21:38:12
Camera Model Name(s)	FC220_4.7_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	0.86 cm / 0.34 in
Area Covered	0.008 km ² / 0.7751 ha / 0.00 sq. mi. / 1.9162 acres
Time for Initial Processing (without report)	15m:34s

Quality Check



Images	median of 52523 keypoints per image	
Dataset	109 out of 109 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.93% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 9455.59 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 6 GCPs (6 3D), mean RMS error = 0.184 m	

Preview

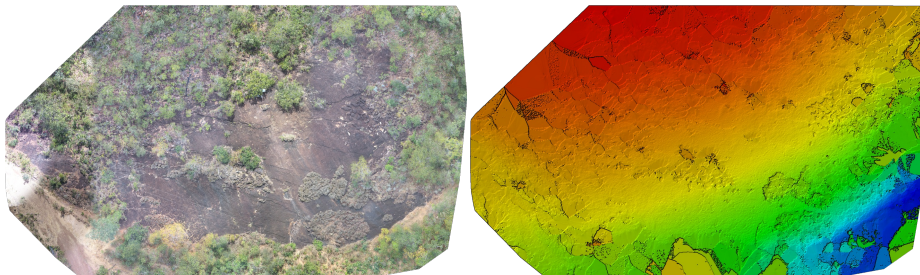


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	109 out of 109
Number of Geolocated Images	109 out of 109

Initial Image Positions

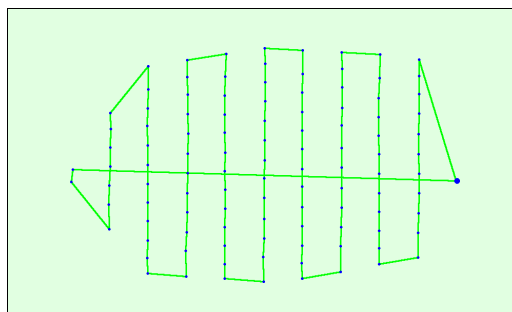


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions

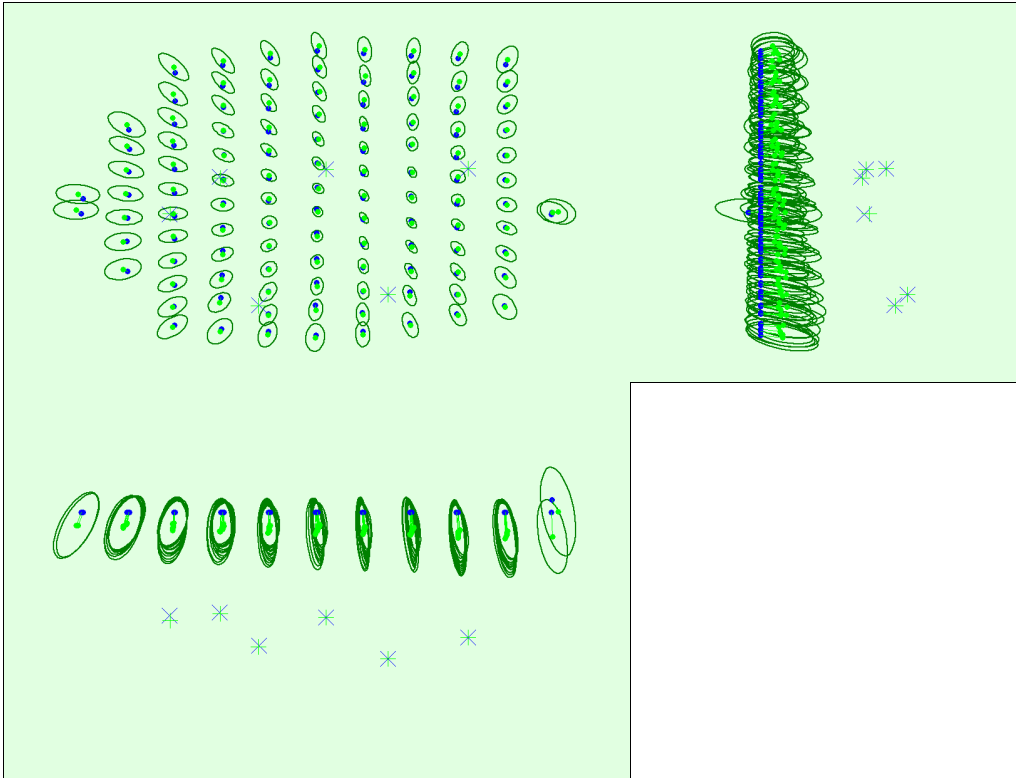


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.023	0.021	0.070	0.053	0.050	0.015
Sigma	0.010	0.006	0.012	0.012	0.021	0.007

Overlap

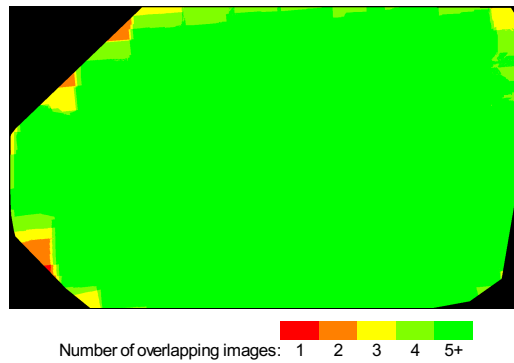


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

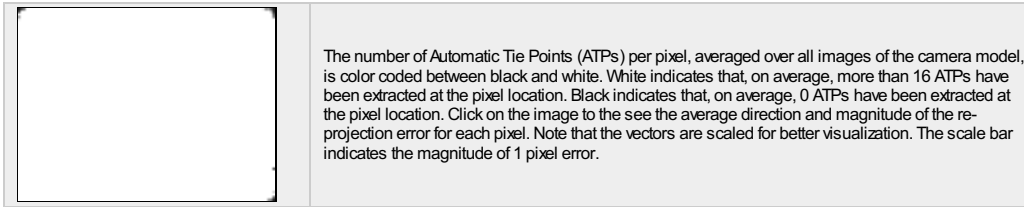
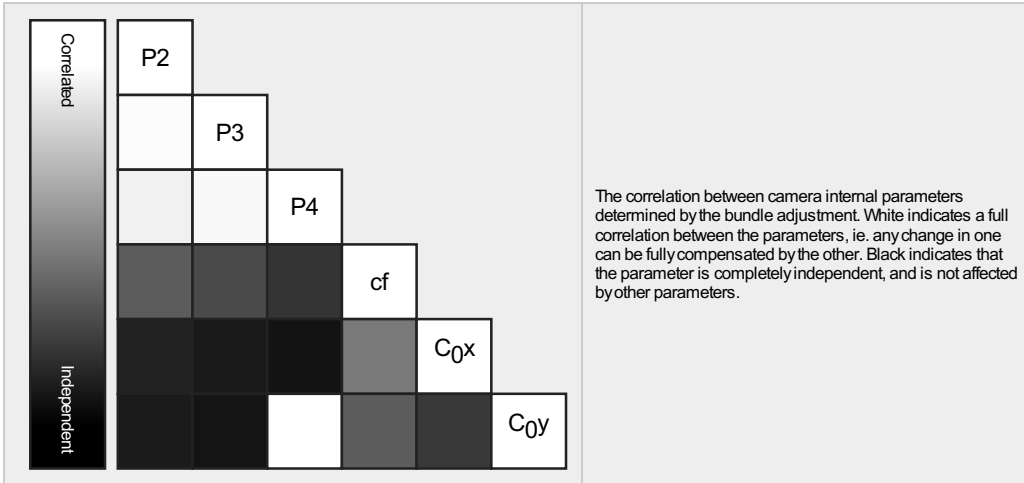
Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	1077671
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	359498
Mean Reprojection Error [pixels]	0.189

Internal Camera Parameters

FC220_4.7_4000x3000 (RGB). Sensor Dimensions: 6.327 [mm] x 4.745 [mm]

	Poly[0]	Poly[1]	Poly[2]	Poly[3]	Poly[4]	c	d	e	f	Principal Point x	Principal Point y
Initial Values	0.000000	1.000000	0.352919	-0.784259	2.591940	4810.74	0.00	0.00	4810.74	2000.00	1500.00
Optimized Values	0.000000	1.000000	0.360527	-0.650524	2.397049	4190.82	0.00	0.00	4190.82	1987.46	1522.94
Uncertainties (Sigma)			0.004007	0.014171	0.017354	13.24	0.00	0.00	13.24	0.34	0.27



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	52523	9456
Min	41201	917
Max	69995	20740
Mean	53721	9887

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	227763
In 3 Images	59069
In 4 Images	26358
In 5 Images	14312
In 6 Images	9093
In 7 Images	6381
In 8 Images	4597
In 9 Images	3210
In 10 Images	2551
In 11 Images	2030
In 12 Images	1578
In 13 Images	1122
In 14 Images	660
In 15 Images	366
In 16 Images	166
In 17 Images	128
In 18 Images	63
In 19 Images	30
In 20 Images	14
In 21 Images	7

2D Keypoint Matches

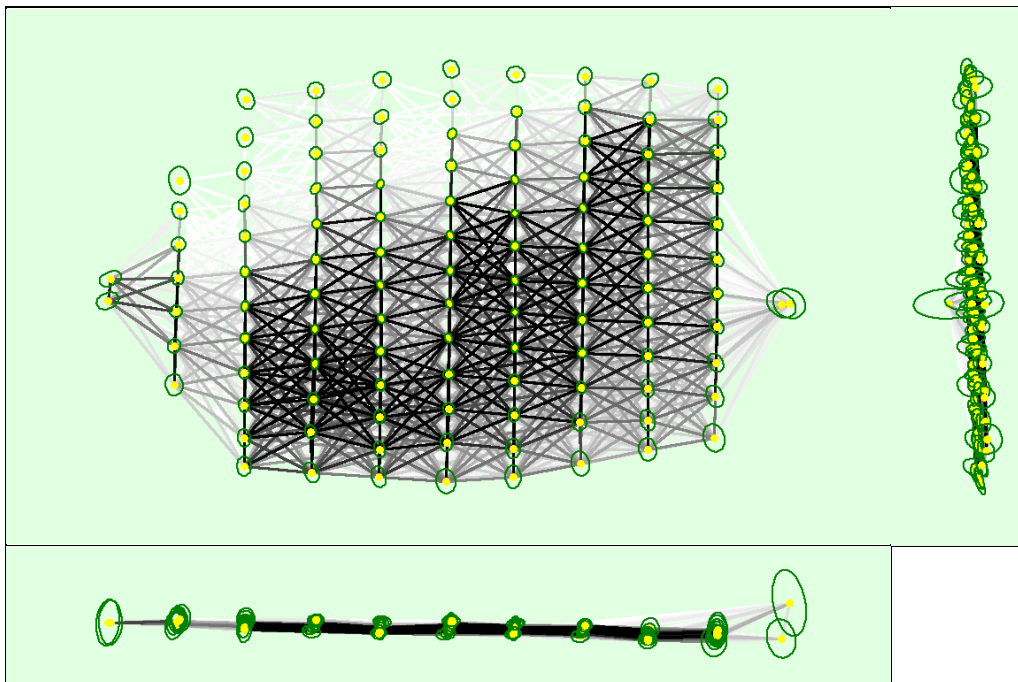


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.011	0.012	0.014	0.044	0.054	0.014
Sigma	0.004	0.004	0.008	0.019	0.026	0.007

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1002 (3D)	0.002/ 0.003	-0.002	-0.006	-0.009	0.874	9 / 9
1003 (3D)	0.002/ 0.003	0.007	0.002	-0.005	1.027	9 / 9
1004 (3D)	0.002/ 0.003	0.121	0.054	0.230	1.231	12 / 12
1005 (3D)	0.002/ 0.003	-0.059	0.159	0.305	0.754	8 / 8
1006 (3D)	0.002/ 0.003	-0.003	0.003	0.004	0.773	9 / 9
1010 (3D)	0.002/ 0.003	-0.128	-0.175	1.071	0.589	11 / 11
Mean [m]		-0.010414	0.006087	0.265914		
Sigma [m]		0.075238	0.098771	0.380431		
RMS Error [m]		0.075955	0.098958	0.464153		

0 out of 5 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1001		-0.1183	-0.0937	0.0078	0.6440	6 / 6
1007		0.0381	-0.1682	-0.1537	0.8507	10 / 10
1008		0.0902	0.0615	0.1154	0.5974	5 / 5
1009		0.0388	0.0734	-0.0749	0.6202	5 / 6
1011		0.0183	0.0110	-0.1134	0.4314	5 / 5
Mean [m]		0.013423	-0.023222	-0.043770		
Sigma [m]		0.070041	0.093435	0.095808		
RMS Error [m]		0.071316	0.096277	0.105333		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	64.22	48.62	50.46
0.00	3.00	35.78	51.38	49.54
3.00	6.00	0.00	0.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.070996	-0.266512	4.131732
Sigma [m]		0.394907	0.676887	0.928524
RMS Error [m]		0.401238	0.727465	4.234780

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.070996	-0.266512	4.131732

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	95.456
Phi	0.978
Kappa	93.508

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7500U CPU @ 2.70GHz RAM: 8GB GPU: Intel(R) HD Graphics 620 (Driver: 21.20.16.4590)
Operating System	Windows 10 Home Single Language, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	SIRGAS_2000_UTM_zone_23S (2D)
Output Coordinate System	SIRGAS 2000 / UTM zone 23S (2D)

Processing Options

Detected Template	mestradoubn2*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	High (Slow)
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: High Resolution Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	01h:57m:42s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	34m:12s

Results



Number of Processed Clusters	3
Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	22550312
Average Density (per m ³)	14132.2

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (0.863 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Triangulation Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (0.863 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 10 Minimum Line Size [vertices]: 100
Time for DSM Generation	15m:17s
Time for Orthomosaic Generation	30m:06s
Time for DTM Generation	07m:18s
Time for Contour Lines Generation	04s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

Camera Radiometric Correction



Camera Name	Band	Radiometric Correction Type
FC220_4.7_4000x3000	Red Green Blue	Camera Only

APÊNDICE D – RELATÓRIO GEOPEC

GeoPEC

Avaliação do Padrão de Acurácia Posicional em Dados Espaciais

RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO

(completo)

DADOS DO PRODUTO

Produto: ortomosaico

Local: Bisnau - Formosa/GO

Data: 09/04/2018

Responsável Técnico: João Paulo L. Cunha

CLASSIFICAÇÃO FINAL DO PRODUTO

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Planimétrica

Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "ortomosaico", **NÃO É ACURADO** para a escala de **1/250**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe B**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Existe Tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 5

RMS das discrepâncias (m): 0,055

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 - Análise Altimétrica

Metodologia: Santos et al. (2016) com as tolerâncias PEC-PCD da ET-CQDG

O produto "ortomosaico", **É ACURADO** para a equidistância vertical de **0,025 m**. O resultado do PEC-PCD foi "**Classe B**", de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG.

O produto foi submetido a análise de precisão e tendência em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: **É Preciso e Não há Tendência**.

Pontos de checagem utilizados: 5

RMS das discrepâncias (m): 0,0045

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 e ET-CQDG

Análise Planimétrica

PROCESSAMENTO

Escala de Referência: 1/250

Pontos de checagem inseridos: 5

Pontos de checagem utilizados: 5

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 0,225

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(E)= 0,0058

Média(N)= -0,0114

Média(ABS)= 0,0423

>> Desv-pad(E)= 0,0594

Desv-pad(N)= 0,0071

Desv-pad(ABS)= 0,04

>> RMS(E)= 0,0533

RMS(N)= 0,0134

RMS(ABS)= 0,055

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

>> Vizinho mais próximo:

:: Área (m²) = 7751

:: 1ª ordem - R= 0,7451 Zcalc= -1,0906 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão AGRUPADO - (NÃO é significativo estatisticamente) - 95%

:: 2ª ordem - R= 1,2106 Zcalc= 1,2978 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão DISPERSO - (NÃO é significativo estatisticamente) - 95%

:: 3ª ordem - R= 1,1575 Zcalc= 1,1973 Ztab= 1,96

Resultado = Padrão DISPERSO - (NÃO é significativo estatisticamente) - 95%

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Jarque-Bera :

Bcalc(E)= 1,3228

Bcalc(N)= 1,875

Bcalc(2D)= 2,6074

Btab= 2

Amostra NÃO Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto-lei 89.817:

PEC= 0,125 EP= 0,075

Resultado: Classe B

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

tcalc(E)= 0,2183

tcalc(N)= -3,5903

ttab= 2,1318

Resultado: Tendencioso

>> Estatística Espacial

Média Direcional (Azimute)= 222,9051 Variância Circular= 0,1973

Resultado: Tendencioso

INFORMAÇÕES GERAIS

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 e ET-CQDG

Análise Altimétrica

PROCESSAMENTO

Equidistância vertical: 0,025

Pontos de checagem inseridos: 5

Pontos de checagem utilizados: 5

OUTLIERS

>> Outliers detectados: 0

>> Valor limite - detecção: 0,0249

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

>> Média(h)= -0,0024

>> Desv-pad(h)= 0,005

>> RMS(h)= 0,0045

TESTE DE NORMALIDADE

>> Teste de Normalidade Jarque-Bera :

Bcalc(h)= 1,875 Btab= 2

Resultado: Amostra Normal

TESTE DE PRECISÃO

>> Decreto-lei 89.817:

PEC= 0,0125 EP= 0,0083

Resultado: Classe B

TESTE DE TENDÊNCIA

>> Teste t de Student

tcalc(h)= -1,0733 ttab= 2,1318

Resultado: Não Tendencioso

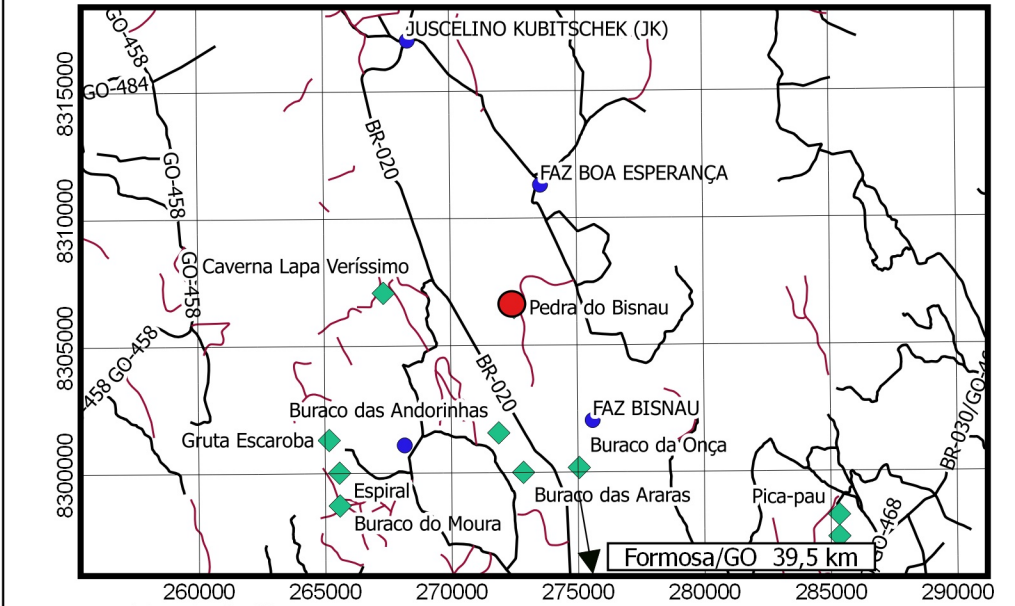
DISCREPÂNCIAS - PONTOS DE CHECAGEM

ID	di(E)	di(N)	di(ABS)	di(H)
1001	0,1106	0,0001	0,1106	0,0033
1007	-0,0366	-0,0225	0,043	0,0027
1008	-0,0116	-0,0087	0,0145	-0,0101
1009	-0,0129	-0,015	0,0198	-0,0068
1011	-0,0206	-0,011	0,0234	-0,0009

Formosa / Goiás
<BISNAU>

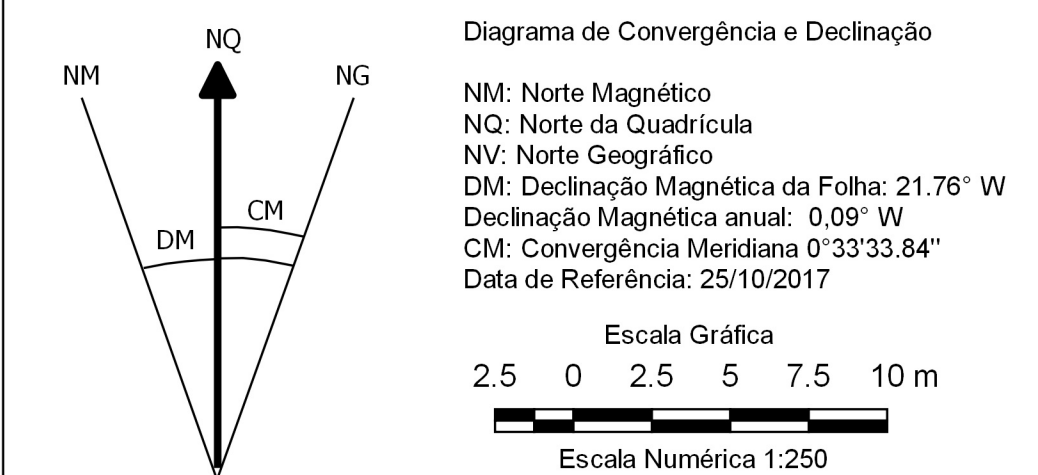
MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS
ARQUEOLÓGICOS COM USO DE DADOS
REMO�TAMENTE ADQUIRIDOS – UM EXEMPLO
PELO MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO
ARQUEOLÓGICO DO BISNAU

PLANTA DE SITUAÇÃO



INFORMAÇÕES TÉCNICAS DA CARTA

Projeção - Universal Transversa de Mercator (UTM)
Origem UTM - Equador: +10.000km / F22 - MC -45 W Gr.: +500km
Datum Horizontal: SIRGAS2000 (Época 2000.4)
Datum Vertical: Imbituba/SC (transporte MAPGEO2015)
Erro Gráfico: 0,2 mm da Escala da Carta
Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de Produtos Cartográficos Digitais (PCD):
Planimetria Não acurado
Classe B/0,0550m Preciso e existe tendência
Altimetria Acurado Classe B/0,0045m
(Para equidistância de 0,025 m) Preciso e não há tendência



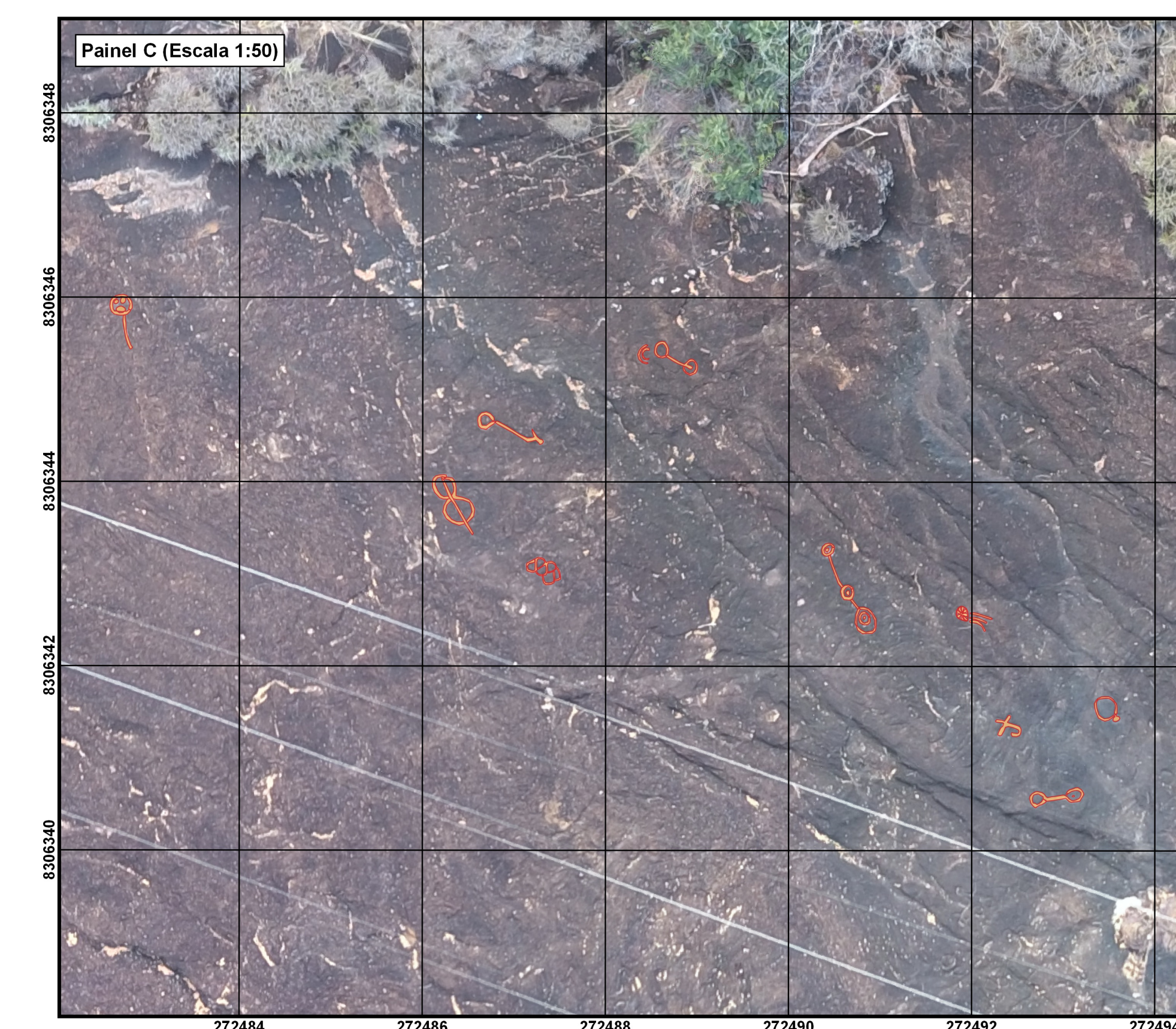
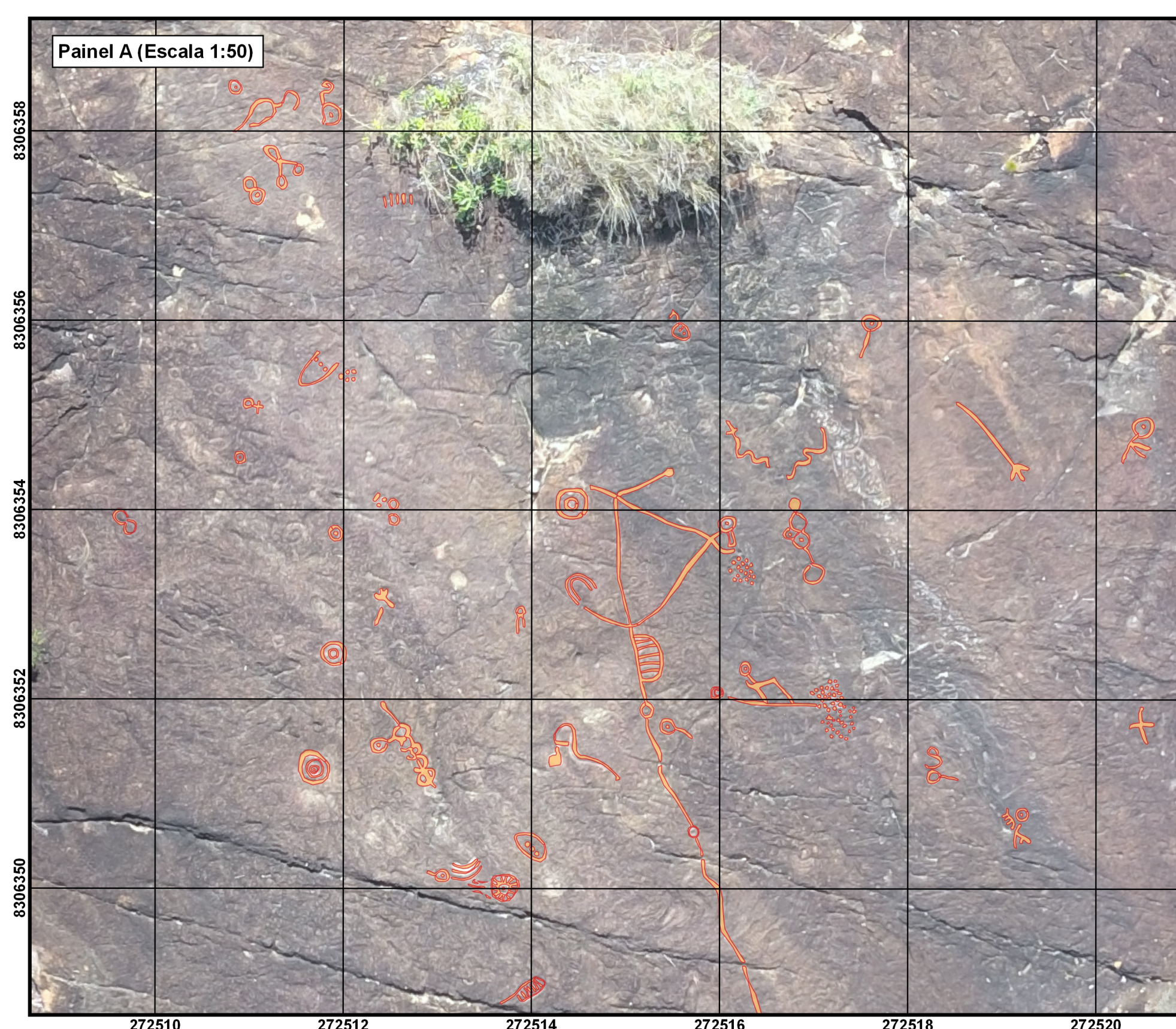
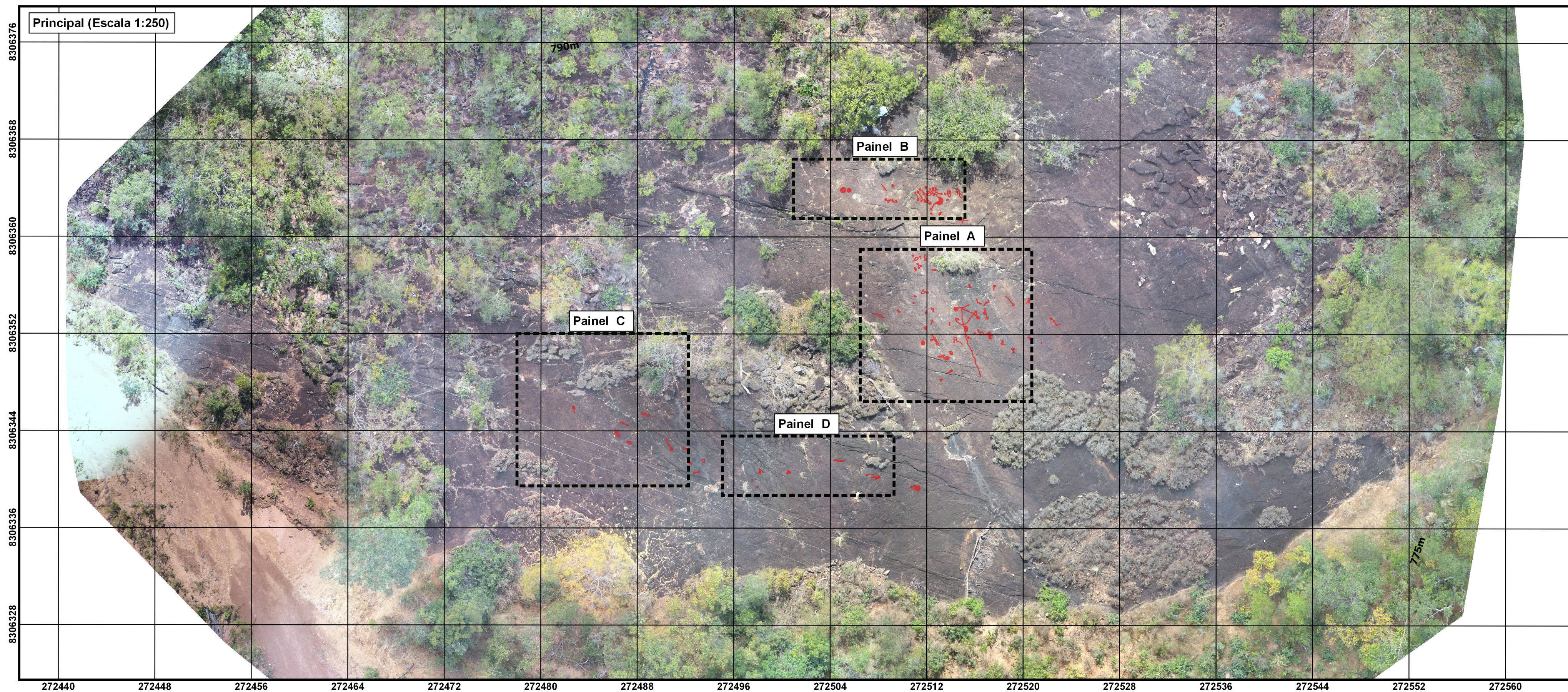
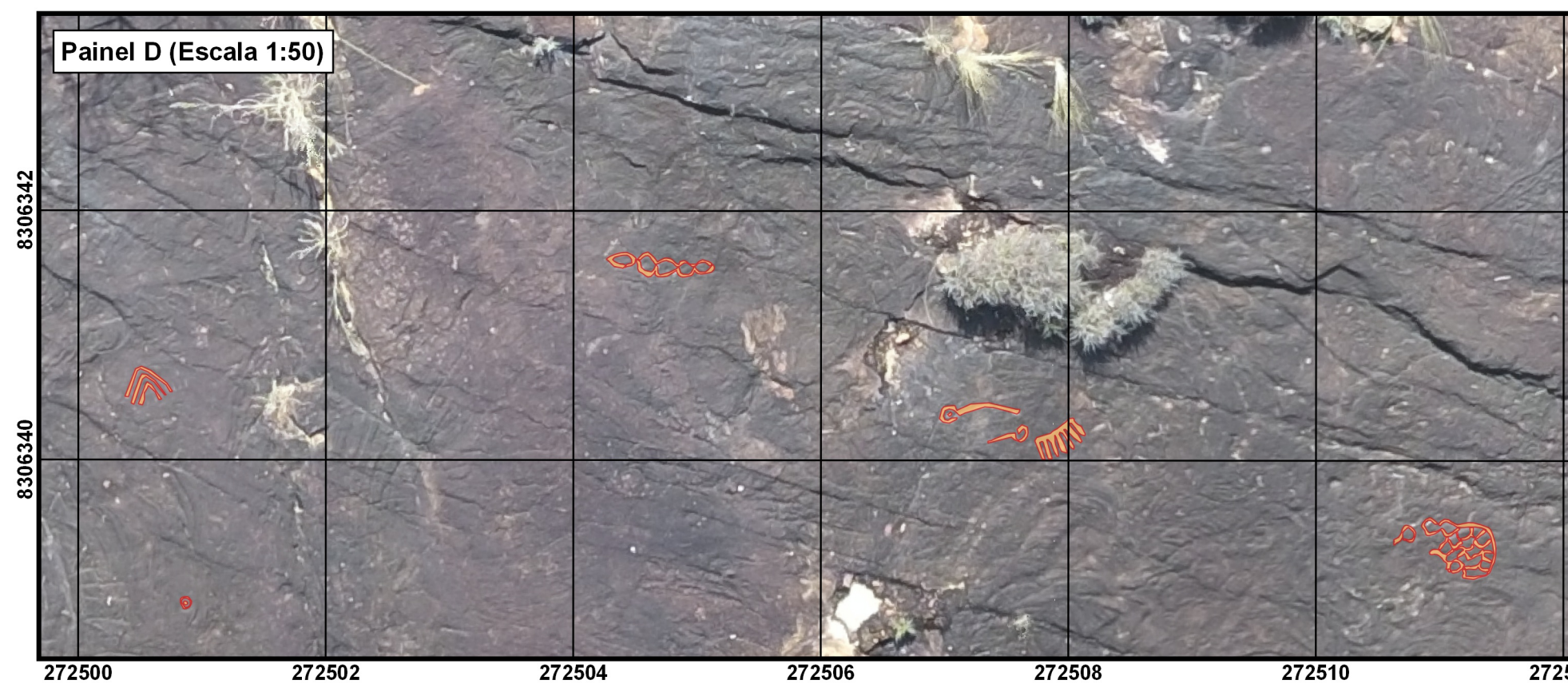
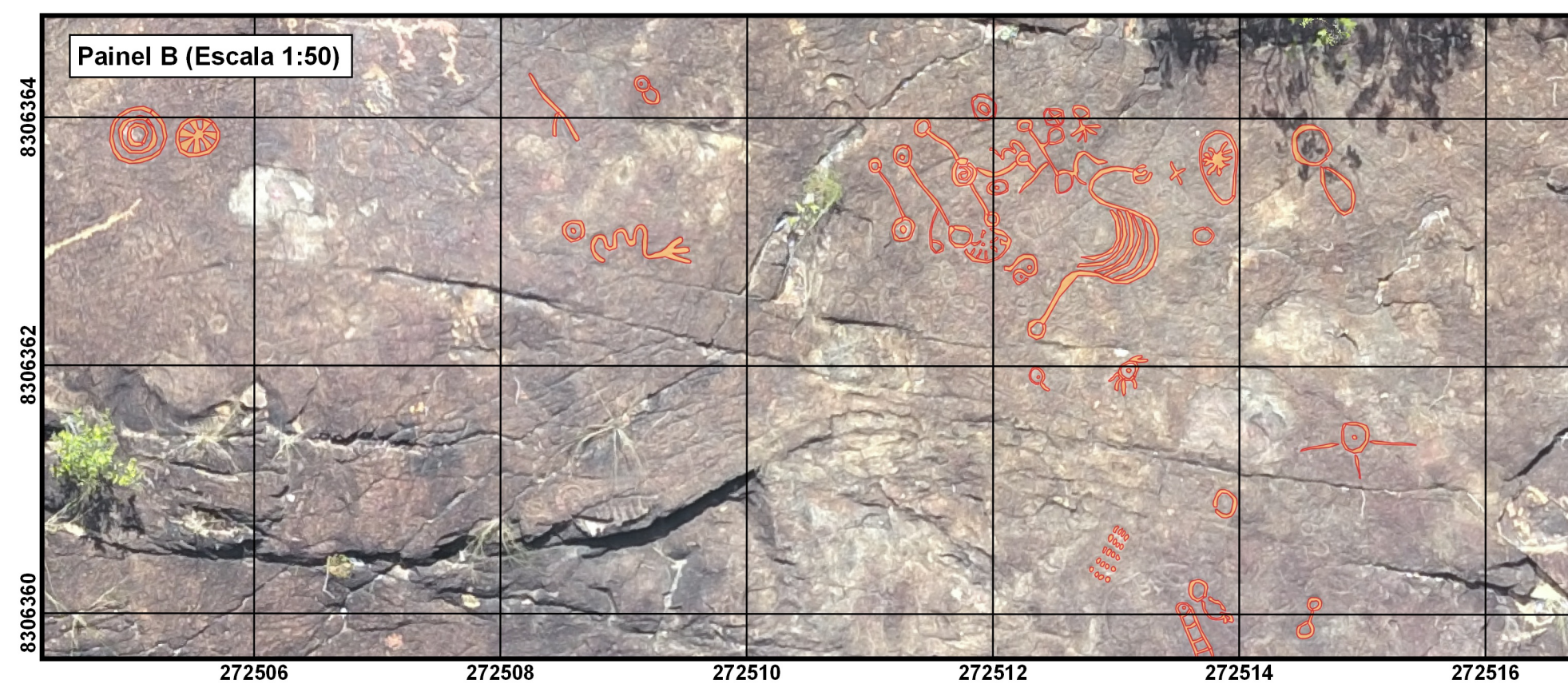
SÍMBOLOGIA

- Símbologia topográfica**
- Vetores dos petróglifos
 - Hidrografia intermitente
- Símbologia técnica dos petróglifos**
- Local de conquista
 - Local dominante
 - Lugar bom / comida farta
 - Cobras / sentinela
 - Local perigoso / sentinela
 - Prancha de contagem ou local de sepultura
 - Cerâmicas Local com barro
 - Homenídeo
 - Pegadas de anta
 - Plantas / brotos
 - Fogo
 - Poços de Água / Caminho
 - Sol
 - Lua
 - Astro em movimento
 - Ovos de cobra
 - Cachoeiras, Cavernas com Queda D'Água
- Símbologia mística dos petróglifos**
- Círculo cosmogônico
 - Grande mistério / astros
 - Fogo mãe
 - Desdobramento espiritual
 - Mundo material
 - Jurupari Perigo espiritual
 - Cruzeiro do Sul

BIBLIOGRAFIA SIMBÓLICA

Símbologia técnica:
Serna e Lasso (2017); Ana e Galucio (2009); Eyzaguirre e Jareca (2009); Gutiérrez Calvache (2002); Koch-Grünberg (1907);

Símbologia mística:
Ribeiro (2016); Almeida (2015); Vakoch (2014); Daniken (2011);



APÊNDICE F - RESULTADO DA SEGMENTAÇÃO



Escala 1:20

Legenda

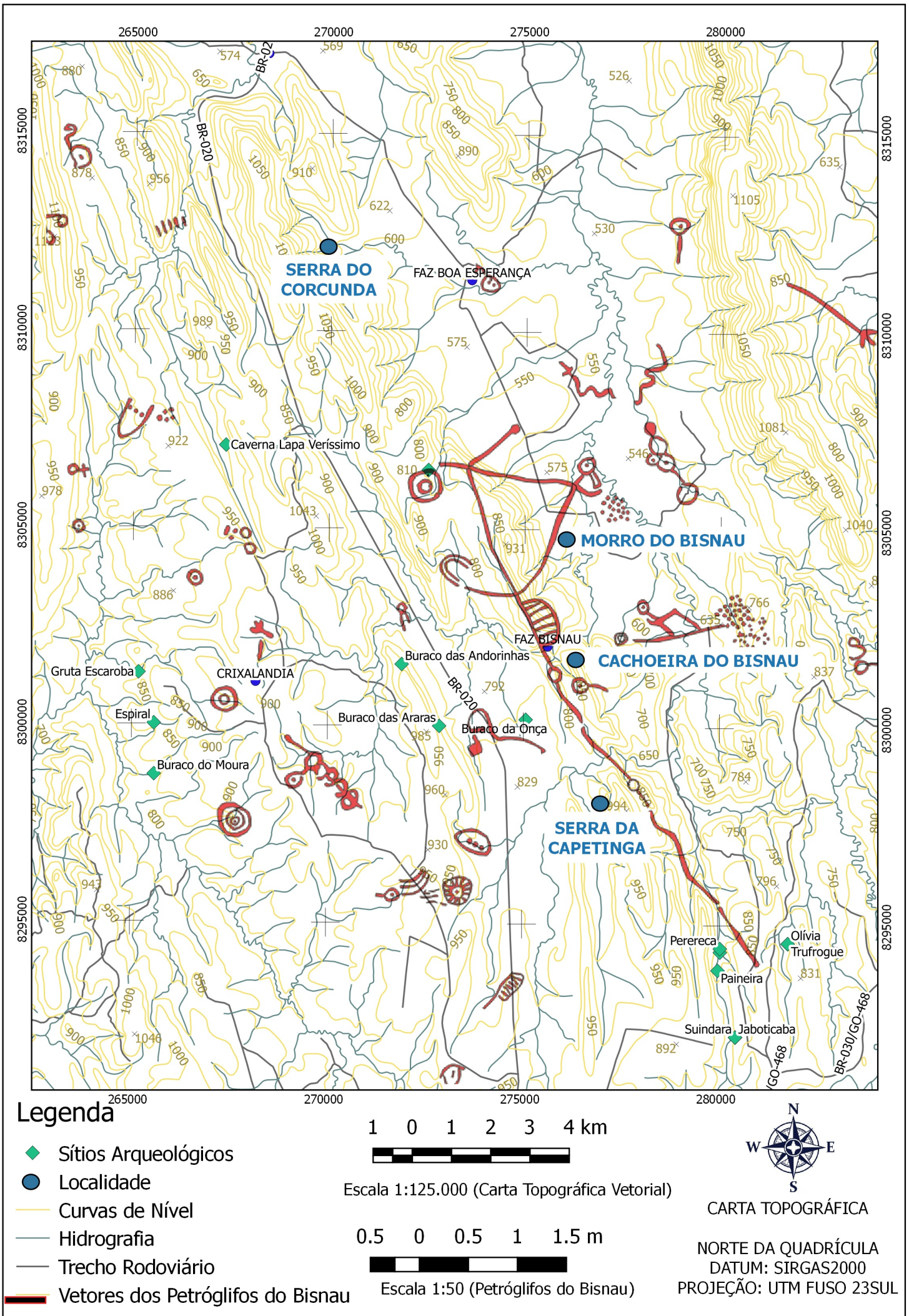
 Segmentação

Segmentador Mean-Shift (OrfeoToolBox)

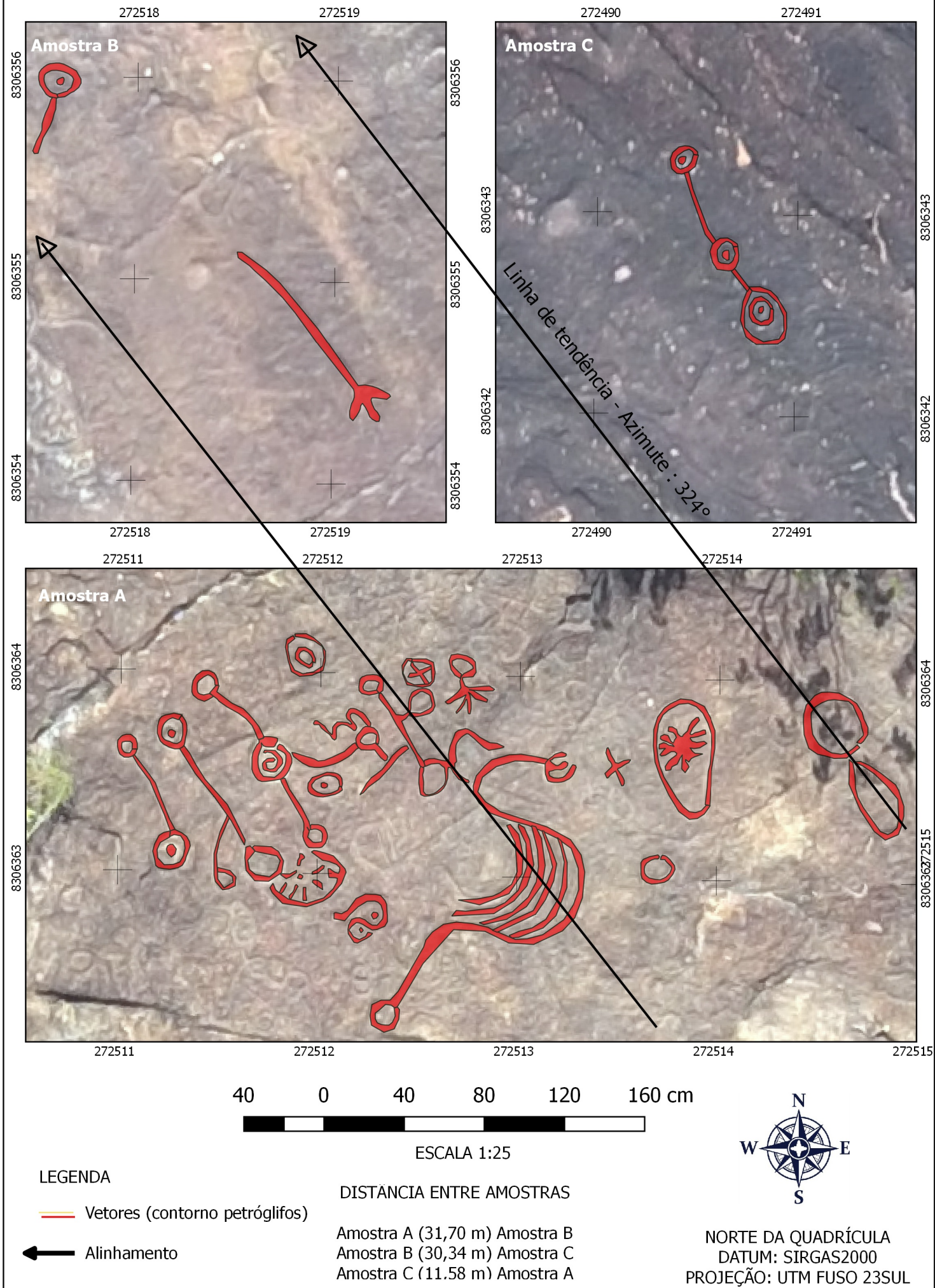


NORTE DA QUADRÍCULA
DATUM: SIRGAS2000
PROJEÇÃO: UTM FUSO 23SUL

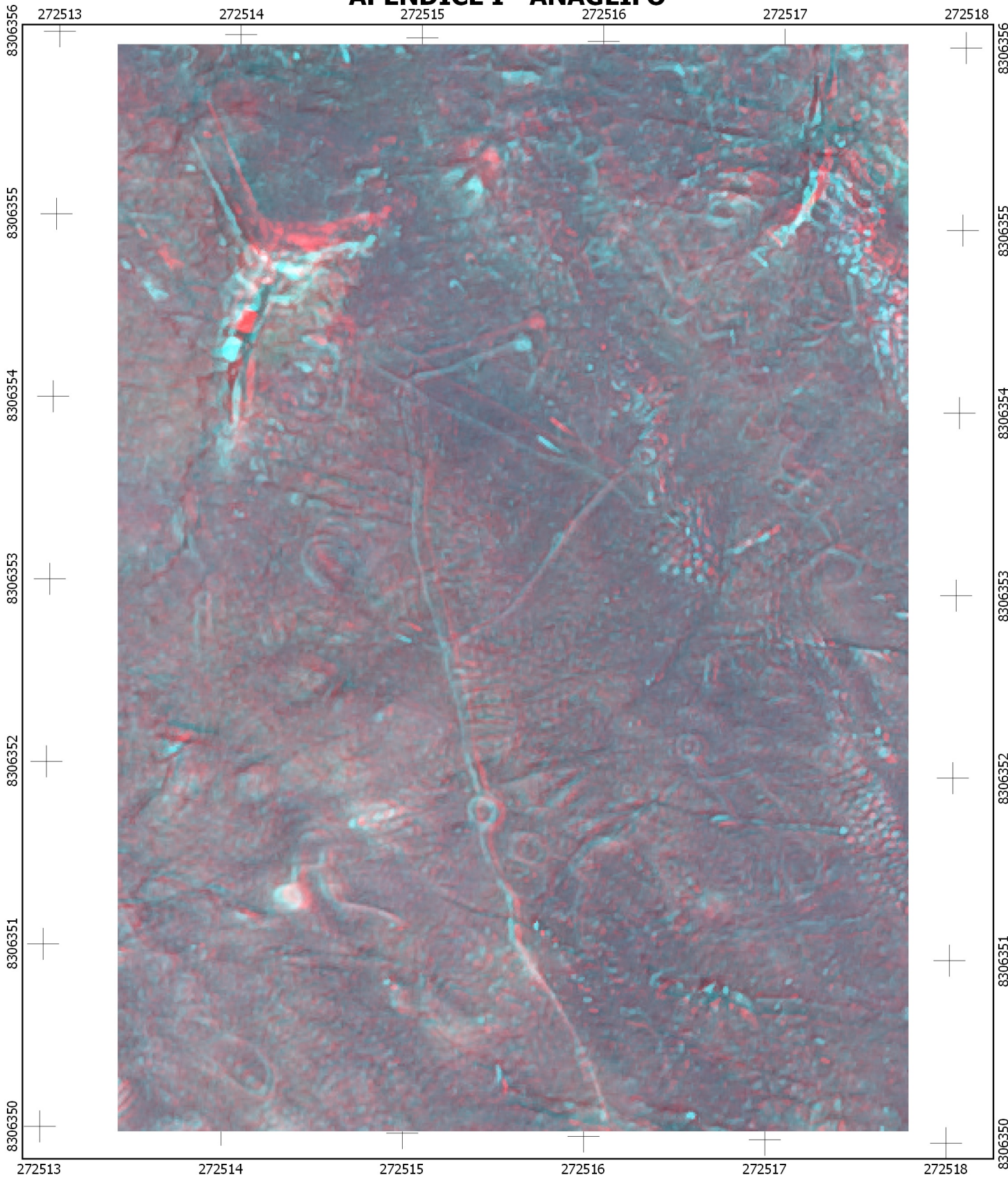
APÊNDICE G – MAPA DE VETORES CARTOGRÁFICOS E PETRÓGLIFOS



APÊNDICE H – ALINHAMENTO DE VETORES



APÊNDICE I - ANAGLIFO



40 0 40 80 120 cm

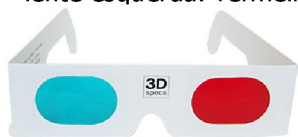


ESCALA 1:30

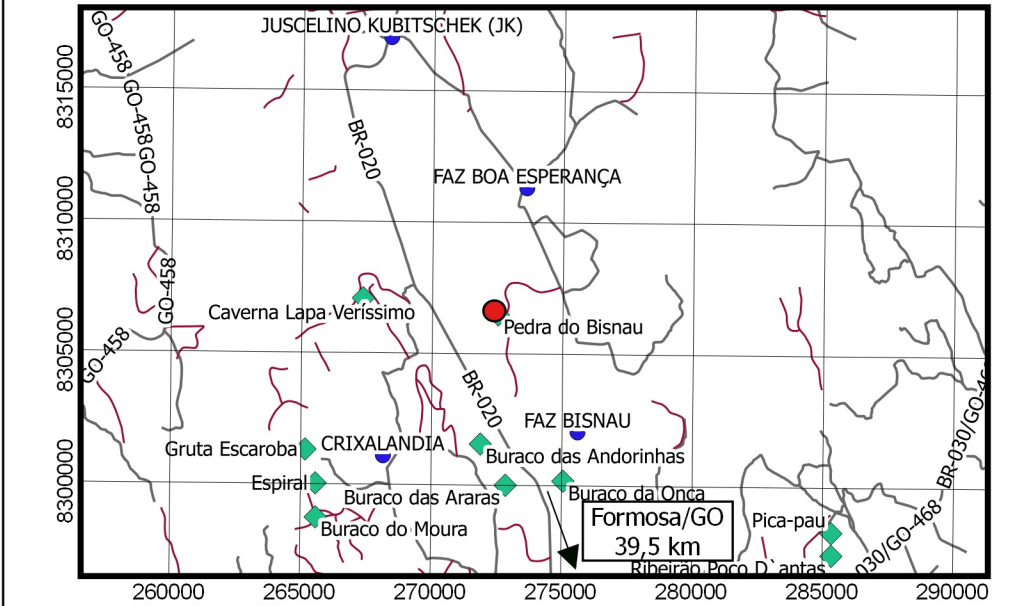


Observação

Necessário a utilização de óculos compatível para visualização de anaglifos
(visão do observador - lente esquerda: vermelho e lente direita:ciano)

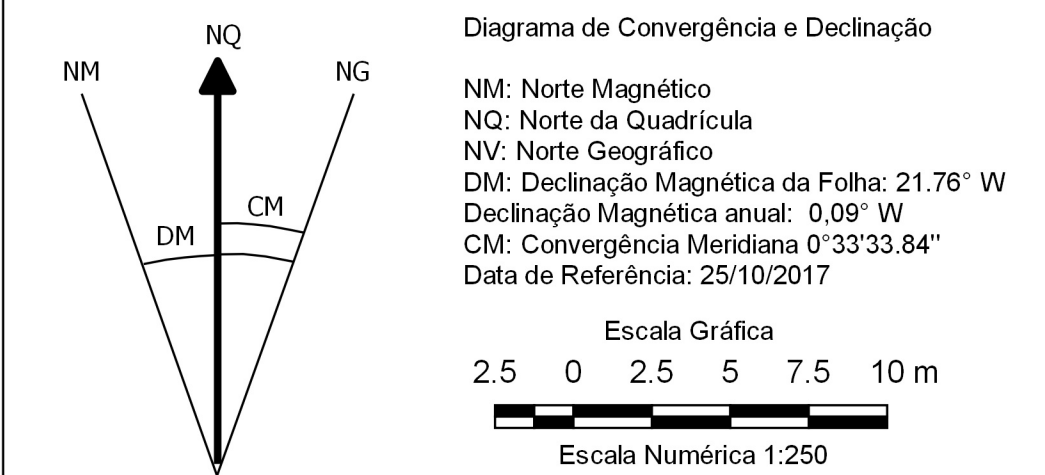


NORTE DA QUADRÍCULA
DATUM: SIRGAS2000
PROJEÇÃO: UTM FUSO 23SUL



INFORMAÇÕES TÉCNICAS DA CARTA

Projeção - Universal Transversa de Mercator (UTM)
Origem UTM - Equador: +10.000km / F22 - MC -45 W Gr.: +500km
Datum Horizontal: SIRGAS2000 (Época 2000.4)
Datum Vertical: Imbituba/SC (transporte MAPGEO2015)
Erro Gráfico: 0,2 mm da Escala da Carta
Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de Produtos Cartográficos Digitais (PCD):
Planimetria Não acurado
Classe B/0,0550m Preciso e existe tendência
Altimetria Acurado Classe B/0,0045m
(Para equidistância de 0,025 m) Preciso e não há tendência



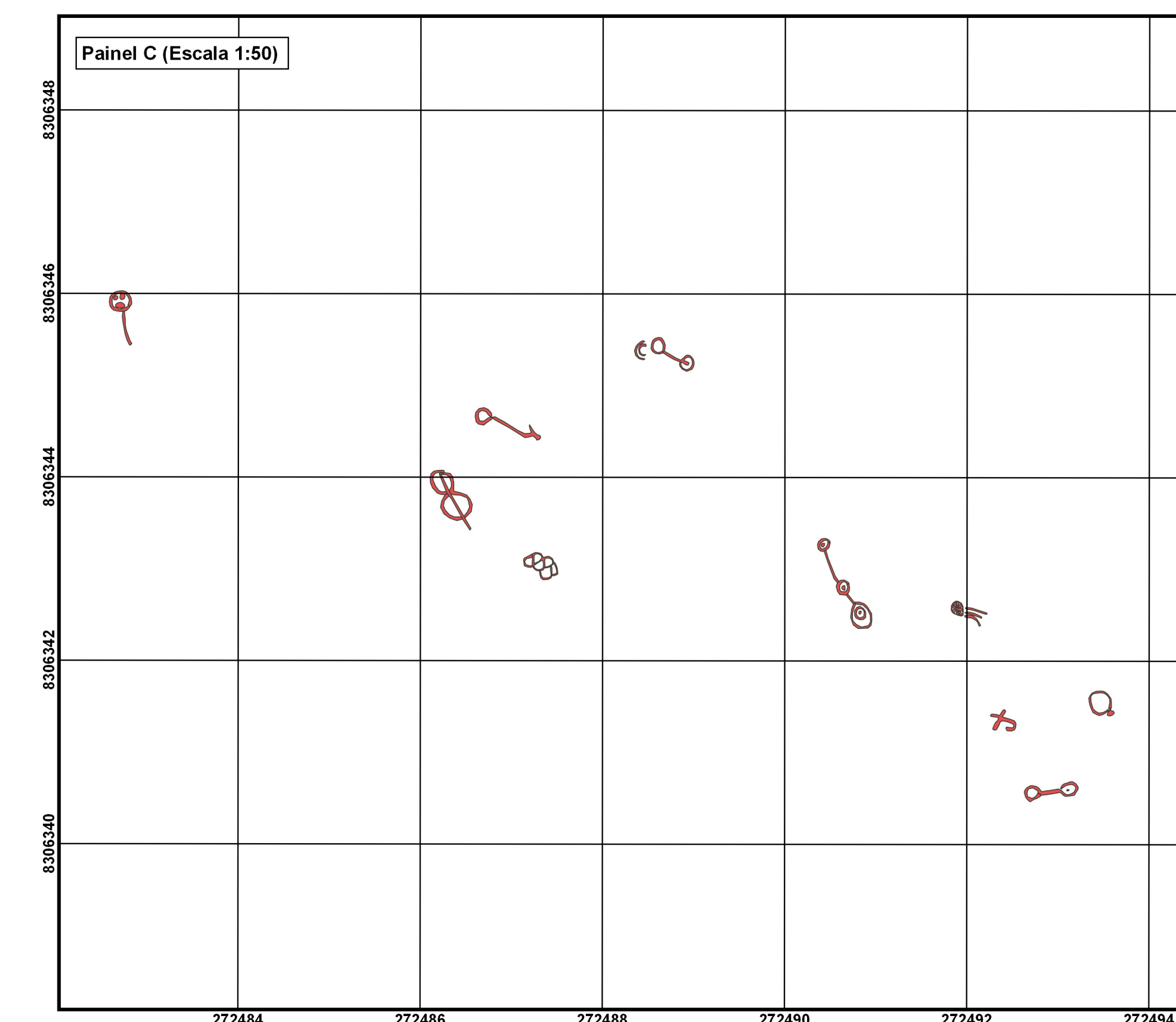
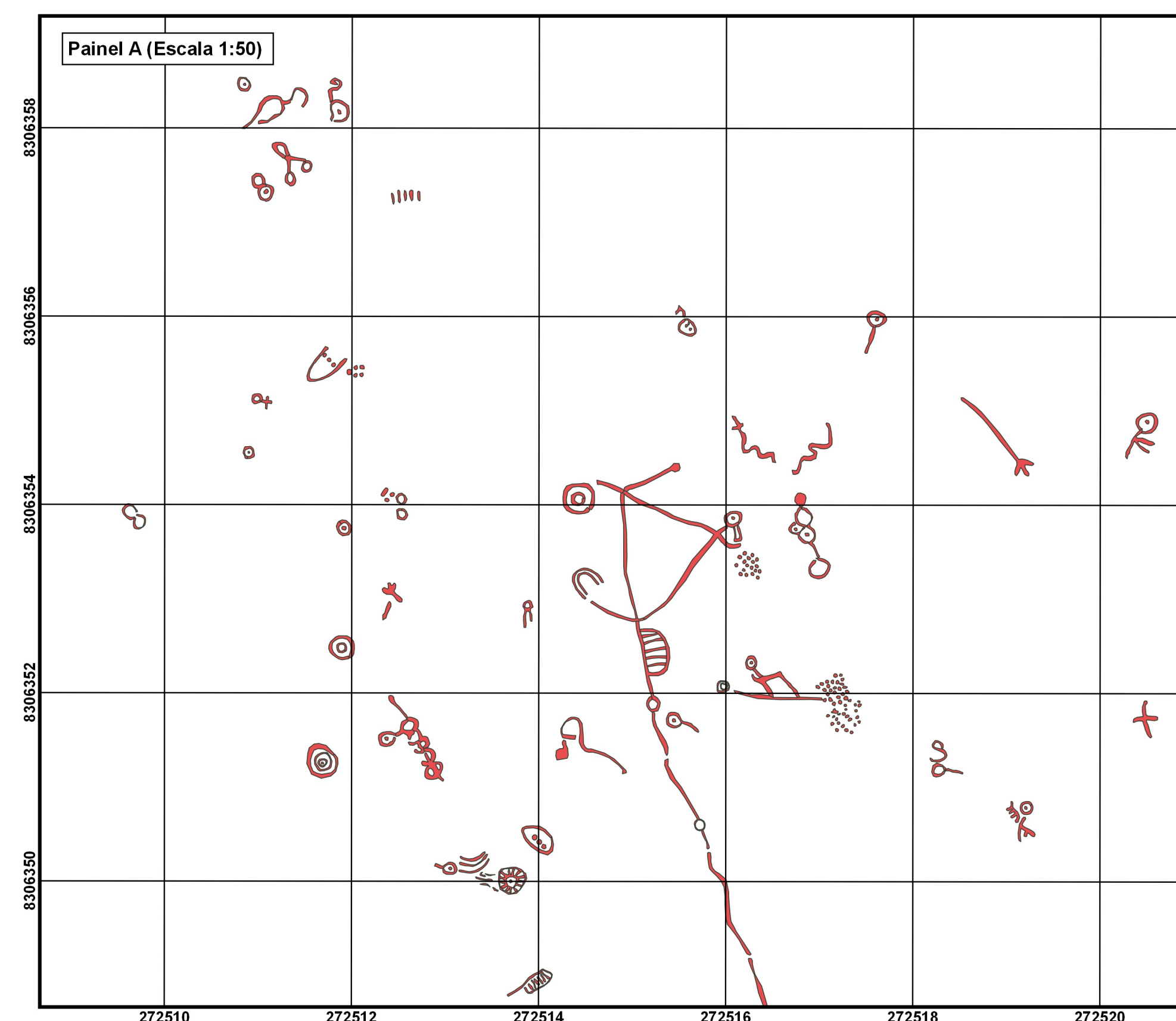
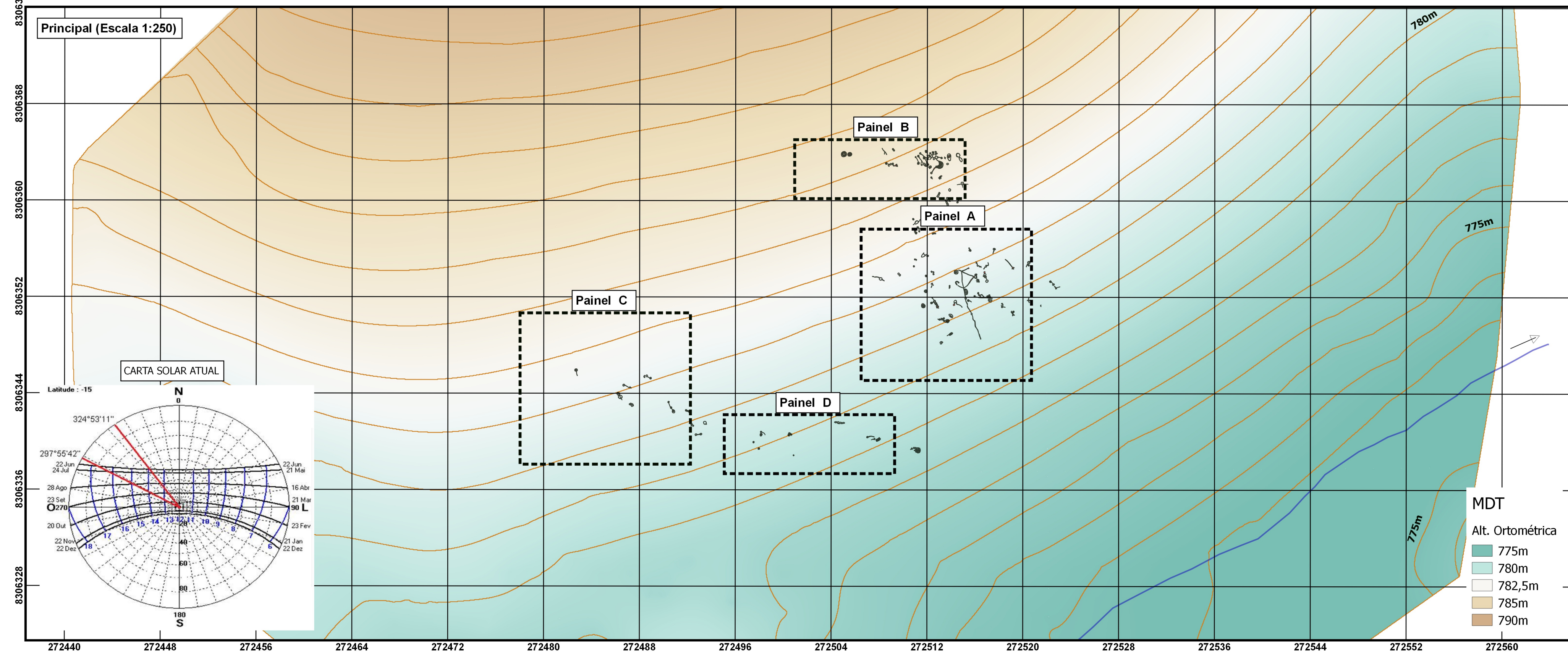
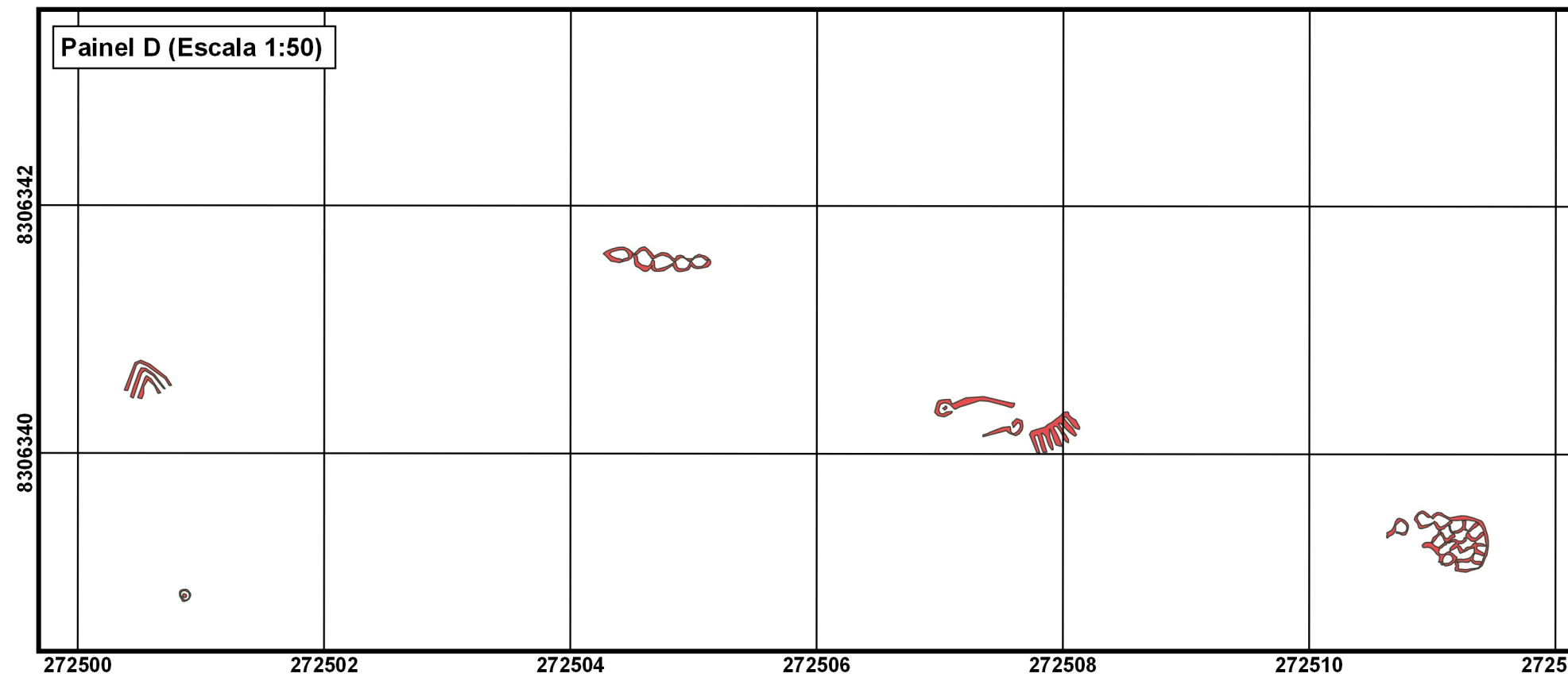
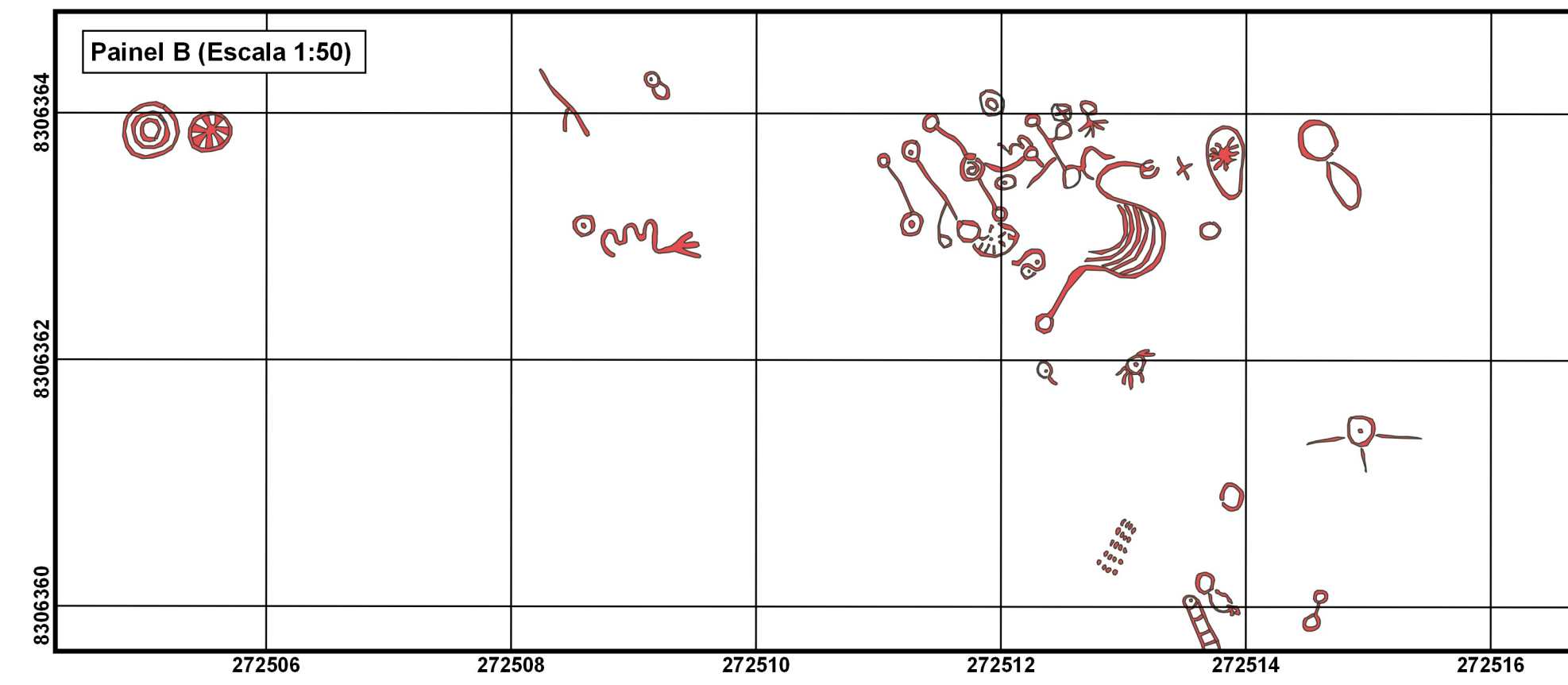
SÍMBOLOGIA

- Simbologia topográfica**
- Vetores dos petróglifos
 - Curvas de Nível (Ortométrica)
 - Hidrografia intermitente
 - Pontos de Apoio (GCP)
 - Pontos de Checagem (CP)
 - Poços de Água / Caminho
 - Caminho fácil / seguir
 - Caminho difícil / retornar
 - Local de conquista
 - Local dominante
 - Lugar bom / comida farta
 - Cobras / sentinela
 - Local perigoso / sentinela
 - Prancha de contagem ou local de sepultura
 - Cerâmicas Local com barro
 - Homenídeo
 - Pegadas de anta
 - Plantas / brotos
 - Fogo
 - Sol
 - Lua
 - Astro em movimento
 - Ovos de cobra
 - Cachoeiras, Cavernas com Queda D'Água
- Simbologia mística dos petróglifos**
- Circulo cosmogônico
 - Grande mistério / astros
 - Fogo mãe
 - Desdobramento espiritual
 - Mundo material
 - Jurupari Perigo espiritual
 - Cruzeiro do Sul

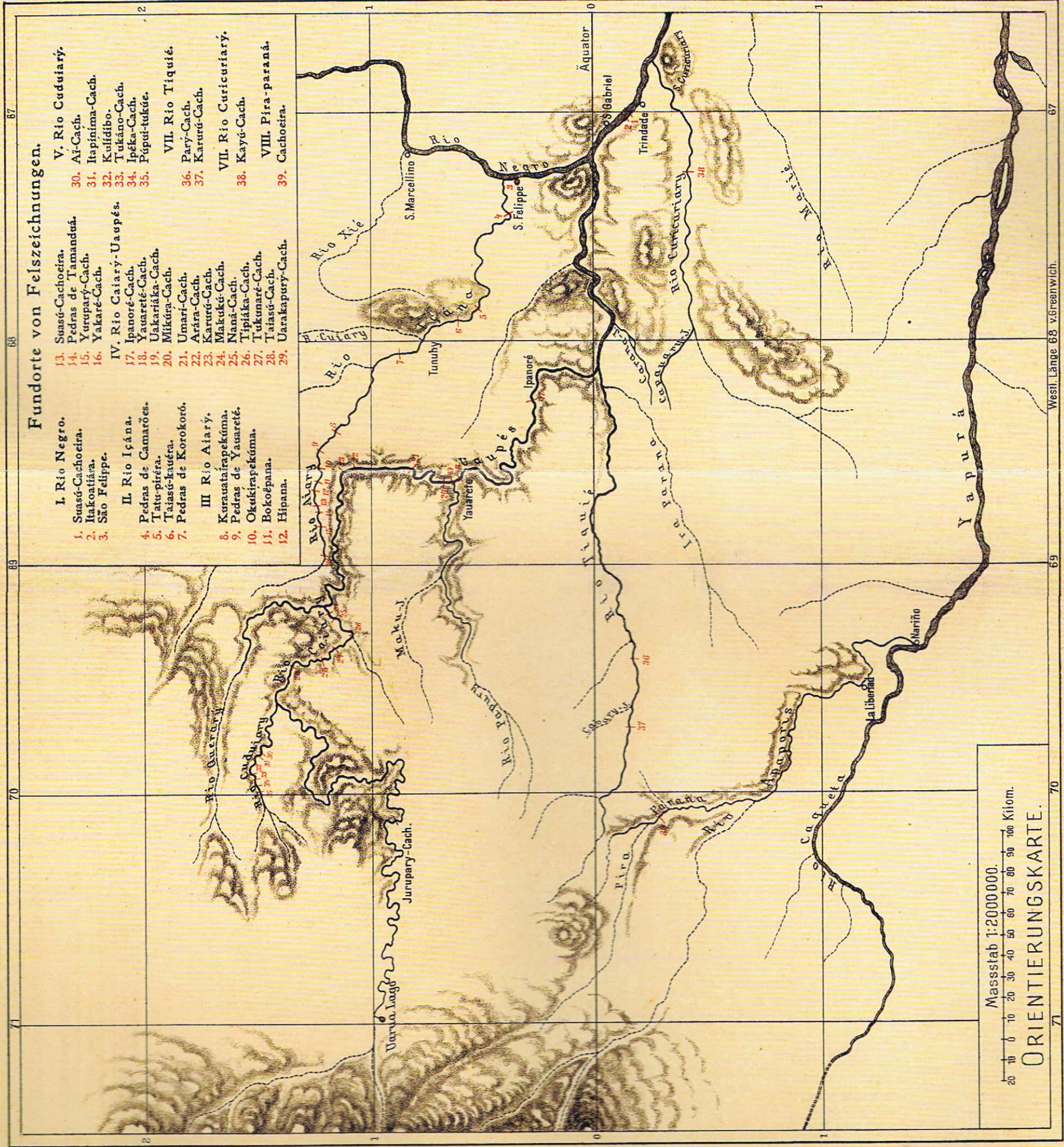
BIBLIOGRAFIA SIMBÓLICA

Simbologia técnica:
Serna e Lasso (2017); Ana e Galucio (2009); Eyzaguirre e Jareca (2009);Gutiérrez Calvache (2002); Koch-Grünberg (1907);

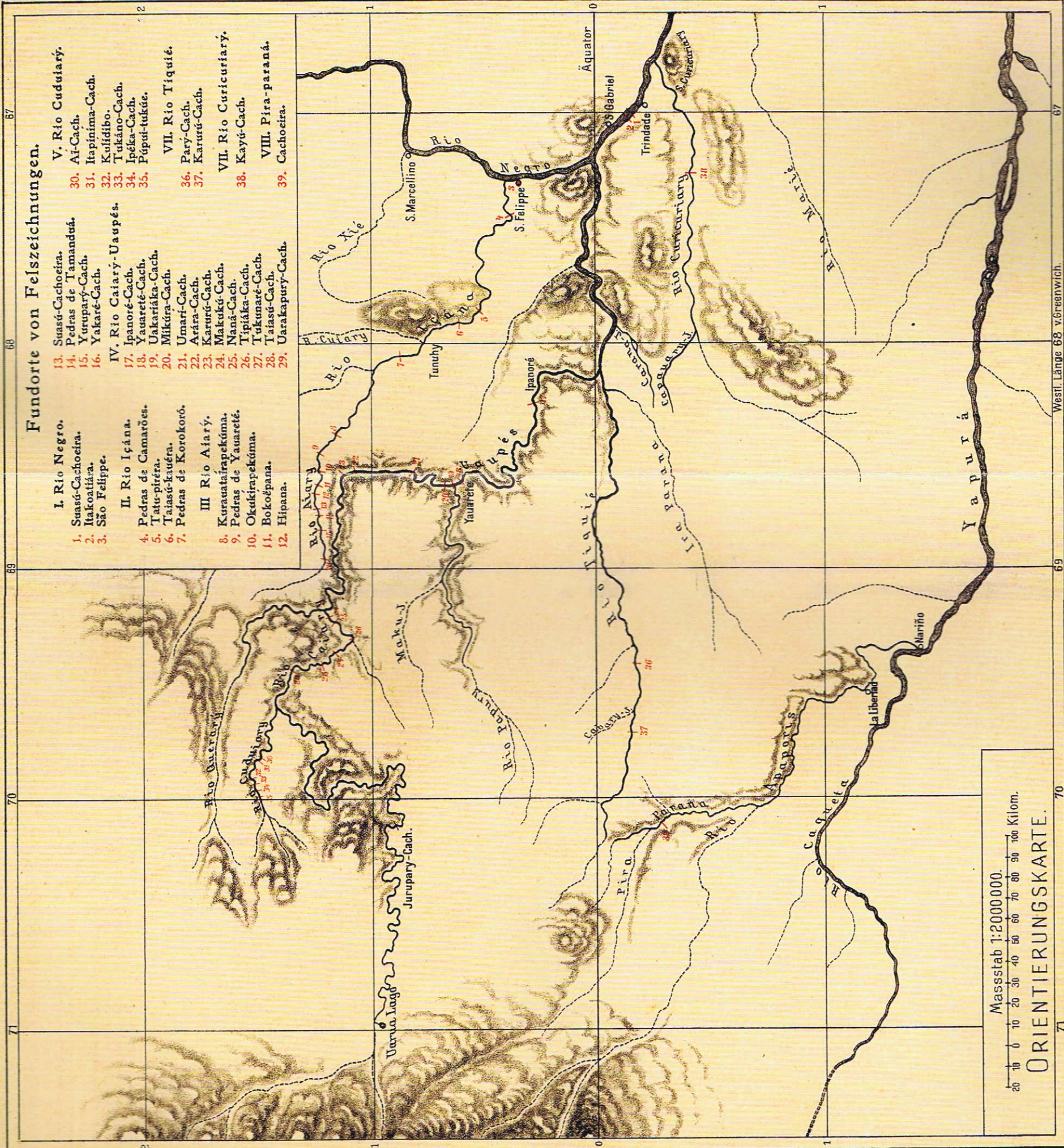
Simbologia mística:
Ribeiro (2016); Almeida (2015); Vakoch (2014); Daniken (2011);



ANEXO A – MAPA KOCK GRÜMBER



Masstab 1:2000000.
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Kilom.
ORIENTIERUNGSKARTE.



ANEXO B – CADASTRO IPHAN

- 1- FICHA DE CADASTRO – CADASTRO NACIONAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS – INFORMAÇÕES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO BISNAU CADASTRO: GO-00327.

**Ministério
da Cultura**

Sistema Nacional de Informações Culturais - SNIC

**Cadastro Nacional de
Sítios Arqueológicos
CNSA / SGPA***



- CNSA GO00327 -

Nome do sítio: Petroglifos do Bisnau

Outras designações e siglas: GO-PA-001

CNSA: GO00327

Município: Formosa

UF: GO

Descrição sumária do sítio:

Sítios relacionados:

Comprimento: 0m **Largura:** 0m **Altura máxima:** 0m (a partir do nível do solo)
Área: 3500m² **Medição** **Estimada** **Passo** **Mapa** **Instrumento**

Unidade geomorfológica:

Compartimento topográfico: lajedo na confluência do rio B

Altitude: 0m (com relação ao nível do mar)

Água mais próxima: Rib. Bisnau

Distância: 0m

Rio: Paraná

Bacia: Tocantins

Vegetação atual

- Floresta ombrófila Savana (cerrado)
 Floresta estacional Savana-estépica (Caatinga)
 Campinarana Estepe
 Capoeira **Outra:**

Uso atual do terreno

- Atividade urbana Pasto
 Via pública Plantio
 Estrutura de fazenda Área devoluta
Outro:

- Propriedade da terra** Área pública Área privada Área militar Área indígena
Outra:
Proteção legal Unid. de conservação ambiental
Em área tombada Municipal Estadual Federal Patrim. da humanidade

Categoria

- Unicomponencial Pré-colonial
 Multicomponencial De contato
 Histórico

Tipo de sítios: Petroglifo a céu aberto/ Ativid. limit.

Forma:

Tipo de solo:

Estratigrafia:

- Contexto de deposição** Em superfície Em profundidade
Exposição Céu aberto Abrigo sob rocha Gruta Submerso
 Outra:

* Em atendimento ao determinado na Lei nº 3.924 de 26 de julho de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.

Página 1 de 3



Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos*



Sist. Nac. de Patrimônio Cultural - SNPC

- CNSA G000327 -

Centro Nacional de Arqueologia - CNA

Estrutura

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Área de refugio | <input type="checkbox"/> Canais tipo trincheiras, valetas |
| <input type="checkbox"/> De lascamento | <input type="checkbox"/> Círculos de pedra |
| <input type="checkbox"/> De Combustão
(fogueira, forno, fogão) | <input type="checkbox"/> Estacas, buracos de Fossas |
| <input type="checkbox"/> Funerárias | <input type="checkbox"/> Fossas |
| <input type="checkbox"/> Vestígios de edificações | <input type="checkbox"/> Muros de terra, linhas de argila |
| <input type="checkbox"/> Vestígios de mineração | <input type="checkbox"/> Palafitas |
| <input type="checkbox"/> Alinhamento de pedras | <input type="checkbox"/> Paliçadas |
| <input type="checkbox"/> Manchas pretas | <input type="checkbox"/> Concentrações cerâmica - quant.: |

Outras:

Artefatos

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Lítico lascado | <input type="checkbox"/> Cerâmico |
| <input type="checkbox"/> Lítico polido | <input type="checkbox"/> Sobre concha |
| <input type="checkbox"/> Sobre material orgânico | |

Outros vestígios líticos:

Material histórico:

Outros vestígios orgânicos:

Outros vestígios inorgânicos:

Arte rupestre: Pintura: Gravura: Ausente:

FILIAÇÃO CULTURAL

Artefatos líticos:

Tradições:
Fases:
Complementos:
Outras atribuições:

Artefatos cerâmicos:

Tradições:
Fases:
Complementos:
Outras atribuições:

Artefatos rupestre:

Tradições:
Estilos:
Complementos:
Outras atribuições:

Datações Absolutas:

Datações Relativas:

Grau de integridade

 mais de 75% entre 25 e 75% menos de 25%

Fatores de destruição

 Erosão eólica Erosão fluvial Vandalismo Erosão pluvial Atividades agrícolas Construção de estrada Construção de moradias

Outros fatores naturais:

Outros fatores antrópicos:

Possibilidades de destruição: intemperismo e vandalismo

Medidas para preservação:

Relevância do sítio

 Alta Média Baixa

Atividades desenvolvidas no local

 Registro Coleta de superfície Sondagem ou Corte estratigráfico Escavação de grande superfície Levantamento de grafismo rupestre

Nome do responsável pelo registro: Iluska Simonsen / Alfredo A.C. Mendonça de Souza

Data do registro: 30/12/1899

Ano do registro: 1975

* Em atendimento ao determinado na Lei nº 3.924 de 26 de julho de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.

**Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos***

Sist. Nac. de Patrimônio Cultural - SNPC

- CNSA G000327 -

Centro Nacional de Arqueologia - CNA

Nome do projeto:**Documentação produzida (quantidade)**

Mapa com sítio plotado:	0	Foto preto e branco:	0
Croqui:	0	Reprografia de imagem:	0
Planta baixa do sítio:	0	Imagem de satélite:	0
Planta baixa dos locais afetados:	0	Cópia total de arte rupestre:	0
Planta baixa de estruturas:	0	Cópia parcial de arte rupestre:	0
Perfil estratigráfico:	0	Ilustração do material:	0
Perfil topográfico:	0	Caderneta de campo:	0
Foto aérea:	0	Video / Filme:	0
Foto colorida:	0	Outra:	0

Bibliografia

Mendonça de Souza, A.A.C. et al., 1979. Projeto da Bacia do Paraná II. Museu Antropológico, UFG-Goiânia.

Revista Manchete ed. 1221, 13/09/1975

Mendonça de Souza, A.A.C. et al., 1981. Projeto da Bacia do Paraná 1974-1980, Vol. I e II. Museu Antropológico da UFG (manuscrito).

Arquivos do Museu Antropológico - UFG: Documentos No.38 (1975), 50 (1978) e 51 (1979).

Responsável pelo preenchimento da ficha: Irmhild Wüst e equipe (UFG)

Data: 30/12/1899

Localização dos dados:

Atualizações:

Assinatura

* Em atendimento ao determinado na Lei nº 3.924 de 26 de julho de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos.

ANEXO C – AUTORIZAÇÕES

1-CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO ANATEL – DRONE

(Página 163)

2-CERTIFICADO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA

(Página 164)

3-AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE DRONE

(Página 165 a 167)

4-LICENÇA DE UTILIZAÇÃO PIX4D MAPPING SOFTWARE E CLOUD

(Página 168 e 169)



República Federativa do Brasil
Agência Nacional de Telecomunicações

Certificado de Homologação

(Intransferível)

Nº **01399-17-10170**

Validade: **22/03/2019**

Emissão: **22/03/2017**

Requerente: **RICARDO SEIXAS BRITES** Fabricante: **DJI INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.**
QUADRA SMLN MI TRECHO 13 Nº35 B CONDOMÍNIO PORTO SEGURO **HKUST SZ IER BLDG, YUEXING 1ST RD 18 HI-TECHPARK SHENZHEN**
SETOR DE MANSÕES DO LAGO NORTE
71540135 BRASÍLIA DF

Este documento homologa, nos termos da regulamentação de telecomunicações vigente, a Declaração de Conformidade emitida pelo solicitante. Esta homologação é expedida em nome do solicitante aqui identificado e é válida somente para o produto a seguir discriminado, cuja utilização deve observar as condições estabelecidas na regulamentação de telecomunicações.

Tipo - Categoria: **Transceptor de Radiação Restrita - II**

Modelo - Nome Comercial (s):
M1P (DRONE) - (Mavic Pro) /GL200A - (Rádio-controle)

Características técnicas básicas:

Faixa de Frequências Tx (MHz)	Potência Máxima de Saída (W)	Tecnologias
5.180,0 a 5.240,0	0,038	OUTRAS
5.745,0 a 5.825,0	0,027	OUTRAS
2.412,0 a 2.462,0	0,26	OUTRAS
2.403,5 a 2.477,5	0,912	OUTRAS
2.405,5 a 2.477,5	0,719	OUTRAS
2.410,5 a 2.472,5	0,918	OUTRAS

Números de série: 08QDDC801200E0 e 08WJDC70C114C7.

Observações

Este certificado não poderá ser utilizado para fins de comercialização do produto.

A utilização do produto deve atender as condições estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Na instalação do produto devem ser observadas as condições de uso conforme estabelecido no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita.

Constitui obrigação do fabricante do produto no Brasil providenciar a identificação do produto homologado, nos termos da regulamentação de telecomunicações, em todas as unidades comercializadas, antes de sua efetiva distribuição ao mercado, assim como observar e manter as características técnicas que fundamentaram a certificação original.

As informações constantes deste certificado de homologação podem ser confirmadas no SCH - Sistema de Gestão de Certificação e Homologação, disponível no portal da Anatel. (www.anatel.gov.br).

Marcos de Souza Oliveira
Gerente de Certificação e Numeração



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL
NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY



CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO RECREATIVO
UNMANNED AIRCRAFT REGISTER CERTIFICATE - RECREATIONAL

Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até **05/06/2019**, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.

*This Register Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until **06/05/2019**, unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.*

Operador (Operator)
RICARDO SEIXAS BRITES

CPF (document):
281.486.146-87

Nº do cadastro (Register Number):

PR-197304049

Uso (Purpose): recreativo (recreational)

Fabricante (Maker): DJI

Modelo (Model): Mavic

Nº de série (Serial Number): 08QDDC801200E0

Peso máximo de decolagem (MTOW): 0,73 kg

Foto (Picture):



O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.

Informações adicionais (additional information):

O detentor desta certidão de cadastro (o operador) é considerado apto pela ANAC a realizar voos **recreativos** no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.

*The holder of this register certificate (the operator) is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform **recreational** flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.*

A validade desta certidão pode ser verificada pelo link
<https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave>

Local e data da emissão (Place and date of issue)

Brasília, 5 de junho de 2017
Brasília, June 5th, 2017



AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL
SCS, Quadra 09, Lote C, Torre A - 2º Andar, Edifício Parque Cidade Corporate -
Bairro Setor Comercial Sul, Brasília/DF, CEP [70308-200](https://www.anac.gov.br)
- <https://www.anac.gov.br>

Ofício nº 214(SEI)/2017/GOAG/SPO-ANAC

Brasília, 02 de março de 2017.

Sr. Ricardo Brites

Assunto: Autorização para utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado

Prezado Senhor,

1. Informo que está autorizada, no que concerne à ANAC, a operação de VANT pelo Senhor requerida, desde que obedecidas as seguintes condições operacionais:
 - a. A altura máxima permitida para a operação é de 400 pés acima do nível do solo (aproximadamente 120 metros) para áreas desabitadas; ou de 200 pés acima do nível do solo (aproximadamente 60 metros) para áreas urbanas;
 - b. Não pode haver pessoas em solo em um raio de 30 metros do equipamento. Exceção a esta condição se dá às pessoas diretamente envolvidas na operação solicitada;
 - c. O operador do equipamento radio-controlado deve manter contato visual constante com o mesmo durante a operação;
 - d. O equipamento utilizado deve ser de pequeno porte, de no máximo 25 Kg, capaz apenas de transportar câmera para coleta de imagens;
 - e. Todos os pilotos remotos e observadores de RPA devem ser maiores de 18 anos;
 - f. Realização prévia de avaliação de risco operacional de forma demonstre um nível aceitável de risco à segurança operacional. Esta avaliação

poderá ser utilizada por, no máximo, 6 meses, devendo ser revista após este período;

- g. É proibido o transporte de pessoas, animais, armamentos ou artigos perigosos referidos no RBAC 175 ou carga proibida por autoridade competente, em VANT;
 - h. O piloto remoto do VANT deve obedecer aos requisitos aplicáveis da Seção 91.17 do RBHA 91 (Álcool e Drogas), ou disposições correspondentes que venham a substituí-las;
 - i. Um piloto remoto somente pode operar um único RPAS por vez
2. Esclareço que esta autorização não o exime do cumprimento das regulamentações de outros entes da administração pública direta e indireta, tais como a Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA e o Ministério da Defesa, assim como as legislações referentes às responsabilizações nas esferas civil, administrativa e penal que podem incidir sobre o uso do equipamento radio-controlado, com destaque àquelas disposições referentes à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas e por qualquer dano a pessoas ou propriedades.
3. A presente autorização é válida para operações relacionadas exclusivamente a uso próprio, sendo portanto vedada a prestação de serviço utilizando-se do VANT, e até publicação de regulamento específico para operação de veículos aéreos não tripulados.

Atenciosamente,

Marcus Vinicius Fernandes Ramos

Gerente de Operações da Aviação Geral

Superintendência de Padrões Operacionais



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Fernandes Ramos, Gerente**, em 02/03/2017, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com o emprego de certificado digital emitido no âmbito da ICP-Brasil, com fundamento no art. 6º, caput, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Nº de Série do Certificado: 1196011434307832733



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sistemas.anac.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0475102** e o código CRC **1BD41649**.

Referência: Caso responda este Ofício, indicar expressamente o Processo nº 00058.506219/2017-17

SEI nº [0475102](#)

[Go to Pix4D Cloud \(/\)](#)

Licenses

⚠ All your licences have expired, would you like to buy a new one ?

[Go to the store \(/store/\)](#)

Pix4Ddiscovery

Free version with limited output results.

Activation date Sept. 3, 2017

Active devices

Device name	Activation date
LAPTOP-HJBR0SP0	March 25, 2018, 1:09 a.m.

Expired licenses



Pix4Dmapper, Trial license Expired

License key	bae7751c
Activation date	Sept. 3, 2017, 8:42 p.m. CEST
Expiration date	Oct. 28, 2017, 8:42 p.m. CEST
Terms of service	Trial

Invoice

Device info 2 active out of 2 available.

Active devices

Device name	Activation date
MacBook-Pro-...	Sept. 19, 2017, 7:56 p.m.

Device name**Activation date**

JOAO

Sept. 15, 2017, 1:21 a.m.



Pix4Dmapper, Trial license Expired

License key

64332658

Activation date

Feb. 4, 2018, 12:18 a.m. CET

Expiration date

Feb. 14, 2018, 12:18 a.m. CET

Terms of service

Trial

Invoice**Device info**

1 active out of 2 available.

Active devices

Device name**Activation date**

LAPTOP-HJBR0SP0

Feb. 4, 2018, 1:15 a.m.