

Monitorização topográfica e geofísica:
**Recuperação e reabilitação
de áreas desertificadas e de
escombeiras existentes no
vale do Côa /
CANADA DO INFERNO**

(Canada do Inferno, Vila Nova de Foz Côa, Guarda,
Portugal)

RRADC'22

DIRECÇÃO TÉCNICA – GEOFÍSICA:
André FERREIRA

DIRECÇÃO TÉCNICA – GEOMÁTICA:
Nuno RAMOS

COORDENAÇÃO DE PROJETO:MGA
Miguel ALMEIDA



Relatório intercalar

43
2023

1. Descrição

1. Entidade

- **Côa Parque – Fundação para a Salvaguarda e Valorização do Vale do Côa**
Rua do Museu, 5150-620 Vila Nova de Foz Côa

2. Local

- **Parque Arqueológico do Côa**
Canada do inferno / Penascosa, PAVC – Parque Arqueológico do Vale do Côa
(Vila Nova de Foz Côa, Guarda, Portugal)

3. Objecto

- Relatório intercalar do projecto de Monitorização topográfica e geofísica: Recuperação e reabilitação de áreas desertificadas e de escombeiras existentes no vale do Côa / CANADA DO INFERNO (Canada do Inferno, Vila Nova de Foz Côa, Guarda, Portugal).

2. Enquadramento geológico

Geologia regional

Geologicamente, a região de Vila Nova de Foz Côa está inserida na zona geotectónica Zona Centro-ibérica (Fig. 1), no NW do Maciço Ibérico, representada na folha 15-A Vila Nova de Foz Côa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 e na Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa à escala 1:80 000.

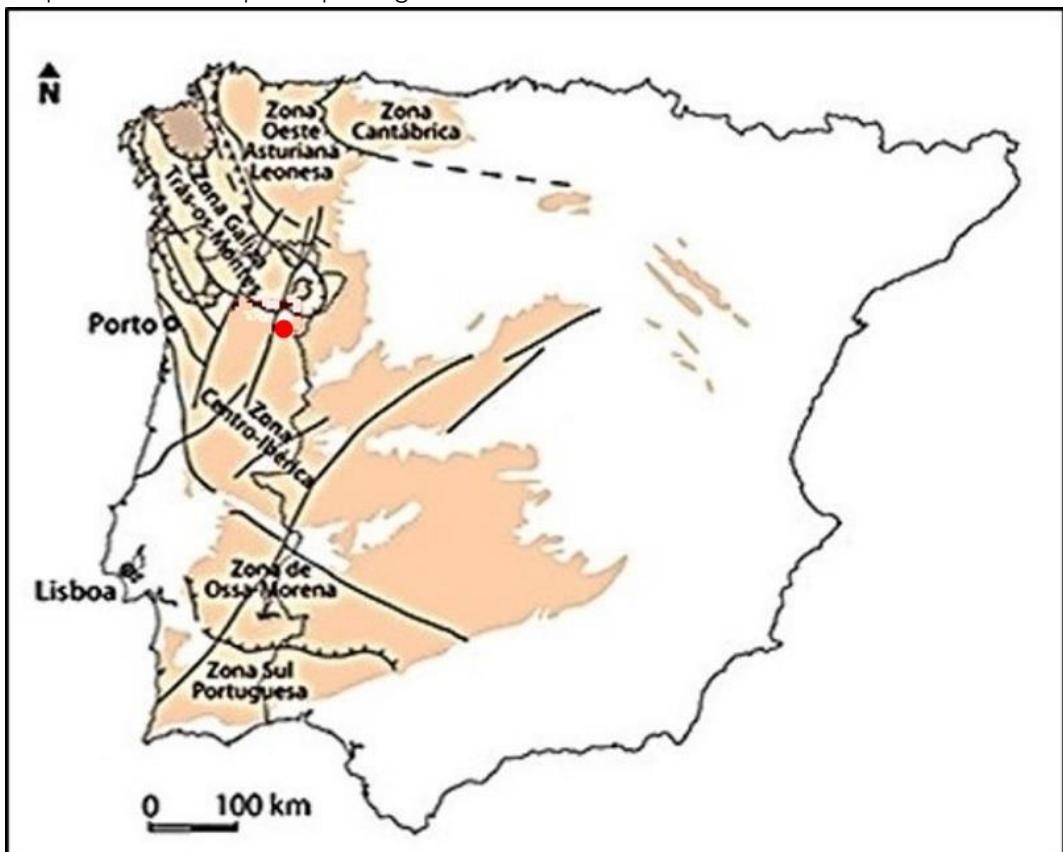


Fig. 1: Divisão estrutural actual do Maciço Ibérico, com a representação da localização de Vila Nova de Foz Côa (Julivert et al., 1974, modificado).

Os sítios arqueológicos do Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC) estão distribuídos pelas unidades meta-sedimentares das Formações de Desejosa, Pinhão e Rio Pinhão, pertencentes ao Grupo do Douro (GD) do Supergrupo Dúrico-Beirão, anteriormente denominado Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) (Sousa, 1982). Nestes meta-sedimentos é frequente observar um aspecto listrado (estratificação/ S0) devido à deposição gradada dos sedimentos que lhe deram origem. As rochas onde são encontrados os painéis de arte rupestre são denominados de filitos, resultado do metamorfismo de baixo grau sofrido pelas rochas sedimentares que lhe deram origem.

A idade do Grupo do Douro está indicada como sendo cámbrica, devido à ocorrência de trilobites na Formação de Desejosa e de icnofósseis na Formação de Pinhão (Rebelo, 1983-1985; Rebelo & Romano, 1986; Silva et al., 1990; Ribeiro & Silva, 2000).

Também estão localizados sítios arqueológicos em zonas graníticas, como o Granito de Ribeira de Massueime e o Granito de Mêda. Estes granitos são sintectónicos relativamente

à 3^a fase de deformação hercínica (F3), apresentando uma idade de cerca de 300 M.a. O Granito de Mêda é um granito de duas micas e possui grão médio. O Granito de Ribeira de Massueime caracteriza-se por ser de grão médio, duas micas, por vezes mais biotítico e porfiróide (Silva et al., 1990; Ribeiro & Silva, 2000).

A região de Vila Nova de Foz Côa é caracterizada por uma forte partição da deformação, em que estreitas faixas muito deformadas (antiformas de Chão de Couce e de Vale de Moinhos) alternam com sectores amplos pouco deformados (sinforma de Vila Nova de Foz Côa e sinforma do Poio) (Búrcio, 2004; Búrcio et al., 2006; Dias et al., 2010; Moreira et al., 2010a; Moreira et al., 2010b). É no sinclinório do Poio que estão localizadas as explorações do Poio e do Fariseu, onde a relação estrutural perpendicular entre a estratificação (S0) e a clivagem (S1) favorece a produção de esteios. Este sector está limitado a oeste pela zona da falha da Vilariça e a este por um conjunto de falhas maioritariamente de direcção NNE-SSW na zona de Castelo Melhor (Silva et al., 1990).

Canada do Inferno

O sítio da Canada do Inferno localiza-se na margem esquerda do Côa entre os 225 e os 100 m, junto à confluência da ribeira da Canada do Inferno, onde o Vale do Côa é muito encaixado. Geologicamente insere-se na Formação de Desejosa, caracterizada pela presença de filitos listrados, metagrauvaques, metaquartzovaques e rochas calco-silicatadas.

Penascosa

O sítio arqueológico da Penascosa localiza-se na margem direita do rio, entre os 220 e os 140 m, numa praia fluvial, numa zona onde o rio percorre uma larga curva no sentido NW-SE e o Vale do Côa é mais aberto. Geologicamente está localizado na Formação de Pinhão, constituída por filitos cloríticos, quartzo-cloríticos, metagrauvaques com filitos negros, níveis de magnetite e metacalcários (Fig. 2).

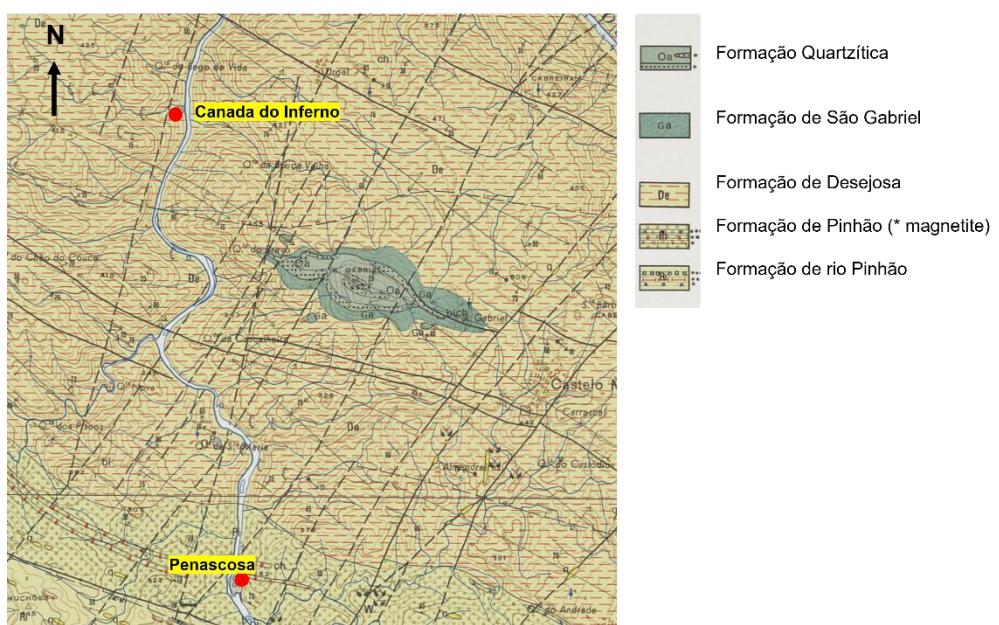


Fig. 2: Localização dos sítios arqueológicos do da Canada do Inferno e da Penascosa, excerto da folha 15-A Vila Nova de Foz Côa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000.

Rio Côa

O PAVC é atravessado pelo rio Côa, afluente do rio Douro, com uma extensão total de

cerca de 144 km e de direcção geral Sul/Norte. A sua orientação e perfil são influenciados pelas variações de litologia que vai atravessando, pelo sistema de falhas de orientação NNE-SSW, assim como pelos sistemas de falhas WSW-ESSE e WNW-WSSE, ainda que em menor dimensão (Ribeiro, 2001). Assim, é possível diferenciar dois sectores no curso distal do Côa:

- um na área granítica onde o rio, num leito encaixado, segue as direcções tectónicas principais, e
- outro no traçado final, com o rio a apresentar uma forte meandrização, pequenos patamares de erosão, vestígios de terraços fluviais escalonados e depósitos de vertente pleistocénicos residuais (Aubry, 2009; Aubry et al., 2010; Dimuccio et al., 2021).

Situação de referência inicial da Canada do Inferno

O núcleo da Canada do Inferno, o primeiro a ser identificado em finais de 1991, aquando da descoberta da rocha 1, está localizado na margem esquerda do rio Côa, junto à confluência da ribeira da Canada do Inferno, entre os 225 e os 100 m. Neste local, o Vale do Côa é muito encaixado e segue uma orientação S-N.

Aqui, a paisagem envolvente está significativamente alterada em virtude dos trabalhos de construção da barragem, sendo neste local que estão depositadas as escombreiras resultantes desses trabalhos, que agora se pretendem reabilitar e estabilizar devido à perigosidade que representam sobretudo para os trabalhadores e visitantes do PAVC.

Os blocos rochosos, alguns de grandes dimensões, provenientes das explosões aquando dos trabalhos de construção da barragem, foram depositados nas encostas da Canada do Inferno, sobre uma linha de água que provoca o arrastamento dos materiais mais finos e o movimento/deslocação da zona de vertente, que apresenta assinalável instabilidade. Nestes locais, a vegetação é escassa, registando-se embora alguma colonização vegetal, ainda incipiente, sobretudo nas cotas mais elevadas das escombreiras, de onde já houve movimento descendente dos blocos. Nas vertentes, muito ingremes, o deslizamento dos blocos tem impossibilitado a fixação de solos e, por consequência, de vegetação, levando a que a formação de solo e de vegetação seja inexistente e a erosão aumente.

De salientar que este local está numa zona de risco sísmico VI, determinado pela presença da falha da Vilariça – Manteigas e de um conjunto de falhas de direcção maioritariamente NNE-SSW. Um abalo um pouco mais forte pode levar ao desabamento destas vertentes destruindo a casa do guarda e chegar ao rio que está logo abaixo.

Estas escombreiras situam-se junto à casa do guarda, logo abaixo e acima, e estão no caminho que os guias e os visitantes fazem para aceder ao núcleo.

Uma vez que neste local, para além de visitas pedestres, está localizado o cais de embarque para as visitas de barco e de caiaque, há que ter em consideração que um desabamento destas escombreiras pode levar à ocorrência de vítimas.

3. Instrumentação

Estratégia de monitorização directa da escombreira da Canada do Inferno

A escombreira da Canada do Inferno forma uma vasta área de derrocada activa com movimentos recentes, inclusivamente já documentados pela monitorização geométrica actualmente em curso (cfr. *infra*).

Para controlo e monitorização destes movimentos, o projecto RRADCôa prevê, para além da monitorização geométrica, já em curso, utilizando uma combinação de métodos de aerofotogrametria de baixa altitude, laser scanner terrestre e interferometria de satélite, a instrumentação das áreas de estudo com quatro tipos de sensores:

- **Estações meteorológicas**, para recolha de dados ambientais da estação (pluviosidade, temperatura, insolação, vento e pressão atmosférica);
- **Sensores pontuais**, para recolha contínua de dados de cariz meteorológico (humidade, temperatura por contacto directo de superfícies e incidência solar) e sísmicos (geofone para registo passivo de vibrações), numa rede de pontos discretos a implementar nas áreas de estudo;
- **Sensores de movimento**, constituídos por conjuntos de acelerómetros dispostos em coluna vertical dúctil; e
- **Armadilhas de sedimento**, desenhadas para monitorizar a circulação de elementos finos.

Desenvolvimento de sensores dedicados

A instalação desta rede de monitorização implica, para além da reparação / reoperacionalização / substituição das actuais estações meteorológicas obsoletas, o desenvolvimento de um conjunto de sensores multiparamétricos dedicados, especificamente desenhados para as necessidades deste projecto.

A unidade de controlo contém um cartão para armazenamento dos dados dos sensores, assim como um modulo GPS para sincronização de tempo com todos os pontos de aquisição. Inteiramente desenvolvida em torno do modulo de microcontrolador ESP32 WROOM-32D, que permite não só obter uma rápida capacidade de processamento com processador de 240MHz a 32bits, mas também grande capacidade de armazenamento flash para o código de 4MB, conectividade sem fios WiFi, Bluetooth e LoRa, e vários protocolos de comunicação com periféricos, ISP, I2C, Serial UART, CAN, etc. assim como um elevado número de conexões GPIO (General-Purpose Input/Output) totalizando 48 pins.

Os periféricos já instalados, são:

- Um conversor analógico para digital (ADC) de 24bis – ADS1220 da *Texas Instruments*, que permite elevada fiabilidade de leitura dos sensores analógicos, com 16777216 divisões de amostragem, com 0,19nV de resolução;
- Um multiplexer de 16 canais para 1 - CD74HC4067 da *Texas Instruments*, que permite ligar 16 sensores de temperatura a um canal do ADC;
- Um sensor de temperatura, humidade e pressão atmosférica o BMP280 da *Bosch Sensortec* soldado directamente na unidade de controlo ou ligado externamente;

- Uma ficha de dois pinos para um geofone ligado ao ADC de 24bits;
- Uma ficha para um BPW34 ligado ao ADC de 24bits para funcionar como sensor de irradiação solar;
- 16 fichas para sensores de temperatura NTC K-Tipe de 10KOhms.
- Fichas para GPIOs que não estão conectadas no modulo ESP32 e ficha extra para ISP e I2C, para ligação de ecrã ou outro periférico que utilize esses protocolos.

O geofone instalado com leitura continua de vibrações no solo e taxa de amostragem de 200 pontos por segundo, permite obter informações de coeficiente de Poisson e ângulo de corte, assim como avaliar movimentos com queda de blocos, e vibrações derivadas de detonações e operações de desmonte nas pedreiras próximas, podendo prever-se a implementação de um sistema de alarmística.

O sistema foi desenvolvido e testado a partir de um protótipo construído numa *breadboard* (**Fig. 3**), para avaliar o funcionamento de todos os componentes e periféricos da unidade de aquisição dos dados, assim como testar diferentes fases do programa.

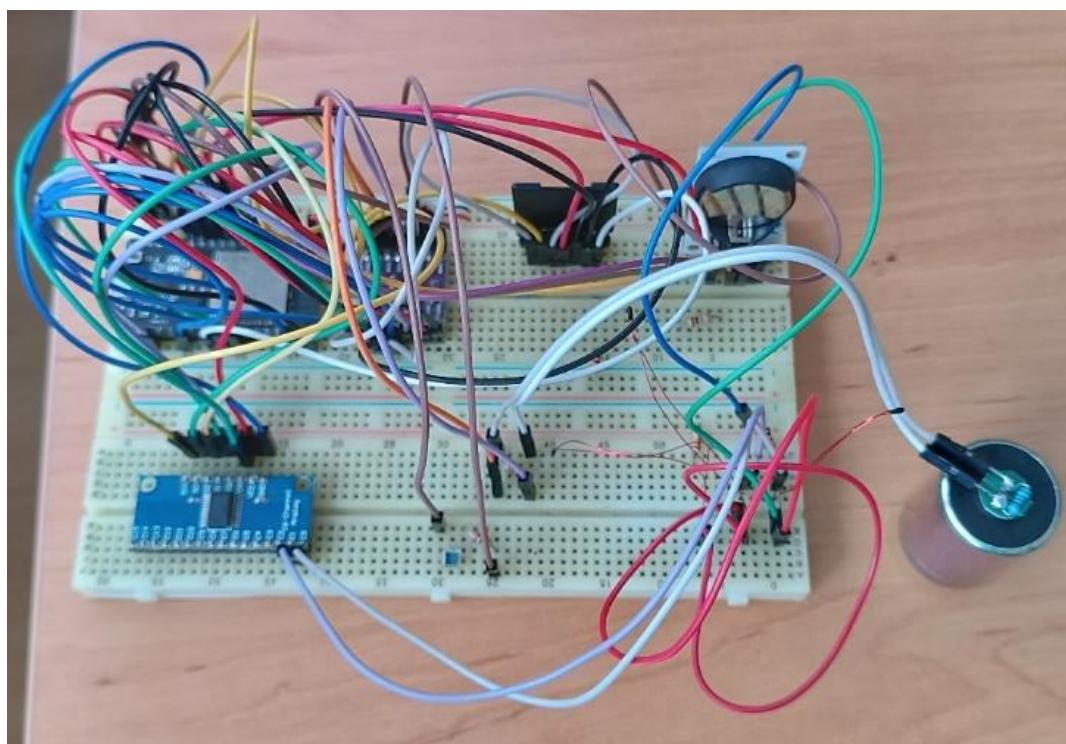


Fig. 3: Protótipo das ligações dos vários componentes periféricos e testes do sistema de aquisição.

Confirmada a operacionalidade e fiabilidade do modelo, seguimos para esquema eletrónico que seguiu o desenho do circuito impresso e, uma vez feitos todos os ajustes de desenho circuito impresso, este seguiu para construção por empresa devidamente qualificada para o efeito, que entregou a primeira versão do circuito impresso em menos de 2 semanas (**Fig.**).

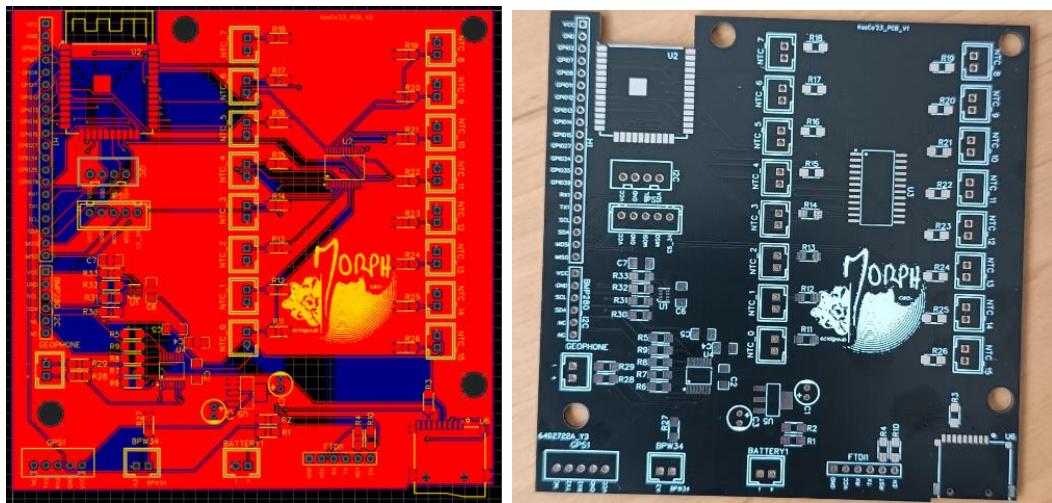


Fig. 4: Design final do circuito impresso antes e após construção.

No momento de elaboração do presente relatório estamos em fase de popular o circuito integrado com os diversos componentes e periféricos, com vista à efectiva instrumentação do local até ao final do mês de Setembro, para completar e densificar com dados contínuos os resultados da monitorização periódica por detecção remota que já está em curso na Canada do Inferno.

4. Monitorização

Monitorização por detecção remota da escombreira da Canada do Inferno

A monitorização geométrica periódica da escombreira na Canada do Inferno encontra-se a ser executada a partir da técnica de aerofotogrametria por meio de aeronave não tripulada (UAS/drone), tendo já sido realizados testes para integração de dados TLS (Terrestrial Laser Scanner), embora ainda com resultados menos satisfatórios (Fig.). A área que actualmente tem sido alvo de inspecção é de 5,4 hectares.

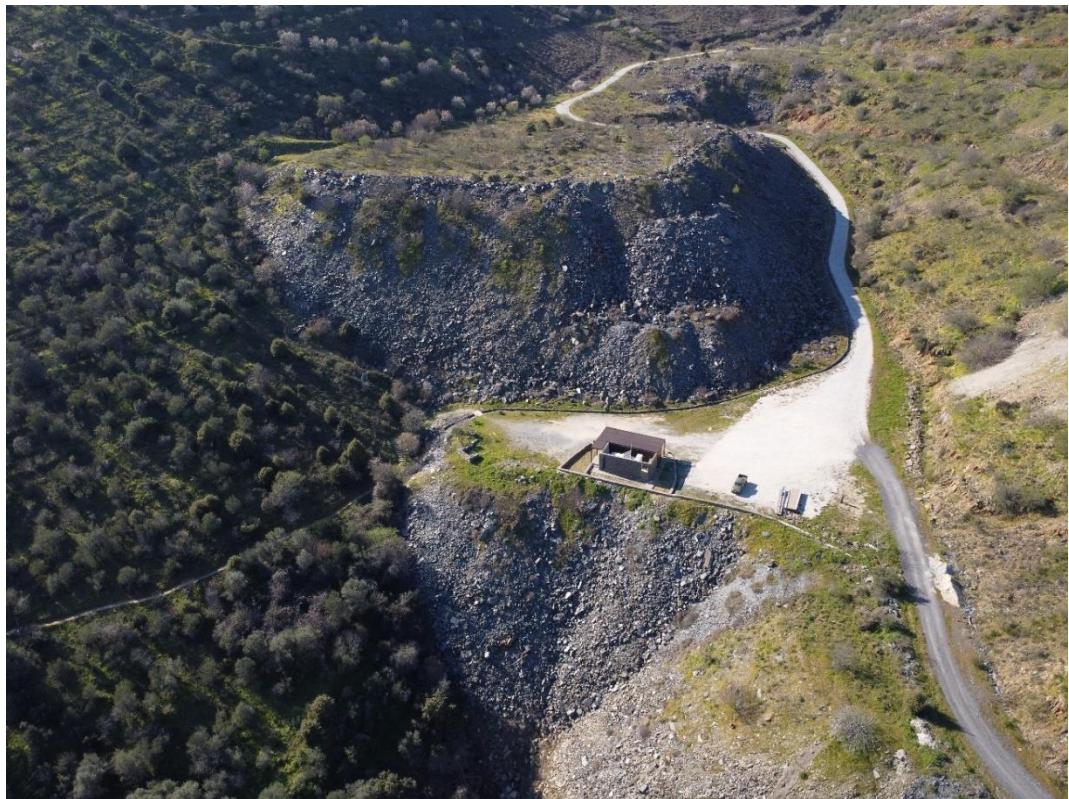


Fig. 5: Fotografia aérea da área da escombreira (17/02/2023).

A fotogrametria é uma técnica que, a partir de sensores fotográficos montados em plataformas estáticas, móveis ou aerotransportadas, permite resultados de elevada precisão e qualidade gráfica, para fins de inspecção e documentação, desde objectos milimétricos a territórios de centenas de quilómetros quadrados.

A técnica de fotogrametria digital que utilizamos é denominada de *Structure-from-Motion with Multi-View Stereo (SfM-MVS)* e consiste em estimar e reconstituir tridimensionalmente o objecto ou cenário desejado, a partir de uma elevada sobreposição de fotografias 2D captadas de várias perspectivas. Um software próprio identifica os pontos comuns entre as diferentes fotografias, combinando-os e possibilitando uma reconstituição densa, replicando a geometria do objecto capturado numa nuvem de pontos composta por milhões de pontos com coordenadas 3D (XYZ) e cor RGB (Furukawa & Ponce, 2010; Rothermel & Wenzel, 2012; Micheletti et al., 2015) (Fig.).

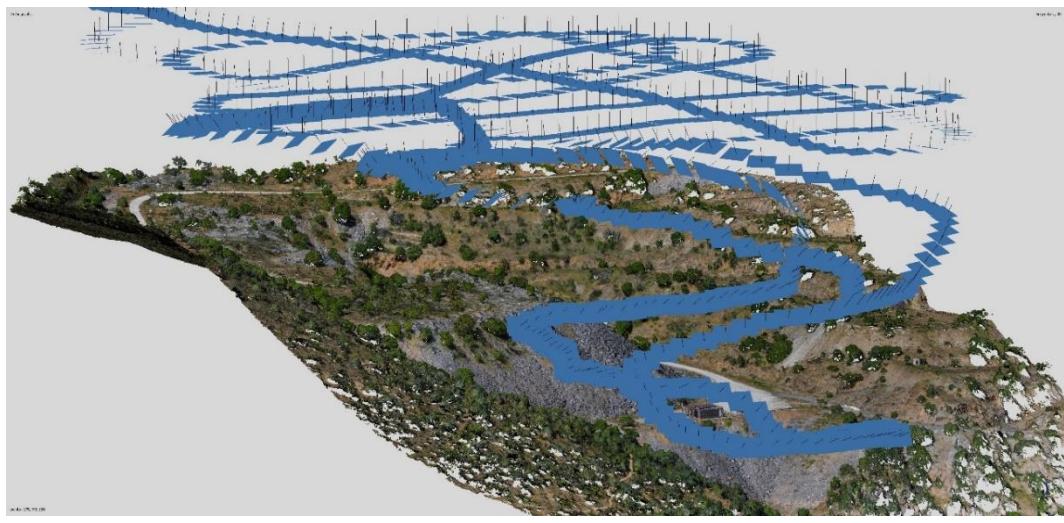


Fig. 6: Nuvem de pontos densa da escombreira e posição das fotografias captadas (18/04/2023).

A monitorização geométrica é realizada pela comparação e evolução entre modelos de dois tempos distintos. Primeiro é realizado o alinhamento entre as nuvens de pontos a partir de coordenadas ou com o algoritmo ICP (Iterative Closest Point). Posteriormente são utilizados os algoritmos que permitem avaliar a distância entre duas nuvens de pontos C2C (Cloud-to-Cloud) (Fig.) ou entre uma superfície/mesh e uma nuvem de pontos C2M (Cloud-to-Model) (Fig.), gerando um modelo tridimensional que permite identificar as áreas de erosão e de deposição.

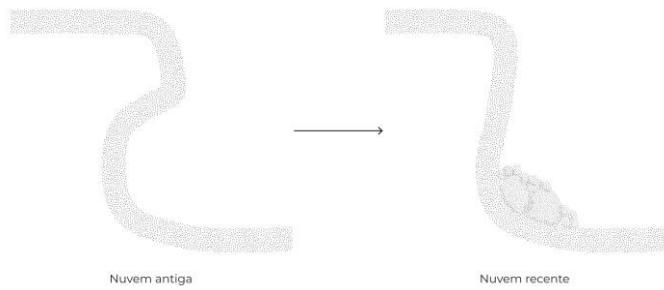


Fig. 7: Cloud-to-Cloud (C2C) (Ramos, 2021).

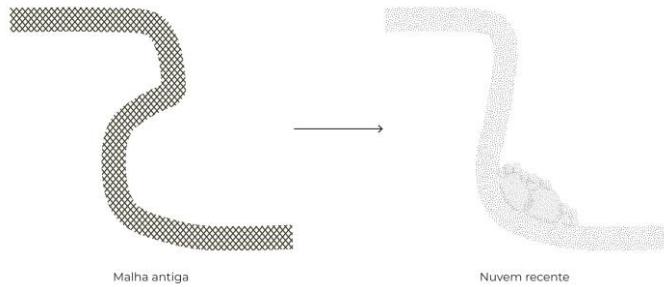


Fig. 8: Cloud-to-Model (C2M) (Ramos, 2021).

Até ao momento já foram realizados 4 voos com drone, permitindo obter 3 inspecções de monitorização geométrica (Tab. 1), das quais apresentamos de seguida, sumariamente, os resultados mais relevantes.

Tab. 1: Datas dos levantamentos realizados.

Tempo	Data
t00	10/01/2023
t01	17/02/2023
t02	18/04/2023
t03	31/07/2023

Inspecção 1: 10/01/2023 a 17/02/2023

As alterações geométricas observadas são correspondentes à vegetação e ao erro inerente da inspecção (**Fig. 4-10**).



Fig. 4: Área de inspecção no dia 10/01/2023.



Fig. 5: Área de inspecção no dia 17/02/2023.

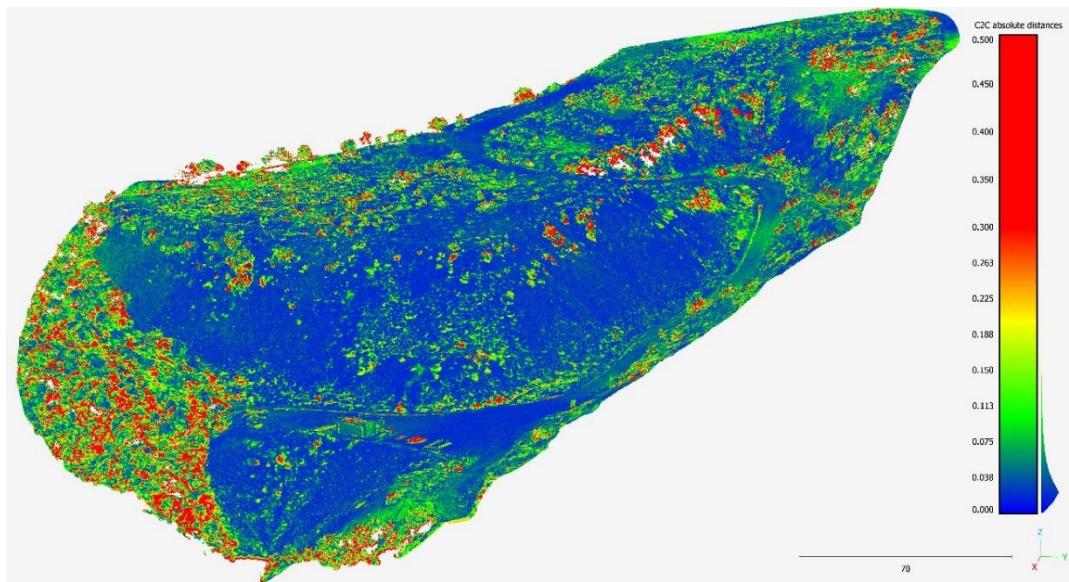


Fig. 6: Inspecção C2C entre 10/01/2023 e 17/02/2023.

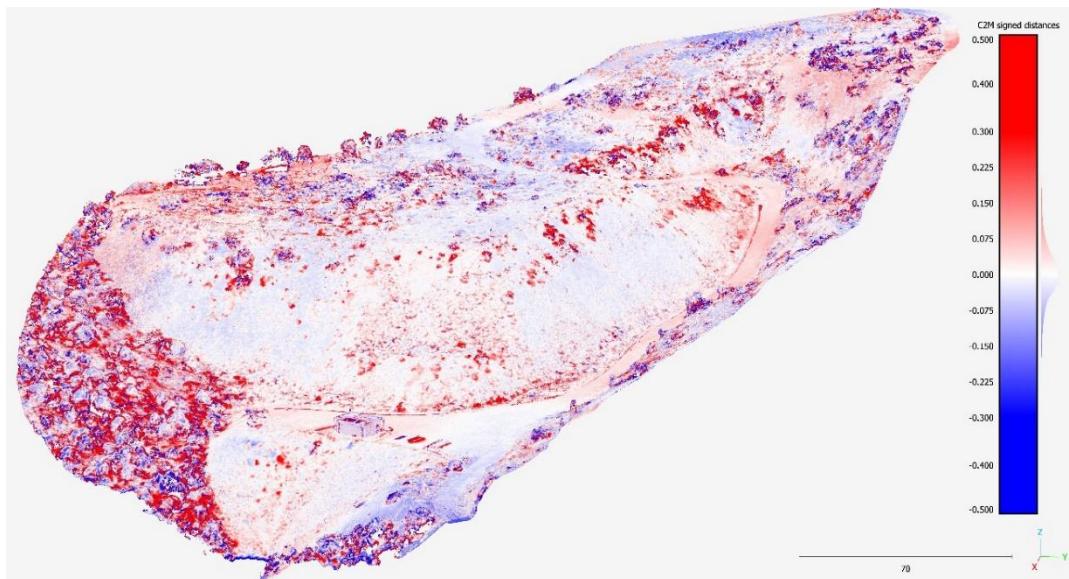


Fig. 7: Inspecção C2M entre 10/01/2023 e 17/02/2023.

Inspecção 2: 17/02/2023 a 18/04/2023

As alterações geométricas observadas de maior destaque são correspondentes à vegetação e ao erro inerente da inspecção (Fig. 9).

É, no entanto, identificada uma alteração de origem antrópica que corresponde à movimentação e deposição de areias na encosta da escombreira inferior (Fig. 11); e, outra, respeitante à movimentação de um bloco no sentido descendente, cuja origem é incógnita (Fig. 12).



Fig. 8: Área de inspecção no dia 18/04/2023.

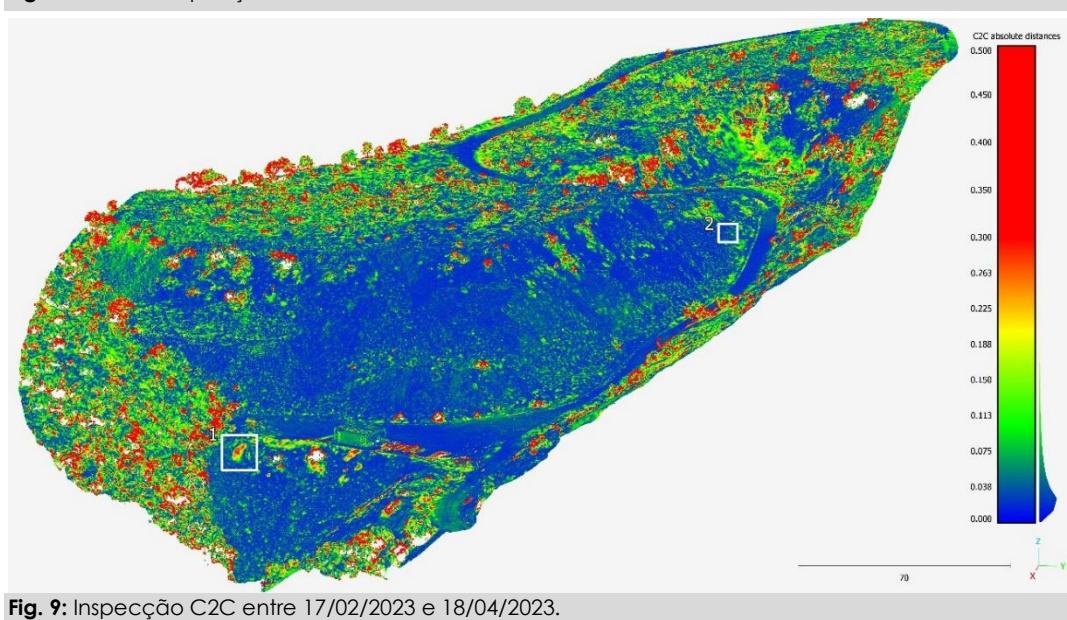


Fig. 9: Inspecção C2C entre 17/02/2023 e 18/04/2023.

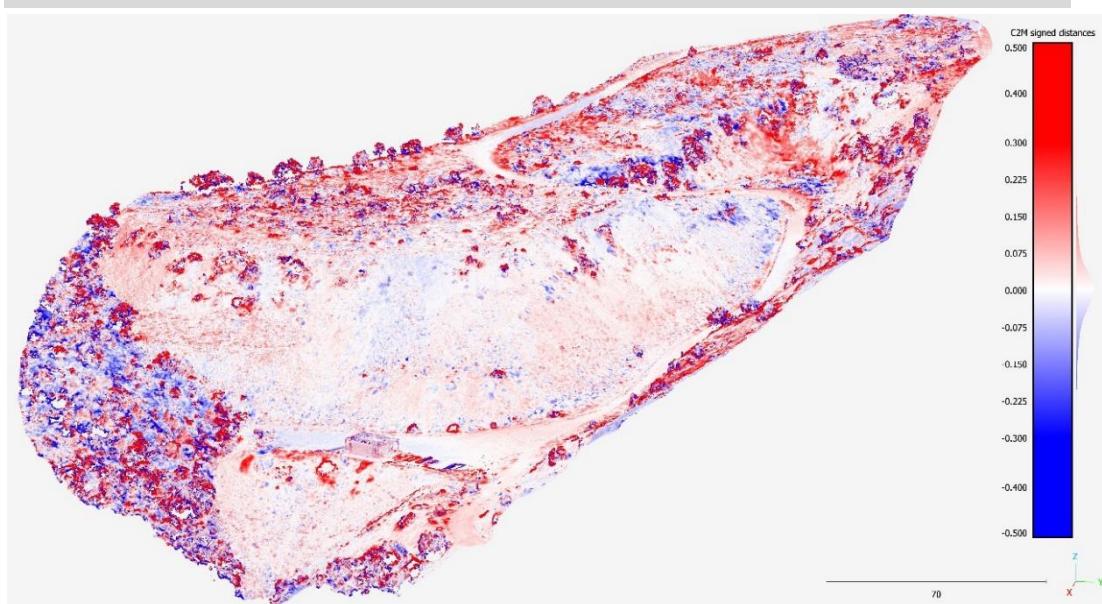


Fig. 10: Inspecção C2M entre 17/02/2023 e 18/04/2023.

Alteração n.º 1:

Erosão mecânica da superfície e deposição de sedimentos na vertente.

17/02/2023

18/04/2023

C2C

C2M

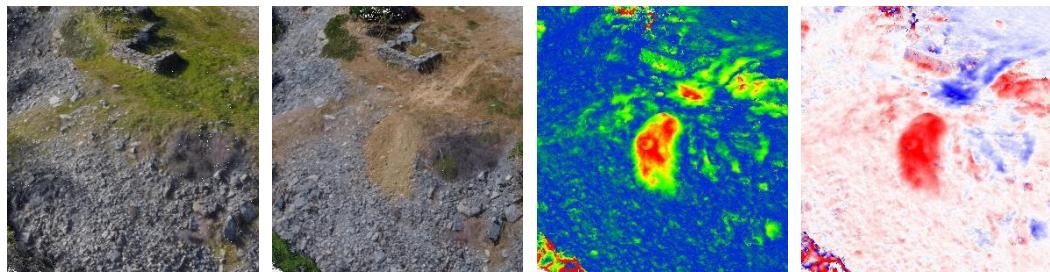


Fig. 11: Alteração n.º 1 - nuvens de pontos RGB e inspecção C2C e C2M entre 17/02/2023 e 18/04/2023.

Alteração n.º 2:

Movimentação de bloco no sentido descendente, não tendo sido possível identificar a sua origem com precisão.

17/02/2023

18/04/2023

C2C

C2M

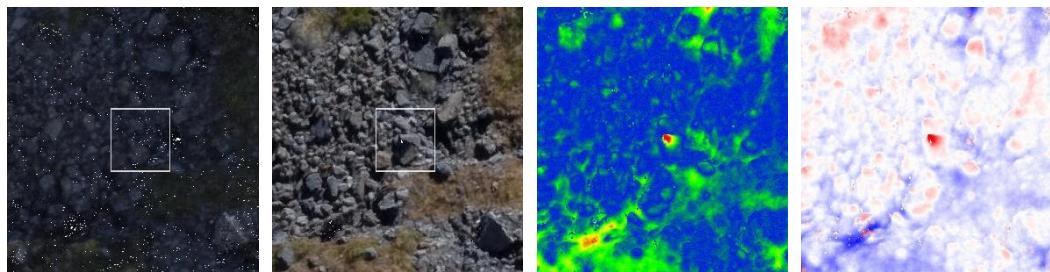


Fig. 12: Alteração n.º 2 - nuvens de pontos RGB e inspecção C2C e C2M entre 17/02/2023 e 18/04/2023.

Inspecção 3: 18/04/2023 a 31/07/2023

As alterações geométricas observadas de maior destaque são correspondentes à vegetação e ao erro inerente da inspecção (**Fig. 14**).

Identifica-se, porém, a possível consolidação e escorrência do material arenoso (**Fig. 16**) previamente assinalado na inspecção anterior; bem como a movimentação de um bloco, com cerca de 1 metro, no sentido descendente em cerca de 2 metros desde a sua origem (**Fig. 17**); e, ainda, a possível rotação e movimentação descendente em 50 cm de um bloco com cerca de 70 cm (**Fig. 18**).



Fig. 13: Área de inspecção no dia 31/07/2023.

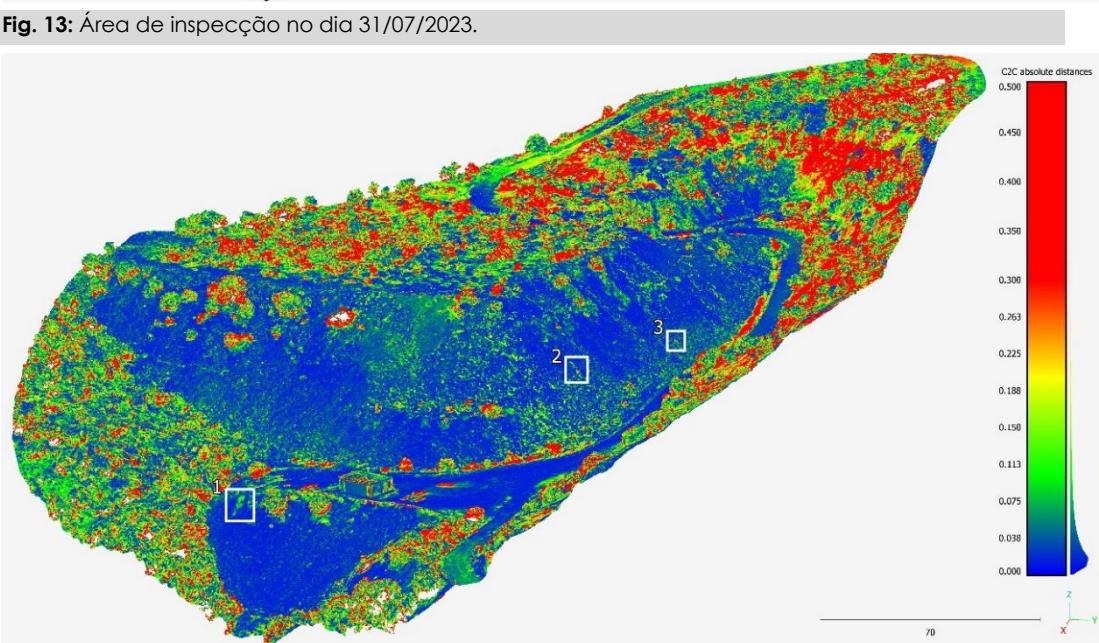


Fig. 14: Inspecção C2C entre 18/04/2023 e 31/07/2023.

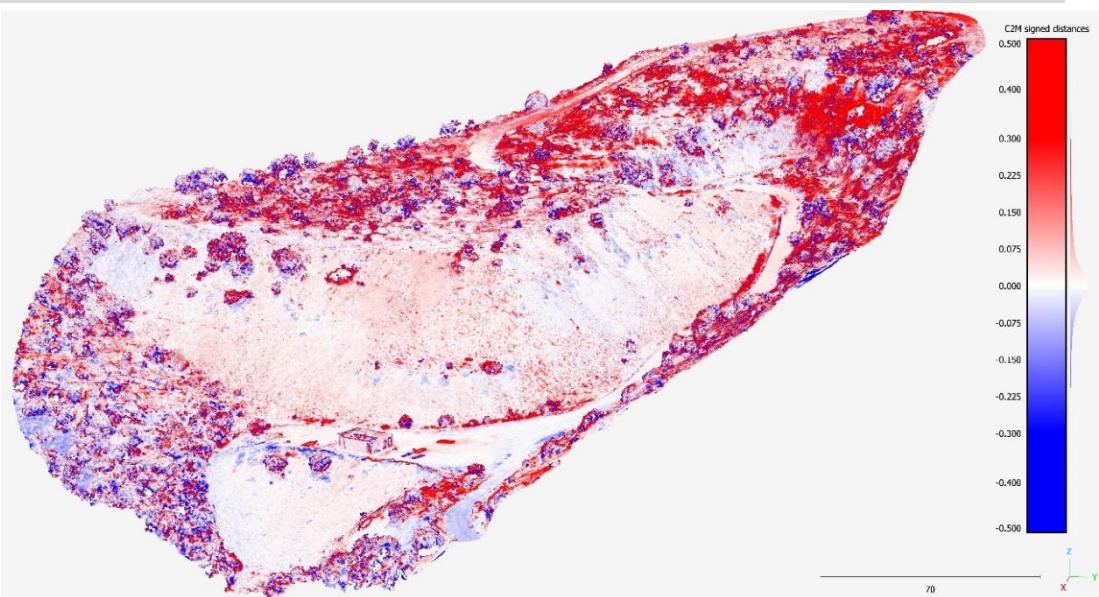


Fig. 15: Inspecção C2M entre 18/04/2023 e 31/07/2023.

Alteração nº. 1:

Deslocação/assentamento de algum material arenoso depositado na vertente, bem como a sua escorrência e acumulação numa área inferior.

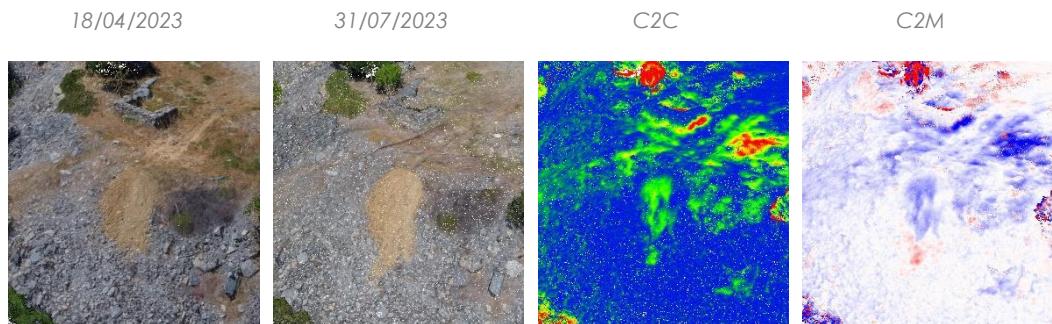


Fig. 16: Alteração n.º 1 - nuvens de pontos RGB e inspecção C2C e C2M entre 18/04/2023 e 31/07/2023.

Alteração nº. 2:

Movimentação de um bloco, com cerca de 1 metro, no sentido descendente em cerca de 2 metros desde a sua origem.

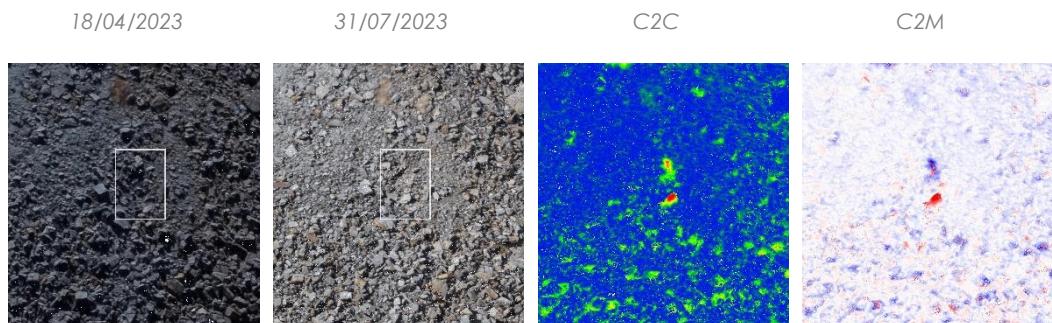


Fig. 17: Alteração n.º 2 - nuvens de pontos RGB e inspecção C2C e C2M entre 18/04/2023 e 31/07/2023.

Alteração nº. 3:

Possível rotação e movimentação descendente em 50 cm de um bloco com cerca de 70 cm.

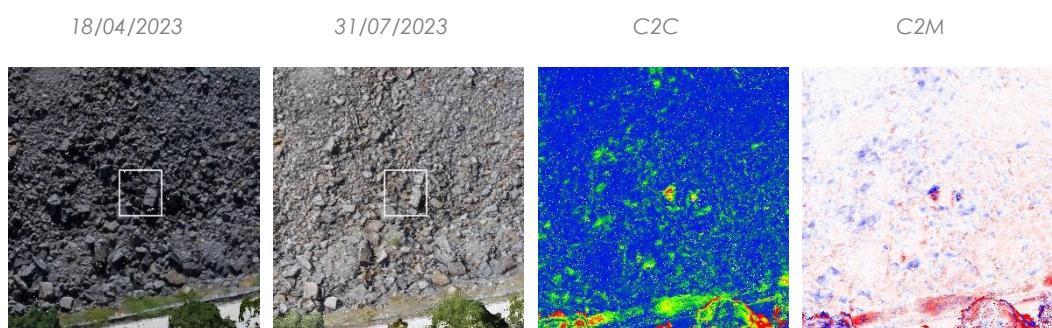


Fig. 18: Alteração n.º 3 - nuvens de pontos RGB e inspecção C2C e C2M entre 18/04/2023 e 31/07/2023.

5. Bibliografia

- Aubry, T. (ed.) (2009) – 200 séculos de história do Vale do Côa: incursões na vida quotidiana dos caçadores-artistas do paleolítico. *Trabalhos de Arqueologia*, 52, IGESPAR, IP, Lisboa: 511 pp. ISBN: 978-989-8052-14-8.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Bergada, M., Sampaio, J. D. & Sellami, F. (2010) – Palaeolithic engravings and sedimentary environments in the Côa River Valley (Portugal): Implications for the detection, interpretation and dating of open-air rock art. *Journal of Archaeological Science*, 37: 3306-3319.
- Búrcio, M. (2004) – Controle estrutural da localização de pedreiras de esteios de xisto para vinhas em Vila Nova de Foz Côa. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Évora, 65 pp.
- Búrcio, M.; DIAS, R. & MACHADO, I.L. (2006) – Partição da deformação na região de Vila Nova de Foz Côa. Livro de Actas do VII Congresso Nacional Geologia, Estremoz, pp 57-60.
- Dias, R.; Coke, C. & Moreira, N. (2010) – Deformação Varisca heterogénea no eixo Marão – Foz Côa (autóctone da Zona Centro Ibérica); implicações para a estrutura regional. VIII Congresso Nacional de Geologia, Universidade do Minho, Portugal. *Revista Electrónica de Ciências da Terra, Geosciences On-line Journal, e -Terra*, Volume 11 Geologia Estrutural e Tectónica, nº 15. <http://e-terra.geopor.pt>. 4 pp. ISSN 1645-0388.
- Dimuccio, L., Aubry, T., Cunha, L. & Rodrigues, N. (2021) – CLIMATE@COA project: Climate and human adaptation during the Last Glacial Period in the Côa Valley region (Portugal). Abstract EGU General Assembly 2021.
- Furukawa, Y., & Ponce, J. (2010). Accurate, dense, and robust multiview stereopsis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(8), 1362–1376. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2009.161>
- Julivert, M.; Fontboté, J. M.; Ribeiro, A. & Nabais Conde, L. E. (1972) – Mapa Tectónico da Península Ibérica Y Baleares, Escala 1:1 000 000 e Memória explicativa (1974), Instituto Geológico y Minero de España, 113 pp.
- Micheletti, N., Chandler, J. H., & Lane, S. N. (2015). Structure from Motion (SfM) Photogrammetry. *Geomorphological Techniques* (Online Edition), 2. <https://hdl.handle.net/2134/17493>
- Moreira, N.; Búrcio, M.; Dias, R. & Coke, C. (2010a) – Partição da deformação Varisca nos sectores de Peso da Régua e Vila Nova de Foz Côa (autóctone da Zona Centro Ibérica). *Comunicações Geológicas*, t 97, pp 147-162.
- Moreira, N.; Dias, R. & Coke, C. (2010b) – Partição da deformação Varisca na região de Peso da Régua (autóctone da zona Centro Ibérica): a influência dos cisalhamentos esquerdos WNW-ESE. *Revista Electrónica de Ciências da Terra, Geosciences On-line Journal, e-Terra*, Volume 11 Geologia Estrutural e Tectónica: nº 16. <http://e-terra.geopor.pt>., 4 pp. 1645-0388.
- Ramos, N. (2021). Proposta metodológica de baixo custo para monitorização de arribas potencialmente instáveis: Aplicação no estudo do litoral de Torres Vedras. <https://hdl.handle.net/10216/134793>
- Rebelo, J. A. & Romano, M. (1986) – A contribution to the lithostratigraphy and palaeontology of the Lower Palaeozoic rocks of the Moncorvo region, Northeast Portugal. *Comunicações Serviços Geológicos de Portugal*, t. 72, fascículo 1-2, pp 45-57.
- Rebelo, J. A. (1983-1985) – Contribuição para o conhecimento da base do Ordovícico em Portugal – Região de Moncorvo. *Boletim da Sociedade Geológica*, volume: XXIV. Portugal, Lisboa, 22, pp 263-267.
- Ribeiro, M. L. & Silva, A. F. (2000) – Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa à escala 1:80 000. Instituto Geológico e Mineiro e Parque Arqueológico

Vale do Côa.

Ribeiro, M. L. (2001) – Notícia Explicativa da Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa à escala 1:80 000. Instituto Geológico e Mineiro e Parque Arqueológico do Vale do Côa, 72 pp.

Rothermel, M., & Wenzel, K. (2012). SURE - Photogrammetric Surface Reconstruction from Imagery. Proceedings LC3D Workshop, 1–9

Silva, A. Ferreira. & Ribeiro, M. L. (1991) – Notícia Explicativa da Folha 15-A Vila Nova de Foz Côa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. Serviços Geológicos de Portugal, 52 pp.

Silva, A. F.; Santos, J.; Ribeiro, A. & Ribeiro, L. (1990) – Folha 15-A Vila Nova de Foz Côa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. Serviços Geológicos de Portugal.

Sousa, M. B. (1982) – Litoestratigrafia e estrutura do Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico – Grupo do Douro (NE Portugal). Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra, Portugal, 222 pp.

COORDENAÇÃO DE PROJECTO:

Miguel Almeida

RESPONSABILIDADE TÉCNICO-CIENTÍFICA DA INTERVENÇÃO:

André Ferreira, Nuno Ramos

RECOLHA BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL:

Silvia Aires

TRABALHOS DE CAMPO:

Nuno Ramos, André Ferreira

FOTOGRAFIAS:

Nuno Ramos

CARTOGRAFIA:

Silvia Aires