Recuperação de paisagens submersas a partir de fotografia aérea histórica

Paula Redweik[1,2]

Leonor Vila Lobos[1]

Mário Filipe[1]

João Fonte[3]

José Alberto Gonçalves[4]

1 *Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*

2 *Centro de Geologia - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*

3 *Institute of Heritage Sciences (Incipit), Spanish National Research Council (CSIC), Santiago de Compostela, Spain*

4 *Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*

A fotografia aérea, normalmente considerada apenas como uma fonte de informação cartográfica ou qualitativa prezando-se, em geral, a sua actualidade, alberga uma outra valiosa vertente que é a de constituir uma testemunha visual do terreno na época em que foi obtida. Esta vertente da fotografia, para a qual se preza antes a sua antiguidade, começa a ser explorada em diversas partes do mundo e deu origem a vários projectos de digitalização em massa de filmes existentes em arquivos.

Tais operações, ainda que nem sempre enquadradas nos esquemas produtivos das instituições, são de extrema importância cultural, pois por um lado salvaguarda-se as imagens antigas da destruição definitiva devida à alteração do suporte da emulsão, geralmente contendo nitrocelulose, e por outro lado dá-se-lhes uma segunda vida em formato digital, fácil de processar em estações fotogramétricas modernas, permitindo-lhes voltarem a ser fonte de informação cartográfica nos dias de hoje após mais de meio século de hibernação.

Por opção dos autores, este artigo está redigido segundo os instrumentos ortográficos anteriores ao Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990.

Introdução

O caso que se apresenta é um bom exemplo do que foi referido. Estudos arqueológicos recentes efetuados na zona Norte de Portugal depararam com lacunas de informação geográfica em territórios de interesse arqueológico devido à existência de grandes extensões inundadas por albufeiras de barragens hidroeléctricas aí construídas nos anos 50 e 60 do século passado. O recurso a fotografia aérea antiga de data anterior à construção das barragens permitiu, por processos fotogramétricos, recuperar virtualmente paisagens que já não existem, oferecendo ao arqueólogo um modelo georreferenciado onde é possível visualizar, analisar e localizar objectos e sítios de interesse, permitindo o cruzamento em ambiente SIG com outra informação georreferenciada. A fotografia aérea histórica constitui nestes casos a única via de estudar esses objectos (Cowley & Stichelbaut, 2012)

Os casos estudados, Venda Nova e Alto Rabagão, localizam-se na municipalidade de Montalegre, no norte de Portugal (figura 1) e constituem duas grandes áreas submersas ao longo do vale do rio Rabagão. A construção das barragens originou albufeiras que submergiram diversos elementos do patrimó-

nio cultural desde então inacessíveis. Em Venda Nova, a barragem de 97m de altura foi completada em 1951 e submergiu 400 hectares, alargando os meandros originais do rio encaixados nas montanhas. Quanto ao Alto Rabagão, a barragem tem 94m de altura e foi inaugurada em 1964, submergindo 2212 hectares de território. A escolha destas duas zonas foi motivada pela busca do traçado da Via Romana XVII que passava pelo vale do Rabagão e que constituía uma das principais vias no nordeste da Península Ibérica, ligando Bracara Augusta (actualmente Braga) com Asturica Augusta (Astorga) passando por Aquae Flaviae (Chaves). Para além da via romana, também se pretendia localizar nestas zonas um conjunto de povoações romanas e da Idade do Ferro.

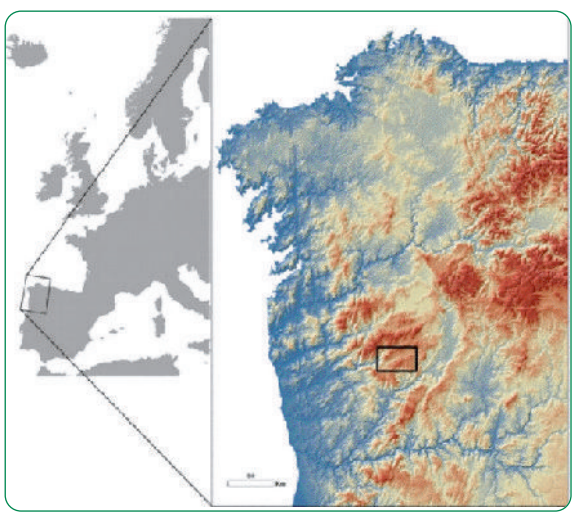

Figura 1- *Localização das áreas de estudo*

Metodologia

A recuperação da paisagem tal como era antes da inundação iniciou-se com a procura de fotografia aérea antiga da região. Primeiramente foi adquirida fotografia aérea do voo de 1958 da United States Air Force (USAF) à escala 1:26000, que apresenta a albufeira do Alto Rabagão ainda a seco, e do voo da British Royal Airforce (RAF) de 1947 que inicialmente cobria todo o país à escala 1:30000 e que na zona de Venda Nova está livre de albufeira. No entanto, para além da escala não ser favorável ao tipo de pesquisa, confirmou-se o que já tinha resultado de estudos anteriores com estes voos, nomeadamente a fraca qualidade geométrica e radiométrica das imagens a dificultar a obtenção de informação cartográfica fidedigna. Tais fotos serviram antes como base de comparação temporal. Mais tarde, os autores localizaram nos arquivos do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) uma das primeiras coberturas aero-fotográficas realizadas em Portugal com o objectivo de produzir cartografia, nomeadamente para produzir a primeira carta militar do país à escala 1:25000, tarefa realizada pelo Serviço Cartográfico do Exército, antecessor do IGeoE. Nessa cobertura, toda a paisagem do vale das actuais duas barragens está visível.

A qualidade cartográfica destas fotografias já tinha sido comprovada em estudos com fotografias da zona de Lisboa (Redweik et al. 2010) obtidas com a mesma câmara, pelo que se optou pela utilização destas para a recuperação fotogramétrica da paisagem.

As regiões de interesse estão cobertas por várias faixas de orientação Norte-Sul com as sobreposições ideais para formarem um bloco regular cobrindo a área de cada albufeira. Como apurado em projectos anteriores, as fotografias foram obtidas com uma câmara alemã Carl Zeiss Jena RMK S1818, com uma objectiva Orthometar 1:4.5 e distância focal de 21cm, disponibilizada desde 1935 pela firma Zeiss-Aerotopograph em Jena, Alemanha (Redweik et al. 2010). Apresentam um formato de 18cm x 18cm e qualidade fotogramétrica com marcas fiduciais perfeitamente mensuráveis (pontos brancos em fundo preto). Infelizmente, como é típico para voos históricos, não existe certificado de calibração, o que leva inevitavelmente a uma deficiente recuperação da orientação interna das imagens.

O bloco de Venda Nova é composto por 34 fotografias em 4 faixas (figura 2), enquanto o bloco do Alto Rabagão inclui 7 faixas com um total de 60 fotos (figura 3). As fotos são a preto e branco e, segundo um cartograma antigo também encontrado nos mes-

mos arquivos, elas foram obtidas em 1949. A escala das fotos é aproximadamente 1:16000 o que se coaduna com os objectivos da pesquisa.

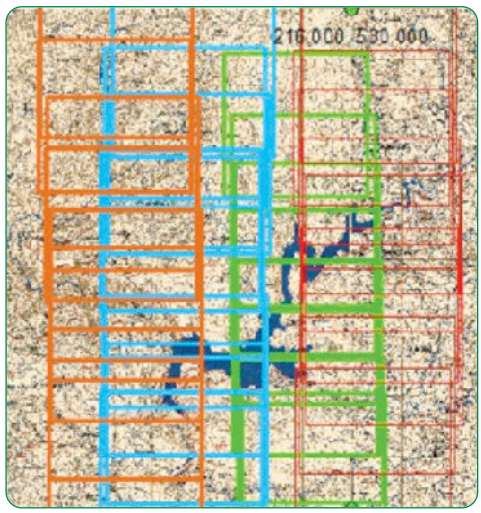

Figura 2- *Disposição do bloco em Venda Nova sobre cartografia de 1951 mostrando já cartografada a paisagem inundada.*

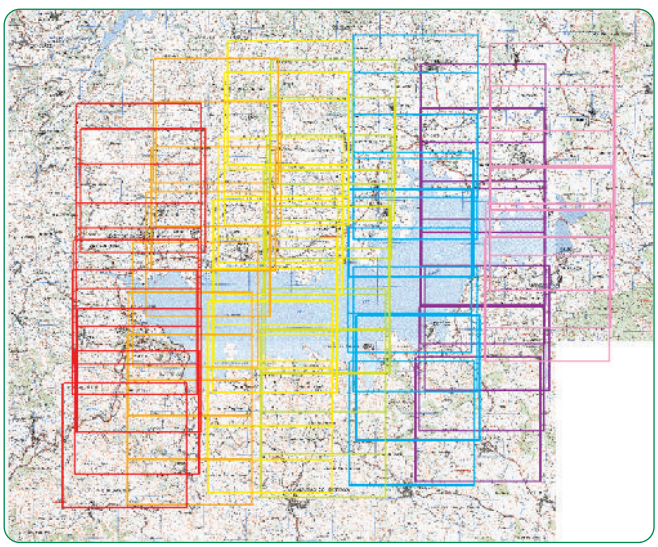

Figura 3- *Disposição do bloco em Alto Rabagão sobre cartografia 1:25000 recente*

A orientação espacial dos dois blocos foi conseguida através de aerotriangulação por feixes perspectivos baseada num conjunto de pontos fotogramétricos (PFs), os quais foram escolhidos atendendo a uma série de critérios. Para além de serem conspícuos tanto no terreno actual como nas fotos antigas deveriam ser acessíveis para acelerar a missão de coordenação no campo, ou seja, estarem perto de estradas actuais e evidentemente não estarem submersos. Devido às características rudes da paisagem em estudo, a qual sofreu um abandono parcial de estruturas rurais existentes devido à emigração dos anos sessenta, e devido ao intervalo de tempo de mais de seis décadas entre as fotos e a actualidade, a tarefa de encontrar pontos adequados não foi fácil. Um conjunto de 14 PFs em Venda Nova (figura 4) e 25 PFs no Alto Rabagão (figura 5) foram determinados no campo por meio de posicionamento com GPS em sessões de estacionamento de 10 minutos. O sinal de uma rede GPS permanente (SERVIR) não pôde ser utilizado para um posicionamento com RTK (Real Time Kinematic) porque a necessária cobertura pela rede de telemóvel era insuficiente na região. Os pontos coordenados apresentam uma precisão sub-decimétrica, mais do que suficiente para os objectivos do projecto.

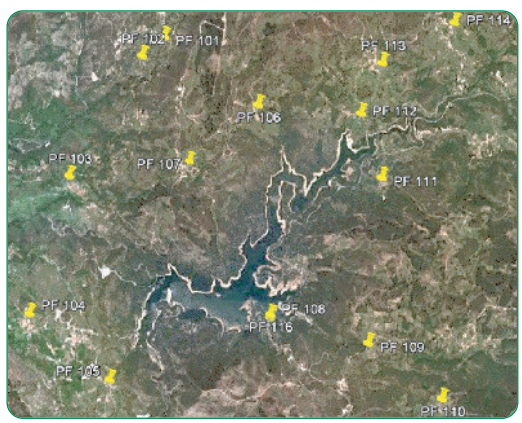

Figura 4- *Distribuição de PFs em Venda Nova*

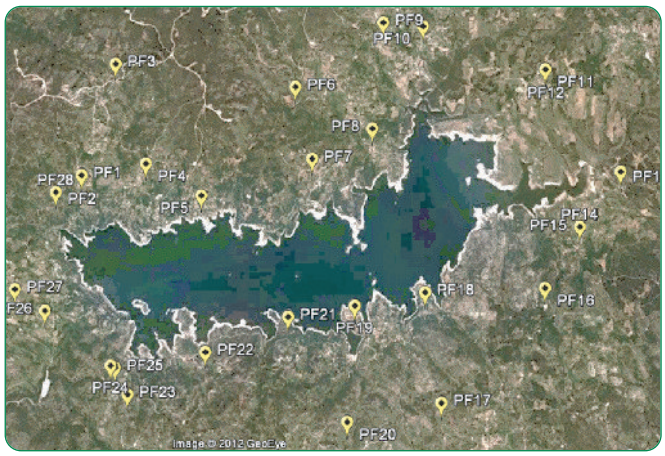

Figura 5- Distribuição de PFs no Alto Rabagão

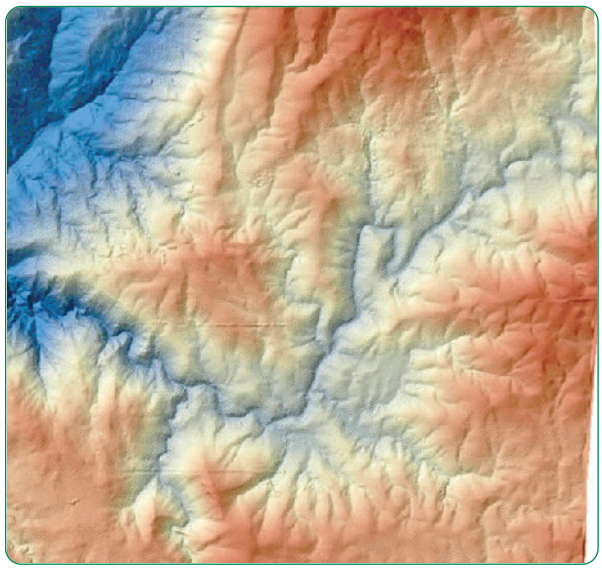

Figura 6- DSM de Venda Nova em 1949

Os parâmetros de orientação externa obtidos da aerotriangulação foram utilizados na geração de um modelo digital de superfície (DSM) por correlação automática de imagem com malha de 5m para cada uma das zonas de estudo. Deste modo recuperou-se a forma original dos vales antes da inundação (figuras 6 e 7). Uma análise da precisão dos DSMs gerados foi realizada comparando cotas estimadas por estes modelos com cotas num DTM gerado a partir de cartografia recente à escala 1: 10000.

Para amostras de 100 pontos arbitrariamente distribuídos (fora das áreas inundadas) em cada zona, obtiveram-se diferenças de cotas com um erro médio quadrático (RMSE) de 2.2m no caso do Alto Rabagão e de 2.7 m em Venda Nova. Esta análise confirma que, apesar das dificuldades no processamento de fotografias antigas, os resultados são comparáveis ao que se consegue actualmente em cartografia de média escala. De mencionar ainda que a comparação foi realizada entre um DSM proveniente da correlação das imagens e um DTM proveniente da cartografia, o que poderá enviesar os resultados, apesar de não existir vegetação muito abundante na zona, ou seja, as duas superfícies, DSM e DTM, não serem muito distintas.

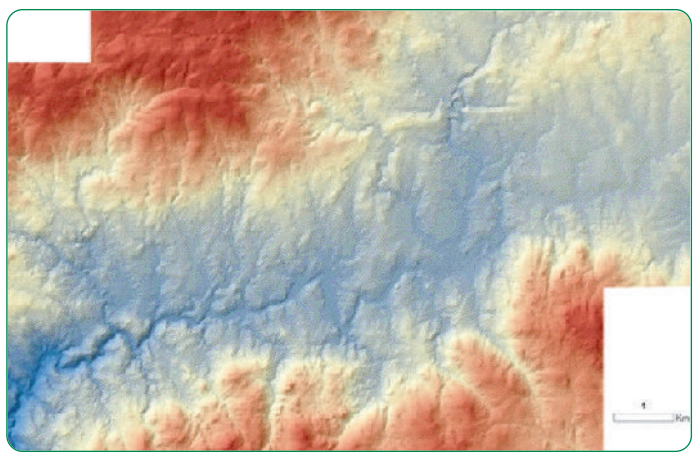

Figura 7- DSM do Alto Rabagão em 1949

Com base nos DSMs gerados produziram-se dois ortomosaicos com resolução de 0.5 m (figuras 8 e 9), após o que se criaram dois modelos 3D com textura realista (em tons de cinzento) permitindo a navegação e análise de paisagens que já não existem, por meio de uma representação virtual georreferenciada.

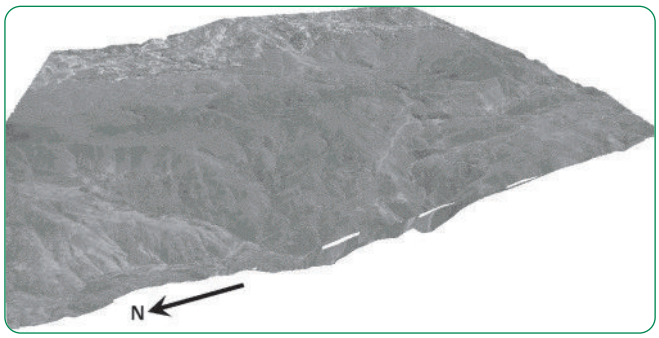

Figura 8- DSM de Venda Nova em 1949

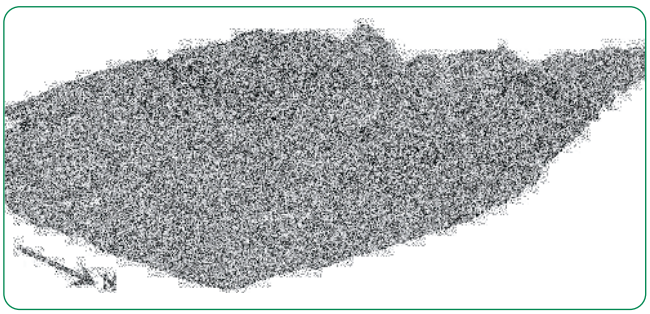

Figura 9- Reconstrução da paisagem do Alto Rabagão em 1949

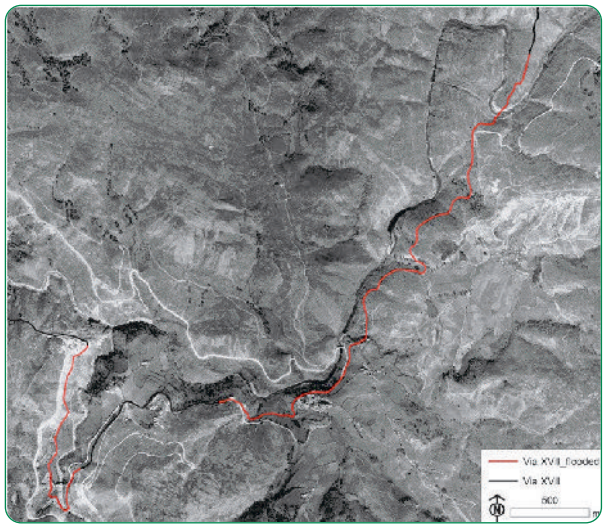

Figura 10- Reconstrução da Via Romana XVII em venda Nova 1949

Exploração dos resultados

Os modelos 3D das paisagens e os respectivos ortomosaicos foram analisados sob o ponto de vista arqueológico e os resultados que se apresentam são apenas preliminares e não esgotam a informação passível de ser retirada dos produtos gerados. Ilustra-se, a título exemplificativo, a recuperação digital do traçado da Via Romana XVII nas zonas inundadas pelas albufeiras (figuras 10 e 11) e outros casos particulares relacionados com duas povoações da Idade do Ferro, cuja estrutura foi especialmente afectada pela construção das barragens (figuras 12 e 13). A figura 14 mostra uma ponte romana associada à Via XVII, posta recentemente a descoberto por uma descida do nível das águas na barragem de Venda Nova.

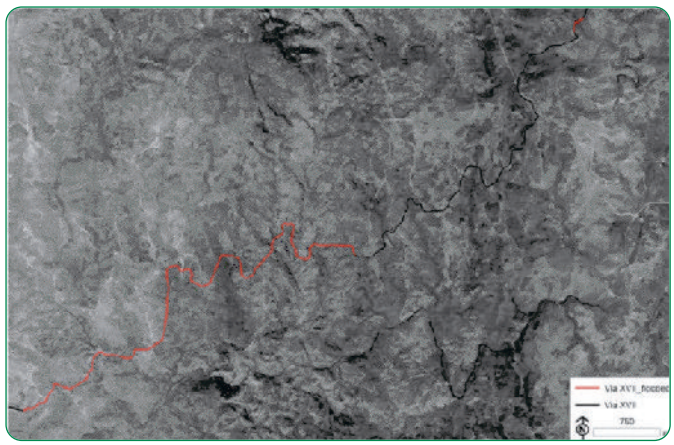

Figura 11- Reconstrução da Via Romana XVII no Alto Rabagão

Figura 12- *Forte de São Vicente da Chã no alto Rabagão (esq. atualmente, dir. 1949)*

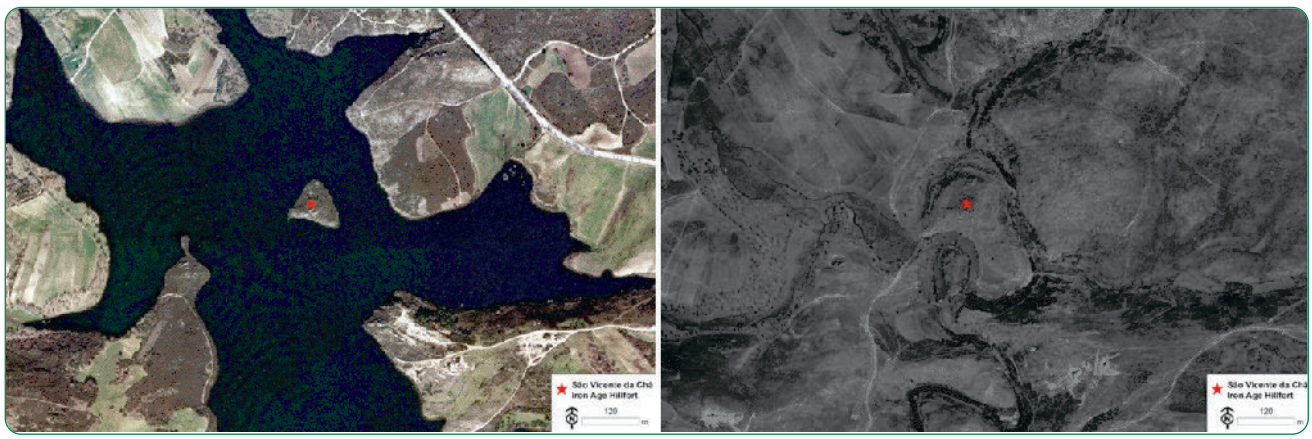

Figura 13- *Forte de Codeçoso em venda Nova. (esq. atualmente, dir. 1949)*

Figura 14- *A Ponte do Arco romana em Venda Nova*

Agradecimentos

São devidos agradecimentos ao Instituto Geográfico do Exército em Lisboa pela autorização de utilização das fotografias aéreas históricas e por todo o apoio prestado aos autores na execução deste projecto.

Referências Bibliográficas

Cowley D, & Stichelbaut, B, 2012. Historic Aerial Photographic Archives for European Archaeology. Journal of European Archaeology, 15-2: 217-236.

Redweik P, D Roque, A Marques, R Matildes & F Marques, 2010. Triangulating the Past: Recovering Portugal's Aerial Images Repository. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 76-9: 1007-1018.