



## ***Estudo geoarqueológico com recurso a georradar e magnetometria no povoado do Outeiro do Circo (Mombeja, Beja)***

*Geoarcheological study using ground penetration radar and magnetometry in hamlet of Outeiro do Circo (Mombeja, Beja)*

R. J. Oliveira<sup>1,2\*</sup>, S. Neves<sup>1,2</sup>, B. Caldeira<sup>1,3</sup>, J. F. Borges<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59 – 7000-671 Évora

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Laboratório HERCULES, Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva, 8 – 7000-809 Évora

<sup>3</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Rua Romão Ramalho, 59 – 7000-671 Évora

\* ruio@uevora.pt

**Resumo:** O presente trabalho pretende identificar estruturas arqueológicas enterradas no povoado de Outeiro do Circo (Mombeja, Beja), cruzando dois métodos de prospecção geofísica: georradar e magnetometria. Para concretizar o objectivo da missão realizaram-se ensaios dos dois métodos em áreas distintas. O processamento dos dados registados permitiu identificar estruturas enterradas, nomeadamente os vestígios da muralha que rodeava o povoado e edifícios que terão existido no seu interior. Os resultados de ambos os métodos permitem inferir a existência de estruturas arqueológicas no local, que em breve serão confirmadas pelas escavações arqueológicas em curso.

**Palavras-chave:** Georradar, magnetometria, geoarqueologia, processamento digital de dados.

**Abstract:** The present work intends to identify archaeological structures in the hamlet of Outeiro do Circo (Mombeja, Beja), crossing two geophysical methods, GPR and magnetometry. To realize the objective of the mission were performed surveys with both methods in distinct areas. The processing of the results obtained allowed the identification of buried structures, including traces of the wall that surrounded the town and buildings that existed there. The results of both methods allow inferring the existence of archaeological structures in place, which will soon be confirmed by archaeological excavations in progress.

**Keywords:** Ground Penetrating Radar, magnetometry, geoarchaeology, digital data processing.

### **INTRODUÇÃO**

O local de estudo, Outeiro do Circo, é um povoado do final da Idade do Bronze (séculos X a VII a.C.), localizado em Mombeja (Beja). Durante a década de 1970 foram realizadas prospecções arqueológicas envolvendo datações, que permitiram considerar o local como um grande povoado fortificado da Idade do Bronze Final (Parreira, 1977; Parreira & Soares, 1980). O elemento físico de maior destaque corresponde a uma linha de muralhas que delimita o povoado quase na totalidade da sua extensão, definindo uma área de cerca de 17 ha (Serra & Porfírio, 2012). No sector sudeste, a muralha é dupla, ao longo de cerca de 400 m (Parreira & Soares, 1980). Trabalhos mais recentes de fotografia aérea permitiram actualizar a extensão da muralha dupla, para cerca de 1 km (Serra & Porfírio, 2013). Neste sector é provável que exista uma entrada do povoado, ladeada por dois

bastiões junto ao muro exterior, havendo interrupção da muralha dupla (Serra et al., 2008; Serra & Porfírio, 2013).

A próxima etapa de trabalhos a realizar no Outeiro do Circo consiste em realizar escavações arqueológicas no sector central da área delimitada pela muralha, na zona de maior altitude, onde se pensa que terão existido os edifícios do povoado. Antes de se proceder à escavação foi realizado um estudo de prospecção geofísica em alguns locais sugeridos pelos arqueólogos. Os métodos usados foram georradar e magnetometria. Todas as áreas estudadas foram cartografadas com GPS diferencial.

## ENSAIOS GEOFÍSICOS

Os dois métodos geofísicos utilizados foram realizados nas três áreas sob estudo de forma a tornar possível o estabelecimento de comparação entre resultados. Para tal, as áreas foram marcadas com cordas. O levantamento de dados foi feito sobre perfis paralelos também marcados com cordas. As áreas 1 e 2 possuem forma quadrada, com 35 m e 30 m de aresta, respectivamente. A área 3 possui 50 m de comprimento por 10 de largura (Figura 1).

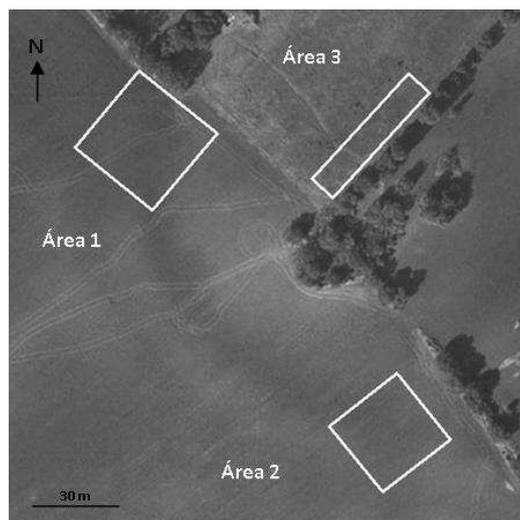


Figura 1 – Localização das três áreas de estudo.

Para o ensaio de georradar utilizou-se o equipamento GSSI SIR-3000, com uma antena de 400 MHz, configurado para um alcance de cerca de 1,5 m (alcance temporal de 50 ns), montada num “cart” equipado com um odómetro. O levantamento de dados foi feito no modo zig-zag, com distância entre perfis de 0,25 m nas áreas 1 e 2 e de 0,5 m na área 3. Na área 1 apenas se realizaram alguns perfis (4 x 35 m), de forma a inferir a existência da muralha no local. O tratamento dos dados obtidos nos ensaios foi realizado com o programa GPR-SLICE, tendo-se aplicado as seguintes operações: correcção da posição, remoção do ruído de fundo, desconvolução, filtro passa-banda, ganho e transformada de Hilbert (Goodman & Salvatore, 2013; Oliveira et al., 2014).

O ensaio de magnetometria foi realizado com o equipamento Gem Systems GSM-19. O modo de aquisição de dados aplicado visou a determinação do gradiente magnético vertical sobre perfis. Para



isso foram usados dois sensores em disposição vertical distanciados de 80 cm, medindo, cada um deles, o valor absoluto do campo magnético terrestre local, a partir do qual é posteriormente calculado o valor do gradiente vertical do campo magnético. Os sensores foram montados num “cart” e a distância entre o solo e o sensor inferior é de 20 cm. O ensaio é automaticamente georreferenciado com o GPS integrado no equipamento de aquisição. O tratamento dos dados obtidos foi realizado com o programa MAGY e as operações utilizadas consistiram em correcção de posição, filtragens (filtro IIR) e despiking, para eliminação de spikes (Ciminale & Loddo, 2001; Eder-Hinterleinter et al. 1996).

## RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO

Após o processamento dos dados, segundo as metodologias acima mencionadas, obtiveram-se imagens que permitem analisar as áreas de estudo em profundidade. No caso do georradar, obteve-se um mapa de reflectividades onde se observam anomalias devidas à presença de reflectores, isto é, estruturas com constante dieléctrica diferente do meio envolvente, ou descontinuidades do meio. No caso da magnetometria, obteve-se um mapa de anomalias magnéticas, positivas e negativas, em que os valores absolutos mais elevados poderão corresponder a estruturas enterradas.

Na área 1 é possível observar, em ambos os resultados para os diferentes métodos (Figura 2), estruturas que poderão corresponder a vestígios da muralha, que deverá ser dupla neste local. Existe coerência entre os resultados de georradar e de magnetometria dado que se identificam as mesmas estruturas lineares nos mesmos locais.

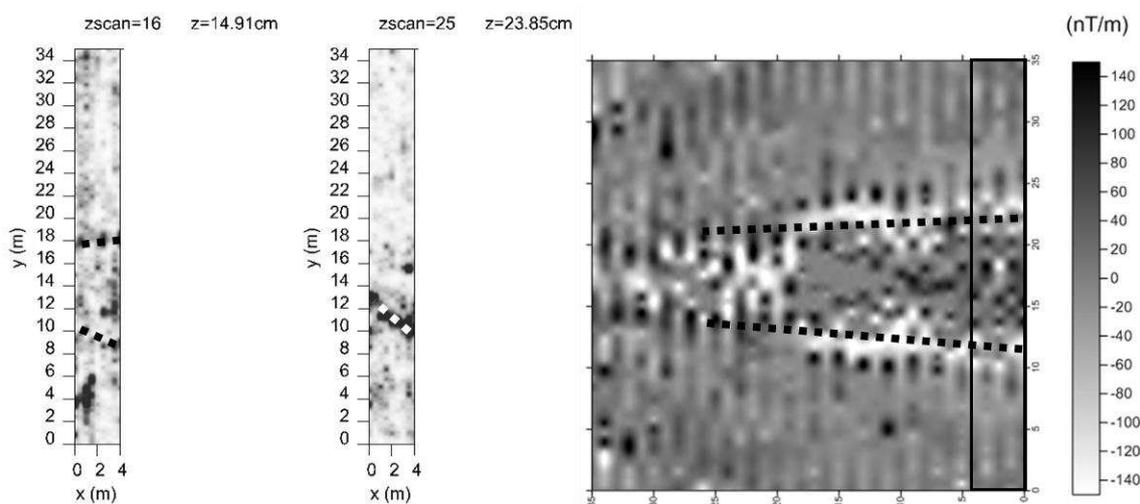


Figura 2 – Resultados para a área 1 (ver figura 1). Lado esquerdo: cortes horizontais extraídos do mapa tridimensional de reflectividades ( $z=14,91$  cm e  $z=23,85$  cm). Observam-se reflectores que definem uma forma linear, devendo corresponder aos vestígios da muralha que deverá ter existido neste local. Lado direito: distribuição horizontal das anomalias do gradiente magnético vertical. Está assinalada a área estudada pelo ensaio de georradar.

Na área 2, nos resultados dos dois métodos, observam-se reflectores e anomalias magnéticas que definem estruturas de forma circular, que poderão corresponder aos torreões que podem ter

existido neste local. A diferença de dimensão e forma que se observa nos dois métodos pode dever-se a derrubes dos vestígios das estruturas que provocam uma deformação espacial.

Na área 3, os resultados de georradar permitem inferir a existência de estruturas lineares e circulares, que poderão corresponder a vestígios de edifícios do povoado. Os resultados de magnetometria permitem concluir que, no local, existem anomalias magnéticas, fruto de estruturas enterradas, no entanto, há falta de contraste entre a anomalia e o meio adjacente, provavelmente devido à ocorrência em grande quantidade de fragmentos de argila cozida e de contaminantes no local de estudo (metais).

## CONCLUSÃO

Após a realização dos ensaios de georradar e magnetometria às mesmas áreas de estudo, com o objectivo de comparar os resultados dos dois métodos, é possível comprovar que os dois métodos permitem a identificação de estruturas enterradas. Nos dois métodos parece ser possível identificar as mesmas estruturas nos mesmos locais. Todavia, existem limitações que condicionam os resultados, nomeadamente as fracas condições da superfície (depressões, vegetação abundante e solo argiloso que dificulta a propagação de ondas electromagnéticas), no caso do georradar, e a contaminação por metais e por fragmentos de argila cozida, no caso da magnetometria. Com os presentes resultados comprova-se a existência de estruturas enterradas no Outeiro do Circo que poderão corresponder a vestígios arqueológicos do povoado.

### Agradecimentos

Este trabalho foi co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do programa INALENTEJO, no âmbito do projecto IMAGOS – Innovative Methodologies in Archaeology, Archaeometry and Geophysics – Optimizing Strategies X APOLLO – Archaeological and Physical On-site Laboratory – Lifting Outputs (ALENT-07-0224-FEDER-001760), do Laboratório HERCULES (UÉvora). Um agradecimento aos arqueólogos responsáveis pelos estudos actuais no Outeiro do Circo, Miguel Serra e Eduardo Porfírio (Palimpsesto, Lda.).

### Bibliografia

- CIMINALE, M., & LODDO, M. (2001). Aspects of Magnetic Data Processing, *Archaeol. Prospect.*, 8, pp. 239–246.
- EDER-HINTERLEINTER, A., NEUBAUER, W., MELICHAR, P. (1996). Restoring magnetic anomalies. *Archaeol. Prospect.*, 3, pp. 185–197.
- GOODMAN, D. & Salvatore, P. (2013). GPR Remote Sensing in Archaeology. *Geotechnologies and the Environment*, 9, Springer, 244 pp.
- OLIVEIRA, R. J., CALDEIRA, B., BORGES, J. F., PÉREZ, J., GÓMEZ, F., FIGUERIA, J., PRO, C. & BLASCO, F. (2014). Prospecção geoarqueológica de estruturas megalíticas com recurso a georadar (Almendralejo, Espanha). 8ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica, Universidade de Évora, Évora, pp. 253-256
- PARREIRA, R. (1977). O povoado da Idade do Bronze do Outeiro do Circo. *Arquivo de Beja*, Beja, 28-32, pp. 31-45.
- PARREIRA, R. & SOARES, A. (1980). Zu einigen bronzezeitlichen Hohensiedlungen in Sudportugal. *Madridrer Mitteilungen*, 21, Madrid, pp. 109-130.
- SERRA, M. & PORFÍRIO, E. (2013). O povoado do Bronze Final do Outeiro do Circo (Mombeja/Beringel, Beja): resultados das campanhas de 2008 e 2009. *VIPASCA – Arqueologia e História*, 4, Câmara Municipal de Aljustrel, pp. 15-28.
- SERRA, M., PORFÍRIO, E. & ORTIZ, R. (2008). O Bronze Final no Sul de Portugal – Um ponto de partida para o estudo do povoado do Outeiro do Circo. *Actas do III Encontro de Arqueologia do Sudoeste Peninsular (2006)*, *VIPASCA – Arqueologia e História*, 2, Câmara Municipal de Aljustrel, pp. 163-170.