



Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Arqueologia e Ambiente

Área de especialização | Avaliação de Impacte Ambiental

Dissertação

**Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de
sítios pré-históricos do Alentejo: 3 casos de estudo**

Maissa Bezzeghoud

Orientador(es) | Leonor Maria Pereira Rocha
Bento António Fialho Caeiro Caldeira

Évora 2020



Universidade de Évora - Escola de Ciências Sociais

Mestrado em Arqueologia e Ambiente

Área de especialização | Avaliação de Impacte Ambiental

Dissertação

Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo: 3 casos de estudo

Maissa Bezzeghoud

Orientador(es) | Leonor Maria Pereira Rocha
Bento António Fialho Caeiro Caldeira

Évora 2020



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências Sociais:

Presidente | André Miguel Serra Pedreira Carneiro (Universidade de Évora)

Vogais | Jorge Manuel Pestana Forte de Oliveira (Universidade de Évora) (Arguente)
Leonor Maria Pereira Rocha (Universidade de Évora) (Orientador)

“Quanto mais aprendemos de forma interdisciplinar, melhor compreendemos as coisas. Einstein lia muita filosofia; Kant, Milton e Borges foram muito influenciados pela física.... Manter a educação separada nos faz mais ignorantes.”

(Carlo Rovelli)

Resumo

Cada vez mais os arqueólogos se apercebem que existe uma necessidade de estudar os sítios arqueológicos recorrendo a métodos não destrutivos e não intrusivos, dando importância às técnicas de prospeção geofísicas, em particular ao Georradar. Este é, na atualidade, uma das metodologias geofísicas mais utilizadas a nível mundial para o estudo arqueológico. Em Portugal a utilização destas metodologias para fins arqueológicos (e por arqueólogos) está ainda a dar os primeiros passos.

Este trabalho pretende mostrar as potencialidades destas técnicas e incentivar os arqueólogos nacionais a abrirem as suas portas a este tipo de recursos, não apenas na qualidade de clientes, mas sobretudo como autores.

O presente trabalho descreve a aplicação do Georradar em três estações arqueológicas neolíticas e calcolíticas do Alentejo Central: Menir do Patalou (Nisa); Menir do Monte da Caeira (Vimieiro); Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas).

Mais especificamente este estudo tem como objetivos: a descoberta da localização dos alvéolos de encaixe de dois menires; a descoberta das áreas de maior abundância de estruturas pertencentes a um povoado calcolítico, com o propósito de planificar futuras escavações; a definição de uma metodologia de aquisição de dados geofísicos mais adequados a sítios arqueológicos neolíticos e calcolíticos; e a definição de uma metodologia de interpretação dos dados adquiridos em campo.

Palavras-chave: Prospeção arqueológica; Métodos Geofísicos; Georradar; Neolítico; Calcolítico; Alentejo Central e Norte

Abstract

Application of non-invasive geophysical techniques to the exploration of prehistoric sites in Alentejo: 3 cases studies

More and more archaeologists are realizing that there is a need to study archaeological sites using non-destructive and non-intrusive methods, giving importance to geophysical prospecting techniques, in particular GPR. This is currently one of the most widely used geophysical methodologies in the world for archaeological studies. In Portugal the use of these methodologies for archaeological purposes and by archaeologists is still taking its first steps.

This thesis intends to show the potential of these techniques and to encourage national archaeologists to open their doors to this type of resources, not only as clients but mainly as authors.

This paper describes the application of Georadar in the following three Neolithic and Chalcolithic archaeological stations in Central Alentejo: Menir do Patalou (Nisa); Menir do Monte da Caeira (Vimieiro); Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas).

More specifically this study has as the following objectives: the discovery of the location of the two menhirs alveoli; the discovery of the most abundant areas of structures belonging to a chalcolithic settlement, with the purpose of planning future excavations; the definition of a methodology of geophysical data acquisition more adequate to Neolithic and Chalcolithic archaeological sites; and the definition of a methodology for the interpretation of the data acquired in the field.

Keywords: Archaeological prospecting; Geophysical Methods; Georadar; Neolithic; Chalcolithic; Northern and Central Alentejo.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço aos dois orientadores desta dissertação, a qual não teria sido possível concretizar. À Professora Leonor Rocha que me acompanhou desde o início da licenciatura, partilhado a sua sabedoria, tanto em aulas como em campo, e me incentivou a desbravar este caminho da arqueologia. Também agradeço por disponibilizar o Menir da Caeira e o Povoado de Santa Cruz 13 como casos de estudo.

Ao Professor Bento Caldeira que aceitou ser o coorientador e que partilhou o seu conhecimento comigo tornando este desafio mais fácil, disponibilizando tantas horas em campo e em escritório. Aos dois um grande obrigado por não terem desistido de me incentivar para que continuasse a desenvolver este trabalho. Agradeço ao Professor Jorge de Oliveira a cedência dos dados arqueológicos e geofísicos realizados no Menir do Patalou.

Não posso deixar de agradecer ao Professor André Carneiro que no segundo ano de licenciatura me deu a oportunidade e me incentivou a fazer um trabalho de investigação sobre a geofísica na arqueologia para uma das suas aulas. Um pequeno trabalho que passado anos se tornou na minha dissertação de mestrado. Também agradeço ao Rui Oliveira, aluno de doutoramento de geofísica, que nos acompanhou nas prospeções de campo.

Um grande obrigado a todos os meus colegas e amigos de curso (licenciatura e mestrado) que me acompanharam durante as prospeções e as escavações. Às minhas colegas de licenciatura e mestrado, Andreia Alves e Rita Abelho que ouviram e partilharam as mesmas preocupações, obrigada por terem percorrido este caminho comigo.

Às minhas amigas Rita, Liana, Raquel e à minha irmã acadêmica Ana. Agradeço terem ouvido os meus desabafos e continuarem a me aturar ao longo destes anos. Obrigada por estarem sempre lá e pela vossa amizade.

Às minhas “Baleanas” agradeço do fundo coração por me terem proporcionado imensos momentos de felicidade, distração, amizade e dança, aliviando os momentos mais stressantes desta jornada.

Por fim um “merci” do tamanho do mundo aos meus pais. À minha mãe que me passou a paixão pela história e que me ouviu durante todos os meus desesperos e desvaneios, sempre me apoiando com a maior paciência possível. Ao meu pai que me passou a paixão pela ciência e pela música, ambos essenciais para a realização desta dissertação. Foi graças a tua orientação e experiência no mundo académico que o meu percurso académico foi concretizado. Sem vocês os dois nada disto teria sido possível. Merci Maman et Papa de toujours avoir cru en moi.

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Agradecimentos	III
Capítulo I - Introdução	1
1.1. Apresentação do tema e dos objetivos	1
1.2. Estrutura da Tese	2
Capítulo II - Estado da Arte	5
2.1. Introdução	5
2.2. A geofísica e a arqueologia	7
Capítulo III – A Prospeção Geofísica	9
3.1. Métodos e instrumentos usados	10
3.1.1. Ground Penetrating Radar	10
3.1.2. Prospeção Elétrica	15
3.1.3. Magnetometria	18
3.1.4. Medidas de Radiação Gama	22
3.1.5. Método Eletromagnético	24
Capítulo IV – Prospeção Geofísica versus Prospeção Arqueológica	27
4.1. O Georradar	28
Capítulo V - Alguns Sítios Arqueológicos Portugueses “Visitados” Pela Geofísica	33
5.1. Menir do Patalou (Nisa) – CNS 24638	33
5.2. Depósito Votivo de Garvão (Ourique) – CNS 2954	33
5.3. Outeiro do Circo (Mombeja, Beja) – CNS 4672	34
5.4. Grutas artificiais de Casal do Pardo (Quinta do Anjo, Palmela) – CNS 86034	
5.5. Cabeço do Pé da Erra (Coruche) – CNS 37	35
5.6. Anta do Belo (Monforte) – CNS 10900	35
5.7. Anta da Serrinha (Monforte) – CNS 11881	36
5.8. Lapa do Sono (Serra da Arrábida) – CNS 32045	36
Capítulo VI – Aplicação de Georradar: Estudos de Caso	37

6.1. Síntese tectonoestratográfica do Norte Alentejano	38
6.1.1. Menir do Patalou	39
6.1.2. Aquisição de dados.....	42
6.1.3. Resultados e Interpretação	44
6.2. Síntese tectonoestratográfica do Alentejo Central	51
6.2.1. Menir da Caeira.....	53
6.2.1.1. Aquisição de dados	57
6.2.1.2. Resultados e interpretação.....	61
6.2.2. Santa Cruz 13	78
6.2.2.1. Aquisição de dados	79
6.2.2.2. Resultados e Interpretação	81
Capítulo VII - Discussão dos Resultados	87
Capítulo VIII - Considerações Finais.....	95
8.1. Conclusões	95
8.2. Perspetivas Futuras.....	97
Bibliografia.....	99
Webgrafia	105
Anexos	107

Índice de Figuras

Figura 3.1. - Recolha de dados em campo com GPR montado em kart. As antenas do dispositivo representado na figura encontram-se no interior da caixa cor de laranja colocada entre as rodas traseiras do kart	11
Figura 3.2. - Esquema de funcionamento da aquisição de dados GPR (imagem retirada de Lourenço, 2006)	12
Figura 3.3. - Fotografias do sistema de GPR utilizado neste trabalho	13
Figura 3.4. - Exemplo de radargrama. Nesta imagem pode-se identificar três anomalias (GPR1, GPR2 e GPR3) que se encontram profundamente enterradas	14
Figura 3.5. - Equipamento de perfilamento multieléctrodo em funcionamento na Cidade romana da Ammaia (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	16
Figura 3.6. - O painel superior representa a distribuição das resistividades aparentes registadas (dados); o painel do meio representa as correspondentes resistividades aparentes sintéticas explicadas pelo modelo de resistividades mostrado no painel inferior. O painel inferior representa o modelo de resistividades real, onde se vê a descontinuidade vertical de resistividade produzida pelos materiais de um muro enterrado no solo (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	17
Figura 3.7. - Magnetómetro de alta precisão de protões, tipo overhouser do ICT (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	19
Figura 3.8. - Mapa de anomalias magnéticas captadas no campo arqueológico de Mascarro, Castelo de Vide (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	20
Figura 3.9. - Detetor Geiner	21
Figura 3.10. - Perfil de radiação gama retiradas do Sítio Bittencourt, Brasil	21
Figura 3.11. - Equipamento de prospeção eletromagnética de baixa frequência EM38-MK2 (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	23

Figura 3.12. - Mapa de condutividade elétrica do solo da Anta do Belo, Monforte (retirado de Caldeira e Borges, 2015)	23
Figura 6.1. - Localização do Menir do Patalou sobre CMP n.º 324 /334. (imagem retirada de Oliveira, 2016)	37
Figura 6.2. - Menir do Patalou antes de escavação (imagem retirada de Oliveira, 2016)	38
Figura 6.3. - Área escavada do Menir do Patalou (imagem retirada de Oliveira, 2016)	39
Figura 6.4. - Menir do Patalou erguido (com marcação da localização do alvéolo) (imagem retirada de Oliveira, 2016)	39
Figura 6.5. - Esquema das grelhas de prospeção geofísica delimitas em campo (retirada de Caldeira, Borges e Oliveira, 2015)	41
Figura 6.6. - Planta da área escavada do Menir do Patalou	42
Figura 6.7. - Localização dos perfis correspondentes aos radargramas das figuras 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13. Explicação desta imagem na figura 6.5	43
Figura 6.8. - Radargrama 2.5m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	44
Figura 6.9. - Radargrama 2.75m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	45
Figura 6.10. - Radargrama 4.25m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	45
Figura 6.11. - Radargrama 4.5m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	46
Figura 6.12. - Radargrama 5.0m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	46
Figura 6.13. - Radargrama 5.25m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia	47

Figura 6.14. - Mapas de amplitude de reflexão do GPR. Esquerda: planta de profundidade ~25cm. Direita: Imagem em 3D dos maiores refletores	47
Figura 6.15. - Corte E-O. Localização do alvéolo	48
Figura 6.16. - Localização do Menir da Caeira sobre CMP nº 409	51
Figura 6.17. - Menir da Caeira antes de ser escavado	52
Figura 6.18. - Menir da Caeira durante escavação	52
Figura 6.19. - Menir da Caeira durante escavação	53
Figura 6.20. - Decoração do Menir da Caeira (de percepção difícil devido a luz solar)	53
Figura 6.21. - Decoração do Menir da Caeira (de percepção difícil devido a luz solar)	54
Figura 6.22.- Localização da área que não foi escavada nem prospectada pela geofísica	56
Figura 6.23. – Esquema com indicação dos perfis prospectados junto ao Menir da Caeira (2017)	57
Figura 6.24. - Mapa da prospeção geofísica feita em 2019. Zona cinzenta corresponde a área de escavação onde se encontra o menir. Zona verde corresponde a área prospectada pela geofísica de forma horizontal e vertical. Zonas azuis correspondem as áreas prospectada	58
Figura 6.25. - Mapa da área prospectada em 2017 com a antena de GPR de 400MHz, para cálculo do modelo 3D do subsolo. A área já escavada no dia da prospeção está representada pelo polígono cinzento. Sobre essa área não foram efetuadas leituras com a antena 400 MHz	60
Figura 6.26. - Radargrama do perfil x=8.5m da grelha 1, identificado na Fig. 6.24, onde estão assinaladas algumas anomalias descritas no texto com mais pormenor	60
Figura 6.27. - Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado a com os dados dos perfis representados na figura 6.24	62

Figura 6.28. - Figura que representa a posição do menir da Caeira com a localização da área ocupada pela Grelha 2, com representação da direção dos perfis	63
Figura 6.29. - Cortes do modelo 3D entre 5cm e 40cm de profundidade	64
Figura 6.30. - Representação do modelo 3D onde são visíveis as zonas de maiores amplitudes de reflexão e tornadas transparentes as zonas de menores amplitudes. Mostra a distribuição espacial dos maiores refletos. Aqui pode-se observar a disposição circular com o espaço circular no meio	65
Figura 6.31. - Fotografia da escavação feita na zona da área B, onde se podem observar o alinhamento de raízes e as pedras que podem ter servido de suporte à sustentação do menir no alvéolo	66
Figura 6.32. - Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado a com os dados da prospeção de 2019	67
Figura 6.33.- Mapa de Sondagens escavadas durante dos trabalhos arqueológicos de 2019	69
Figura 6.34. - Sondagem 1 antes da escavação (UE0)	70
Figura 6.35. - Sondagem 1 durante escavação (UE0)	71
Figura 6.36. - Sondagem 1 depois de escavação (UE1)	71
Figura 6.37. – Pormenor das pedras encontradas junto a azinheira	72
Figura 6.38. - Sondagem 2 antes da escavação (UE0)	73
Figura 6.39.- Sondagem 2 durante escavação (UE0)	73
Figura 6.40. - Sondagem 2 final da escavação (UE1)	74
Figura 6.41. - Sondagem 2 final da escavação (UE1)	74
Figura 6.42. - Sondagem 3 antes da escavação (UE0)	75
Figura 6.43. - Sondagem 3 final da escavação (UE1)	75
Figura 6.44. - Localização do Povoado de Santa Cruz 13 sobre CMP nº 424	76

Figura 6.45. - Santa Cruz durante escavações	77
Figura 6.46. - Esquema de distribuição dos perfis de GPR na área prospectada	78
Figura 6.47. - Exemplo dos obstáculos encontrados durante a prospeção geofísica.	78
Figura 6.48. - Radargrama do perfil 84 onde se encontram vários refletores dispersos (assinalados com o tracejado branco). A mancha amarela representa a zona afetada por altas amplitudes	80
Figura 6.49. - Radargrama do perfil 76. Circunscrito a branco encontram-se destacados os refletores a serem analisados	81
Figura 6.50. - Radargrama do perfil 78. O tracejado e as setas brancas destacam os refletores a serem analisados	81
Figura 6.51 - Radargramas relativos aos 14 perfis, incluindo os perfis 76 e 78 representados nas duas figuras anteriores	82
Figura 6.52. - Cortes horizontais retirados do modelo 3D. Representadas as profundidades entre 0m e 0,8m	83

Índice de Anexos

- Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico do Menir do Patalou
- Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico do Menir da Caeira
- Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico do Povoado de Santa Cruz 13

Capítulo I - Introdução

1.1. Apresentação do tema e dos objetivos

A inter-relação da arqueologia com as Ciências da Terra não é uma novidade nesta área das Ciências Sociais. Ao longo das últimas décadas a geologia tem vindo lentamente a aproximar-se da arqueologia. Pouco e pouco os arqueólogos perceberam que entender a estratigrafia que envolve as estruturas e os materiais arqueológicos, lhes indicava ou confirmava a cronologia desses mesmos. A geologia também trouxe outro tipo de informação aos estudiosos de arqueologia, o estudo da área envolvente. Hoje em dia conhecer o espaço que envolve o sítio arqueológico é entender melhor o modo de vida das antigas sociedades. Mas foi no século XX que esse vínculo foi consolidado (Gonçalves, 2013) criando, no mundo da arqueologia, uma nova área de investigação, a geoarqueologia. Hoje em dia a geologia é algo que a arqueologia não pode dispensar nos seus estudos. A geoarqueologia é a prova que a inter e multidisciplinaridade são algo de extremamente importante e vantajoso, não só para a arqueologia mas para qualquer área científica.

Dentro dessa linha de interação multidisciplinar, nos dias de hoje temos a geofísica. Uma área que se encontra paulatinamente a entrar no mundo da arqueologia. Os métodos geofísicos trazem novos métodos de estudo para a investigação arqueológica. Esta área das Ciências Exatas, a geofísica, tem por base o estudo das propriedades físicas dos componentes e das irregularidades do interior da Terra em toda a sua extensão, desde o centro do planeta até aos níveis superficiais do solo (subsuperfície), camada com interesse particular para a arqueologia. Este estudo é feito através de medidas feitas perto da superfície, influenciadas por certos fenómenos físicos como o geomagnetismo ou a propagação de ondas sísmicas. Assim, a geofísica, nomeadamente a prospeção geofísica, consegue detetar anomalias do subsolo, quer sejam de origem natural quer sejam de origem antropogénica.

As capacidades de prospeção geofísica são de grande proveito para a arqueologia, uma vez que permite detetar estruturas arqueológicas que se encontrem enterradas podendo facilitar certos trabalhos arqueológicos, nomeadamente as escavações.

Torna-se então necessário a implementação sistemática do uso de métodos geofísicos como uma ferramenta de prospeção e adaptar as metodologias arqueológicas ao seu uso. Esta é a razão geral e principal do desenvolvimento desta tese, existindo outros objetivos de importância a apontar:

- descoberta da localização dos alvéolos pertencentes a dois menires, em áreas distintas, com o objetivo final de levantar esses menires e retorná-los aos seus locais de origem;
- descoberta de estruturas pertencentes a um povoado calcolítico, com o propósito de facilitar futuras escavações;
- definição de uma metodologia de aquisição de dados geofísicos mais adequados a sítios arqueológicos neolíticos e calcolíticos;
- definição de uma metodologia de interpretação dos dados adquiridos em campo.

Para a concretização destes objetivos escolheram-se três casos de estudo dos períodos Neolítico e Calcolítico a saber: Menir do Patalou (Nisa); Menir do Monte da Caeira (Vimieiro); Povoado de Santa Cruz 13 (Brotas).

1.2. Estrutura da Tese

Esta dissertação estrutura-se em oito capítulos, sendo que o primeiro, a “Introdução”, procura enquadrar a tese no contexto arqueológico e definir os seus objetivos.

O capítulo II apresenta o "Estado da Arte", tomando esse mesmo título, onde será apresentado um breve historial dos métodos geofísicos no âmbito das Ciências da Terra e da arqueologia.

O capítulo III, denominado “A Prospeção Geofísica”, apresenta os vários métodos utilizados através da geofísica, descrevendo as técnicas e os equipamentos utilizados em cada um.

No capítulo IV, titulado de “Prospeção Geofísica versus Prospeção Arqueológica” é apresentada em maior detalhe a técnica mais utilizada nesta tese - o georradar. O seu historial, incluindo a introdução em Portugal. Aqui também se pode encontrar uma breve lista de locais onde este foi aplicado, em Portugal.

No capítulo V, designado de “Alguns Sítios Arqueológicos Portugueses “Visitados” Pela Geofísica”, introduz-se alguns sítios pré e proto-históricos que tiveram prospeções geofísicas, descrevendo brevemente esses mesmos trabalhos.

No capítulo VI, nomeado de “Aplicação de Georradar: Estudos de Caso”, expõe os métodos de aquisição e processamento dos dados prospectados nas três estações arqueológicas do Alentejo, pertencentes a cronologia Neolíticos/Calcolíticos, que serviram de casos de estudo, assim como a interpretação dos seus resultados.

No capítulo VII apresento a “Discussão dos Resultados”. Aqui sintetizo as metodologias prospetivas, a visualização e interpretação dos dados apresentados no capítulo VI, debatendo e comparando estes mesmos.

O capítulo VIII, “Considerações Finais”, apresenta uma conclusão geral desta tese, incluindo as perspetivas futuras de investigação.

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”

Capítulo II - Estado da Arte

2.1. Introdução

A geofísica utiliza vários métodos para estudar o interior da Terra. Uns baseados no registo e interpretação de ondas, como por exemplo, os sísmicos e o georradar, outros baseados no registo de potenciais, como os magnéticos, indução eletromagnética, resistividade elétrica ou gravimétricos. Cada método é diferente e desenvolvido para obter informações de diferentes propriedades. Em todos eles, os dados registados por distintos instrumentos, são interpretados utilizando as leis e princípios da Física. Ou seja, cada técnica tem o seu próprio método, tanto ao nível da sua prática como ao nível da obtenção dos resultados, o que origina interpretações diferentes. (Gonçalves, 2013)

Para todos os métodos existentes há condições experimentais que podem prejudicar a sua aplicação. Por exemplo, a vegetação ou outros obstáculos na superfície podem impossibilitar a aplicação de técnicas que exijam a deslocação de instrumentos grandes e pesados sobre a superfície. Logo, nalgumas circunstâncias só alguns métodos geofísicos podem ser utilizados neste tipo de prospeção.

A utilização de métodos geofísicos surge no início do século XX no decurso de investigações associadas a necessidades dentro das Ciências Exatas.

Em 1904, Hulsmeye propôs a utilização de radiação eletromagnética para análise de materiais metálicos. Alguns anos mais tarde, em 1910, Leimback e Lowy conseguiram pôr em prática as ideias de Hulsmeye, utilizando um dispositivo que transmitia e detetava ondas eletromagnéticas contínuas, com que conseguiram detetar materiais metálicos soterrados. (Gonçalves, 2013, pág. 11).

Em 1929, na Áustria, foram realizadas as primeiras experiências com o que se pode considerar de Georradar, com o objetivo de determinar a espessura de um glaciar (Gonçalves, 2013). A partir deste ano a utilização do georradar passou a fazer parte das metodologias geofísicas, principalmente no âmbito da exploração mineira (na

Suécia) e na exploração de hidrocarbonetos¹. Na década de 1930 é introduzido o termo RADAR (Radio Detection And Ranging)(Gonçalves, 2013).

Tal como muitas outras tecnologias, durante a Segunda Guerra Mundial a técnica RADAR sofreu um desenvolvimento importante, tornando-se num detetor de submarinos e aviões². Mas, foi só nos anos 50 que se descobriu que as suas ondas podiam ser utilizadas para a deteção de objetos subterrados. Isto deve-se aos radares da força aérea dos Estados Unidos da América terem observado que as ondas dos radares estavam a captar “(...) socos rochosos sob as calotes de gelo (...)” (Gonçalves, 2013, pág. 12) não se apercebendo que se encontravam a uma grande profundidade, fazendo com que os aviões se despenhassem nos glaciares. Esta tragédia fez com que cientistas voltassem a estudar as aplicações do RADAR. (Gonçalves, 2013).

Os sistemas de RADAR sofrem mais desenvolvimentos nos anos 60, passando a haver diferentes tipos de radar sendo o utilizado para pesquisar o subsolo designado por “Ground Penetrating Radar” (GPR). Em 1967 um protótipo de georradar foi enviado numa missão à lua, pela NASA, com o objetivo de analisar o subsolo deste satélite natural. Com este novo protótipo, os trabalhos focaram-se nos estudos geológicos de solos profundos, como aquíferos, dunas e depósitos sedimentares.

A partir de 1970 a utilização do georradar, no âmbito de prospeção geotécnica, abrangeu várias áreas como a ciência forense, a engenharia civil³, a sismologia, deteção de minerais e outros componentes existentes no solo e finalmente, a arqueologia (Gonçalves, 2013).

¹ Exploração descrita por Sundberg & Hedström (1934)

² A deteção de objetos metálicos de grande porte (como barcos e aviões) passou a ser possível devido ao desenvolvimento que as ondas eletromagnéticas sofreram a nível de emissão e receção destas.

³ Nomeadamente na deteção de canalizações, galerias subterrâneas e túneis.

Nos anos 90 o georradar alargou ainda mais o seu campo de atuação “(...) nomeadamente: na localização e monitorização de infiltrações de contaminantes e de plumas tóxicas no solo (Daniels, 1995; Castro, 2003; Redman, 2009); na identificação de áreas afetadas por derrames petrolíferos em áreas costeiras (Lorenzo *et al.*, 2004, 2004a, 2009); na determinação da humidade dos solos para melhoramento da capacidade produtiva de vinhas e de pomares (Lunt *et al.*, 2005; Jackson, 2008; White, 2009) e na otimização de explorações florestais e determinação da idade e estado de saúde de árvores (Álvarez *et al.*, 2005; Lorenzo *et al.*, 2010). “(Gonçalves, 2013)

2.2. A geofísica e a arqueologia

Como se referiu anteriormente, a geofísica percorreu o seu próprio caminho antes da comunidade arqueológica tomar consciência do potencial desta área do conhecimento. A deteção de estruturas arqueológicas soterradas inicia-se no século XX, durante a Primeira Guerra Mundial, com o aparecimento da fotografia aérea através da utilização de balões e aviões. Esta interação da arqueologia com outras áreas científicas proporciona o aparecimento de novos métodos e técnicas de prospeção arqueológica.

De acordo com Bevan e Hesse (Bevan e Hesse, 2000), o método elétrico usado para medir a resistividade elétrica foi introduzida na arqueologia no início dos anos 30 do século XX. Nos anos 70 do mesmo século os arqueólogos começaram a desenvolver metodologias adaptas à aplicação de métodos geofísicos na prospeção arqueológica (Conyers, 2004; Gaffney, 2008; Gonçalves, 2013).

Na realidade, esta área de investigação, das Ciências Exatas, pretende compreender a estrutura e a dinâmica da Terra, de uma forma geral. As metodologias desenvolvidas e aplicadas permitem estudar o subsolo, as suas propriedades, os seus componentes e detetar irregularidades, a que chamam anomalias. Uma análise interpretativa e minuciosa dessas anomalias permite

caracterizá-las e distinguir as de origem natural, das de origem humana, (Gonçalves, 2013), que são as que mais interessam à arqueologia.

Os métodos geofísicos, com utilização em Arqueologia, são aqueles que permitem detetar anomalias na parte do subsolo próxima as superfície, chamada “subsuperfície”, que se situa mais ou menos até 2 metros de profundidade. É nessas zonas onde se encontra a maioria dos materiais arqueológicos na generalidade dos sítios arqueológicos. Quando as medições se destinam a cobrir integralmente uma determinada superfície, os geofísicos subdividem a área de prospeção através de uma quadrícula que pode ir de 10x10m a 50x50m, ou mais. A marcação das quadrículas e dos percursos de prospeção sobre essas quadrículas geralmente é feita com cordas, que servem de guia e que têm como função a orientação e deslocação dos aparelhos aplicados à prospeção por forma a cobrirem uniformemente toda a área.

Os cinco métodos geofísicos mais usados em arqueologia são: o magnético ou magnetometria (MAG), o georradar ou Ground Penetrating Radar (GPR), a resistividade elétrica (ER) e, mais recentemente a tomografia de resistividade elétrica (ETR) e a indução eletromagnética (EM). Atualmente o GPR é um dos métodos mais eficazes em utilizações na arqueologia por ser rápido de aplicar e proporcionar informação muito detalhada da subsuperfície, permitindo inclusivamente produzir modelos 3D (Dubois, 1997).

Capítulo III – A Prospeção Geofísica

A prospeção geofísica baseia-se na análise e interpretação, através dos princípios e leis da Física, de grandezas medidas na superfície da Terra ou próxima dela, feitas com vários dispositivos de medida. Para se obterem resultados de qualidade através dessa análise, não basta possuir os instrumentos tecnológicos que permitem medir as grandezas, é necessário entender, muito bem, os principais fundamentos da ciência que os interpreta.

A prospeção geofísica pode ser feita a partir das medidas de grandezas físicas efetuadas na superfície (*in situ*) ou perto dela (teledeteção). As grandezas medidas ou são i) uma manifestação direta das propriedades físicas locais da própria Terra, como o geomagnetismo ou o fluxo de calor; ii) ou são produzidos por uma fonte exterior e modificados pela estrutura e constituição da Terra, como a propagação das ondas sísmicas produzidas por um impacto, ou iii) a eletricidade que se injeta na Terra a partir de um gerador, ou iv) ainda as ondas eletromagnéticas que se propagam no subsolo a partir de uma antena de georradar (Kearey et al. (2013).

As técnicas que se limitam a medir as grandezas produzidas pela própria Terra, chamam-se “passivas” e, as que envolvem uma estimulação exterior, denominam-se “ativas”. Quer num caso quer noutro, é a partir da interpretação das medidas obtidas à luz das leis da Física que podemos obter informações sobre o interior da Terra.

A prospeção geofísica consegue assim encontrar anomalias no solo quer sejam naturais, ou seja, criadas por fenómenos naturais que ocorreram na própria Terra, quer sejam antrópicas, ou seja, com origem na atividade humana.

Em termos gerais, qualquer trabalho de prospeção geofísica envolve uma sequência de procedimentos (protocolo), que começa com estudos preliminares da zona a prospectar, a sua marcação para orientar o trânsito dos equipamentos de medida e termina com as próprias medidas e seu registo, através das várias

técnicas já referidas anteriormente. Após a fase de registo vem a 2ª fase, mais exigente do ponto de vista científico, que envolve todo o trabalho de processamento dos dados registados e obtenção de resultados e a interpretação dos resultados obtidos desse processamento. Estes estudos são feitos através de instrumentos diversos e interpretados segundo metodologias específicas. Mais à frente serão referidos, de forma mais detalhada, pormenores sobre as questões científicas e técnicas envolvidas em estudos de anomalias feitos pela geofísica e aplicados na arqueologia.

3.1. Métodos e instrumentos usados

A geofísica utiliza vários métodos para estudar a Terra, cada um é diferente, cada um analisa e obtêm informações sobre determinadas propriedades que interpreta através de metodologias próprias. Em geral, os diferentes métodos utilizam leis da física, teorias e instrumentos (técnicas) distintos. Ou seja, cada método encerra especificidades tanto ao nível da sua prática, como ao nível da obtenção dos resultados, o que impõe para cada um, equipamentos e algoritmos de análise e processamento de sinal (dados) diferentes. Os resultados obtidos com cada método dependem, naturalmente, nas condições e propriedades físicas do terreno. Deste modo, nem sempre os resultados são positivos, no âmbito da arqueologia.

3.1.1. Ground Penetrating Radar

O GPR é um método geofísico que, por ser de aplicação rápida, conduz a tempos de prospeção reduzidos e por isso acaba por resultar num baixo custo, embora os instrumentos envolvidos sejam bastante caros. Através dele é possível identificar diversas estruturas, desde grandes construções como muros, colunas e túneis, até pormenores de pequenas dimensões, como sejam as camadas que formam um mosaico romano. Os dados registados, geralmente em perfis, podem ser

observados em tempo real, onde se pode inclusivamente colher logo informação sobre a existência de estruturas e a que profundidade. O dispositivo utilizado por este método funciona através de uma antena transmissora colocada próximo ao solo, que irradia ondas eletromagnéticas de alta frequência.



Figura 3.1 - Recolha de dados em campo com GPR montado em kart. As antenas do dispositivo representado na figura encontram-se no interior da caixa cor de laranja colocada entre as rodas traseiras do kart.

Estas ondas propagam-se nos materiais que se encontraram debaixo da superfície terrestre, sofrendo mudanças de velocidade⁴ sempre que encontram materiais com propriedades dielétricas diferentes. As ondas que retornam à superfície são detetadas por outra antena, colocada junto à antena emissora. O tempo que decorre entre o instante em que a onda é emitida e o instante em que o retorna à superfície, é determinado e registado pelo dispositivo o que permite estimar as profundidades

⁴ Dependendo das propriedades dos materiais e da direção de propagação das ondas pode acontecer reflexão, refração ou difração.

das entidades refletoras, desde que se saiba a velocidade de propagação das ondas.

A profundidade a que as ondas penetram é controlada pela condutividade elétrica do meio e pela frequência central da onda emitida. As entidades refletoras são as anomalias que procuramos, que são detetadas sempre que existem variações nas propriedades eletromagnéticas do meio (condutividade elétrica e constante dielétrica) (Bento; Borges, 2015).

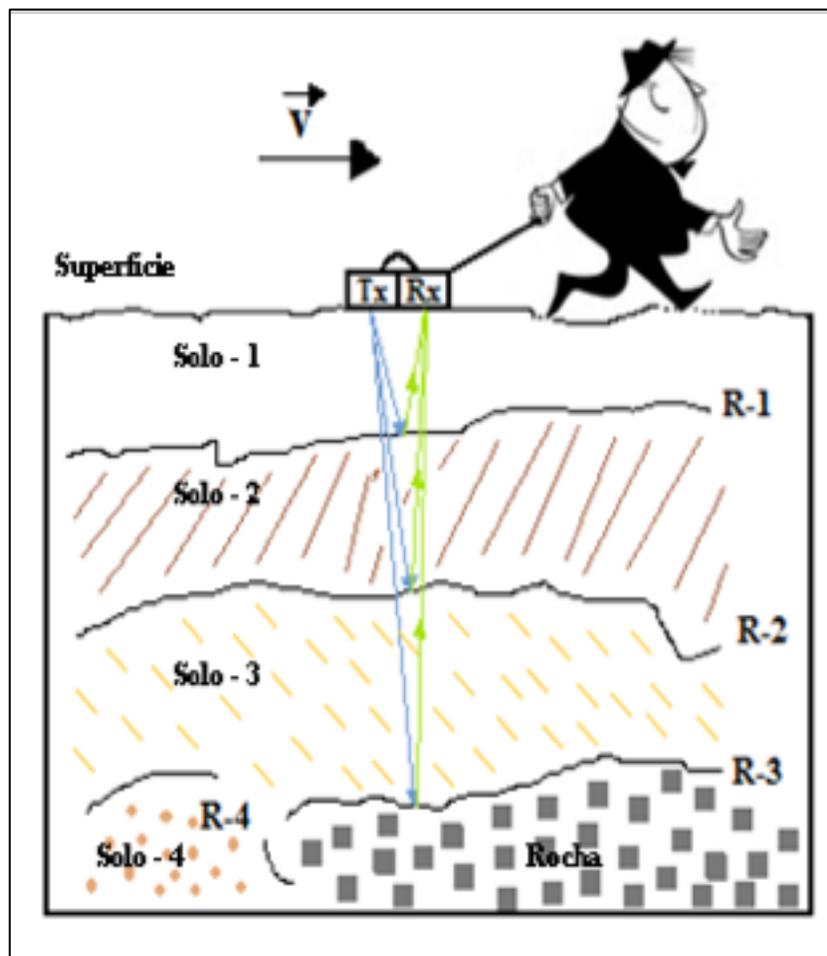


Figura 3.2 - Esquema de funcionamento da aquisição de dados GPR (imagem retirada de Lourenço, 2006)

O GPR é um método que, em geral, pode ser aplicado em qualquer situação, desde que sejam feitas as devidas adequações em função do tipo de solo e condições da superfície onde as antenas devem ser deslocadas. O processamento de dados a aplicar a cada situação também vai ser condicionado por essas condições. Por exemplo são fatores que determinam procedimentos a adotar condições como: o tipo de sedimentos mineralógicos, a quantidade de argila, a hidratação, a profundidade do objeto a detetar, a topografia da superfície ou a vegetação. Tendo isto em mente geralmente os solos secos proporcionam melhores resultados, sendo que os solos húmidos também oferecem bons resultados, desde que os mesmos não sejam muito condutores.



Figura 3.3- Fotografias do sistema de GPR utilizado neste trabalho

Os componentes principais que integram o georradar são o gerador de sinal, o sistema de registo e armazenamento de dados que são microcomputadores e as antenas. Se a antena de emissão (Tx) e a de receção (Rx) funcionarem juntas designamos por modo mono estático, se estiverem separadas, apelidamos de modo bi-estático. O Georradar, como funciona com ondas de frequências na faixa das

radiofrequências é capaz de captar frequências dos recetores normais de rádio e de televisão e de telemóvel. Porém, como geralmente se encontra afastado dos emissores dessas ondas a situação não é crítica. O mais problemático é mesmo a proximidade aos emissores dos telemóveis cujas emissões interferem severamente com o sinal do GPR.

Ao arrastar as antenas do georradar ao longo do campo são criados traços de radar, cada um com informação sobre o percurso das ondas relativas a um ciclo de emissão e leitura, com duração de algumas dezenas de nano segundos. A justaposição dos traços gerados ao longo de um percurso do georradar origina uma imagem que se designa por radargrama (Figura 3.4). Por sua vez este radargrama corresponde a uma seção vertical em 2D que contém informação estratigráfica do solo.

Ao fazerem-se vários perfis paralelos é possível processar estes radargramas por forma a criar uma imagem tridimensional que dá uma informação 3D da estrutura do solo e dos objetos neles contidos.

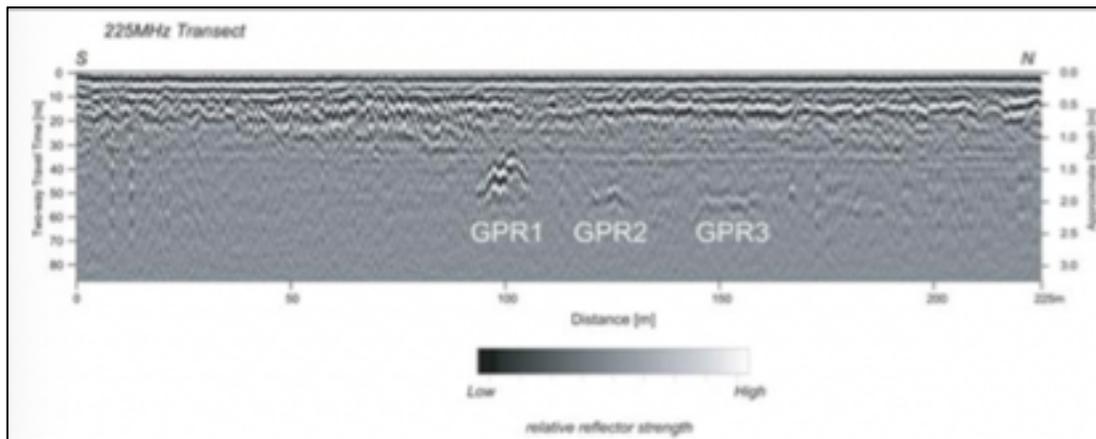


Figura 3.4 - Exemplo de radargrama. Nesta imagem pode-se identificar três anomalias (GPR1, GPR2 e GPR3) que se encontram profundamente enterradas.

3.1.2. Prospeção Elétrica

A propriedade física que está na base deste método de prospeção é a resistividade elétrica dos materiais. A resistividade elétrica de um material é a quantificação da oposição que o material apresenta á passagem da corrente elétrica. Quanto mais baixa for a resistividade elétrica, menor é a oposição à passagem da corrente e, portanto, melhor conduz a corrente elétrica. Num determinado meio heterogéneo, há materiais com maior resistividade elétrica e outros com menor resistividade. Se formos capazes de distinguir onde se encontram essas diferenças de resistividade, estamos a fazer prospeção de resistividade elétrica que permite distinguir como se distribuem os materiais constituintes do meio que apresentam diferenças nessa propriedade. O dispositivo que permite tal prospeção consiste num sistema de quatro elétrodos metálicos (estacas), que se espetam no solo a determinada distância entre eles. Entre dois desses elétrodos faz-se passar corrente contínua com intensidade (I) conhecida e entre os outros dois elétrodos mede-se a diferença de potencial, ou tensão, (V) que se estabelece após a injeção de corrente. Através de um cálculo onde se aplica uma fórmula cujos termos são I , V e a distância entre os elétrodos, encontra-se o valor da resistividade aparente do solo, a uma determinada profundidade abaixo do local onde os elétrodos estão colocados. Repetindo a experiência noutro local, encontra-se a resistividade noutro local e assim sucessivamente. A posição dos elétrodos varia, originando resultados em diferentes profundidades. Existem várias configurações possíveis de distribuir os elétrodos. Cada uma dessas configurações aplica-se em função do tipo de prospeção que se pretende. (Dubois, 1997).

Tradicionalmente há duas configurações que se aplicam mais à arqueologia. A primeira é a de Wenner, que utiliza quatro elétrodos alinhados e separados à mesma distância. Os elétrodos exteriores serão os de corrente e os interiores, os de potencial. A segunda configuração é a dipolo-dipolo, onde os pares de elétrodos funcionam independentemente, marcando a profundidade da resistividade através da distância entre eles. Quanto maior for a distância, maior será a profundidade da

leitura. O equipamento mínimo necessário para fazer este tipo de prospeção é bastante simples. É constituído por quatro eléctrodos que se espetam no solo, um gerador de corrente contínua e por um dispositivo capaz de medir simultaneamente a intensidade da corrente que se injeta entre dois dos eléctrodos e a tensão estabelecida entre os outros dois eléctrodos, antes e durante a injeção da corrente. Atualmente existem métodos de processamento dos dados de resistividade eléctrica sofisticados, que permitem mediante a aplicação de metodologias físico-matemáticas de inversão, produzir modelos tomográficos de resistividade eléctrica, onde se podem discriminar com grande definição como se distribui a resistividade eléctrica no subsolo. Esta técnica chama-se Tomografia de Resistividade Eléctrica (ETR). A aplicação da ETR exige um grande número de registos de V e I, feitos em combinações extensas da posição dos eléctrodos. A execução desses levantamentos só se torna possível com dispositivos experimentais que registam dados de alinhamentos ou malhas de eléctrodos que são espetados no solo e são conectados a um dispositivo de injeção e leitura controlado por um computador (Dubois, 1997).

Os métodos eléctricos apesar de darem resultados bastante esclarecedores relativamente à distribuição dos diferentes materiais pelo subsolo, não funcionam bem quando o solo se encontra muito seco. A passagem da corrente eléctrica entre os eléctrodos e o solo exige que haja um bom contacto que só se consegue em boas condições quando o solo estiver húmido. Por vezes, para se conseguir acoplamento é necessário humedecer o solo, de preferência com água salgada. (Dubois, 1997).

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo Central: 3 casos de estudo”



Figura 3.5 - Equipamento de perfilhamento multieléctrodo em funcionamento na Cidade romana da Ammaia (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

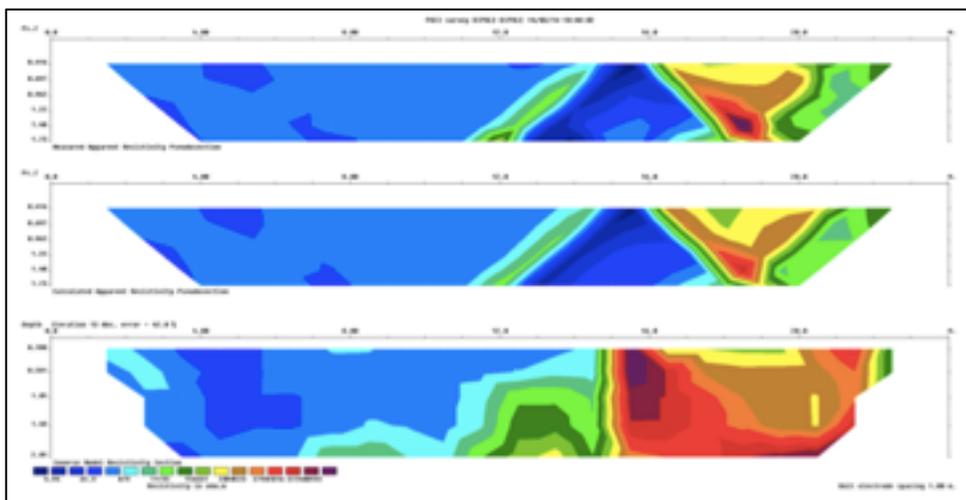


Figura 3.6. - O painel superior representa a distribuição das resistividades aparentes registadas (dados); o painel do meio representa as correspondentes resistividades aparentes sintéticas explicadas pelo modelo de resistividades mostrado no painel inferior. O painel inferior representa o modelo de resistividades real, onde se vê a descontinuidade vertical de resistividade produzida pelos materiais de um muro enterrado no solo (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

3.1.3. Magnetometria

A magnetometria⁵ é um método conhecido por fornecer bons resultados, de uma maneira rápida e sem grandes exigências de processamento. Como o nome indica, este método é baseado na captação de perturbações do campo magnético produzido pela presença de certos materiais que se encontram no solo, próximo do sensor. Algumas rochas contêm materiais magnetizados ou magnéticos como a magnetite⁶ ou moderadas quantidades de ferro⁷, sendo esses componentes que produzem as anomalias captadas por este método. A magnetometria ainda é capaz

⁵ É uma corrente elétrica que cerca materiais. São detetados pela força exercida em outros materiais e pelas cargas elétricas em movimento.

⁶ Mineral responsável pela magnetização de matérias

⁷ São compostos químicos compostos por ferro e oxigénio que podemos encontrar por toda a natureza e são muito importantes em vários processos biológicos e geológicos.

de detetar materiais ou solos que foram submetidos a altas temperaturas, porque essas variações térmicas deixam uma assinatura magnética nos materiais. (Oliveira, 2014)

No âmbito da arqueologia este método geofísico é útil na deteção de argilas, que criam anomalias de pequena amplitude, através do estudo do alinhamento magnético do óxido de ferro, desde que a sua magnetização esteja alinhada com a direção do campo magnético terrestre.

Também capta cerâmicas que foram consolidadas em temperaturas mais altas que as temperaturas de Curie⁸, pois o aquecimento dos solos ou de materiais favorece a fixação da orientação dos dipolos magnéticos. Quando um material é sujeito a altas temperaturas, o magnetismo dos seus materiais tende a alinhar-se com o campo magnético da terra. Este método consegue captar o campo magnético de materiais tão antigos devido ao facto de serem arrefecidos posteriormente a serem sobreaquecidos, permanentemente gravando seu magnetismo. Em suma todos os materiais que contém minerais ferromagnéticos, ferromagnéticos e antigerromagnéticos são suscetíveis a este método, sendo possível encontrar várias anomalias deixadas pelo Homem, nomeadamente metais, cerâmicas, vidro e vestígios de muros da época romana. (Oliveira, 2014)

Os instrumentos utilizados para medir estas anomalias são os magnetómetros, por serem capazes de caracterizar campos magnéticos com grande precisão. Esta caracterização faz-se a partir das medidas da intensidade, da direção e do sentido dos campos magnéticos dos sítios onde o magnetómetro mede.

Os primeiros magnetómetros foram concebidos nos inícios de 1900, porém o seu grande desenvolvimento começou só a partir dos anos 40 do séc. XX, quando surgiram novos tipos de magnetómetros, nomeadamente o magnetómetro de fluxo,

⁸ É a temperatura a que um material ferromagnético perde a sua propriedade de se magnetizar com um campo magnético.

o magnetómetro de precessão protónica, o magnetómetro de bombeamento ótico e o gradiómetro magnético. Este último é utilizado especialmente pela arqueologia. Estes aparelhos são mais rápidos, precisos, sensíveis e permitem elevadas taxa de amostragem. Outra vantagem destes novos equipamentos é a integração de GPS para a localização espacial de cada medida. Tradicionalmente, no âmbito arqueológico, o GPS não era utilizado, devido a este ter, mais ou menos, uma margem de erro de 5m de distância. Assim para compensar a falta do GPS usavam-se marcas de 10m em 10m, assinalando-as com marcas digitais. Atualmente, com a incorporação de GPS's que trabalham com constelações de satélites geoestacionários, conseguem-se erros de posicionamento centimétricos e, portanto, está a aumentar a oferta de magnetómetros com GPS.

Este método não pode ser feito com objetos de metal ao seu redor, como vedações e portões de metal, fios elétricos e de carros. Em princípio estes tipos de equipamentos podem alcançar até 3 metros de profundidade, mas, normalmente, só se faz até 1,5 metro, pois assim não é necessário ajustar os sensores. (Oliveira, 2014)



Figura 3.7 - Magnetómetro de alta precisão de protões, tipo overhouser do ICT (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

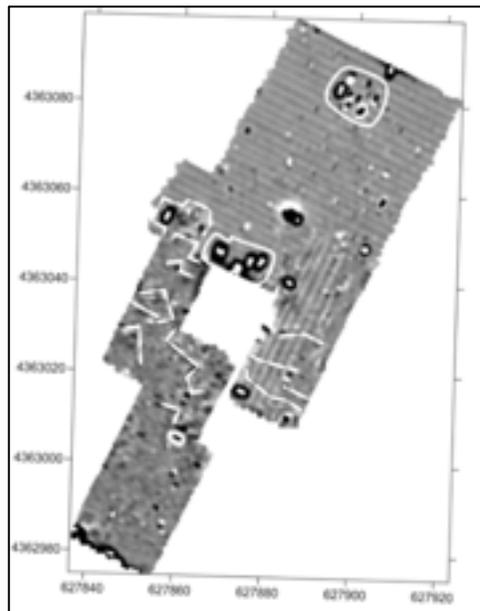


Figura 3.8 - Mapa de anomalias magnéticas captadas no campo arqueológico de Mascarro, Castelo de Vide (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

3.1.4. Medidas de Radiação Gama

A cintilometria é uma técnica que se baseia na deteção de radiação gama⁹ para determinar a presença de determinados elementos radioativos que indiciam a presença de materiais com potencial interesse em Arqueologia. A radiação gama é uma forma de radiação eletromagnética de frequência superior a 10^{17} Hz, que surge da desintegração natural de isótopos de Urânio (U^{238}), de Tório (Th^{232}) e de Potássio (K^{40}), três elementos que podem ser encontrados no solo (Da Costa, 2010).

Este método embora não muito usado na prospeção arqueológica porque a radiação detetada, geralmente, provém de profundidades muito pequenas (menos de 0,50m), pode ter bastante interesse em situações que envolvam solos argilosos que possuem potássio. Geralmente é na arqueometria que a sua aplicação tem maior expressão. Existem vários equipamentos que podem ser utilizados para captar raios gama, existe só um que é adequado para ser usado em campo. Este instrumento, o detetor Geiger portátil, pode vir acompanhado de uma sonda destacável. Consegue detetar radioatividade das rochas ou minerais. (Da Costa, 2010)

⁹ Produzida por elementos radioativos. No nosso meio natural podemos encontrar isótopos radioativos.

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”



Figura 3.9 - Detetor Geiger

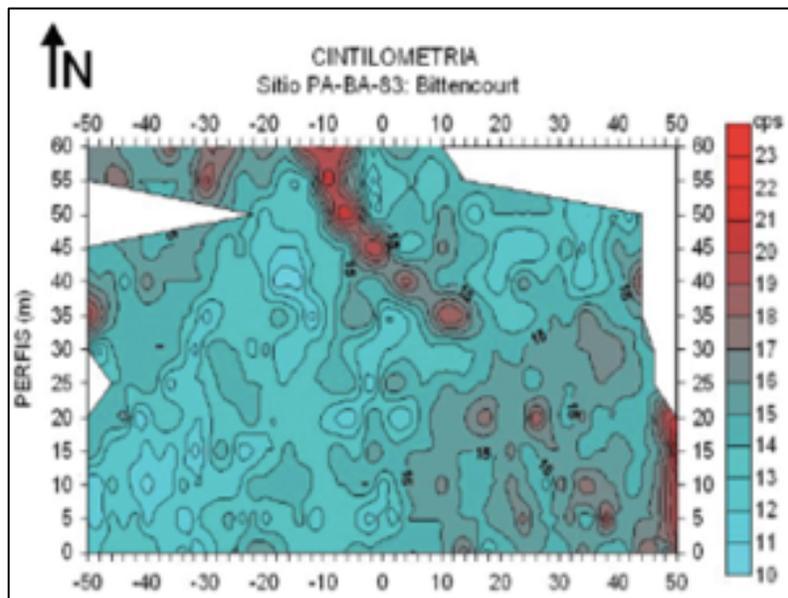


Figura 3.10 - Perfil de radiação gama retiradas do Sítio Bittencourt, Brasil.

3.1.5. Método Eletromagnético

O método eletromagnético permite simultaneamente estimar duas propriedades do solo, a suscetibilidade magnética e a condutividade elétrica, que é o inverso da resistividade elétrica. Basicamente isso significa que as estruturas com grande resistividade têm baixa condutividade, e as estruturas com baixa resistividade tem alta condutividade. As anomalias detetadas por este método são tanto as de condutividade elétrica do solo, como as da suscetibilidade magnética das matérias subterradas. (Bicho, 2001)

O dispositivo experimental usado neste método consiste em duas bobinas que funcionam como antenas, uma sendo o transmissor (Tx) e outra o recetor (Rx). O “transmissor envia sinais eletromagnéticos que induzem uma corrente no solo, criando um campo magnético secundário, que é captado pelo recetor” (Bicho, 2001, pág. 139). Estas duas bobinas estão separadas por uma certa distancia e são deslocadas sobre o terreno, ao longo de perfis marcados. A frequência da bobine emissora e a distância entre as duas bobinas ditam a profundidade de penetração, também chamada profundidade de trabalho.

Esta técnica tem a desvantagem de não conseguir distinguir o que é um artefacto do que é “lixo” mineral. Mas também tem a mais-valia de não estar sujeito à humidade do solo e de não ter vários elementos e cabos, tornando a sua utilização mais rápida.



Figura 3.11. - Equipamento de prospeção eletromagnética de baixa frequência EM38-MK2 (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

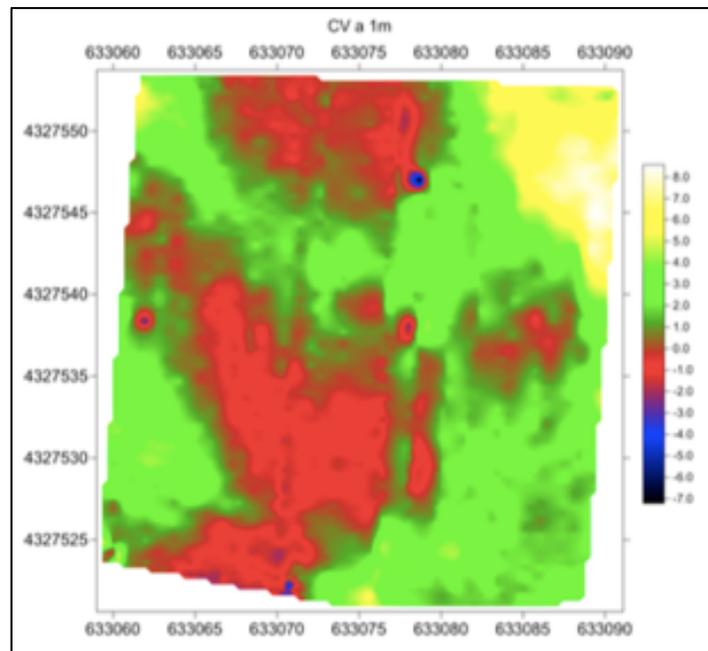


Figura 3.12 - Mapa de condutividade elétrica do solo da Anta do Belo, Monforte (retirado de Caldeira e Borges, 2015)

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”

Capítulo IV – Prospeção Geofísica *versus* Prospeção Arqueológica

A prospeção arqueológica tem como objetivo identificar sítios arqueológicos que podem ser, ou não, objeto de escavação, sendo considerado um trabalho prévio à sua realização. Mas, enquanto a prospeção arqueológica é uma atividade não destrutiva, pois limita-se a observar e caracterizar os vestígios que se encontram à superfície, a escavação por envolver sempre alguma invasão dos sítios é um método destrutivo.

Nos últimos anos, a introdução da prospeção geofísica tem tomado uma posição bastante importante na arqueologia, devido ao facto de usar técnicas que permitem gerar modelos do subsolo, inacessíveis nas técnicas arqueológicas tradicionais baseadas na interpretação dos vestígios da superfície. A geofísica procura produzir, como já foi referido no capítulo anterior, uma imagem do subsolo, onde as estruturas aí ocultas podem ser detetadas.

O uso de métodos geofísicos permite fazer um planeamento mais específico e pormenorizado do sítio arqueológico. Como se consegue o mapeamento prévio da estrutura arqueológica e, eventualmente, dos espólios que se encontram debaixo do solo, podemos determinar quais os métodos de escavação e instrumentos a utilizar. Aos termos estas informações os custos das sondagens são minimizados. Também pode assumir a função sistema de “aviso” sobre os problemas e os cuidados a ter que equacionar enquanto a escavação decorre, permitindo, assim, pensar com antecedência soluções para essas questões.

Sendo uma ciência que tem na base a Física, mas que também envolve o conhecimento da Geologia, a geofísica, pode fazer um estudo dos sedimentos onde os espólios estão depositados, como, por exemplo, as mudanças que as unidades estratigráficas tiveram ao longo do tempo, dando mais informações sobre o sítio escavado. Mas, para além de nos dar mais informações, os seus métodos são não intrusivos, logo não destrutivos, podendo salvaguardar a estrutura arqueológica na sua totalidade.

A utilização destas técnicas, novas para a arqueologia, possibilita realizar escavações direcionadas para os pontos anómalos que nos interessam, minimizando o tempo do trabalho de campo - muito útil, por exemplo, na escavação de necrópoles dispersas pois permite determinar, com precisão, onde se encontram as sepulturas.

Apesar de todos estes benefícios, este tipo de prospeção, não substitui a prospeção e a escavação arqueológica, é só um método auxiliar da arqueologia. As interpretações das anomalias feitas pelos arqueólogos continuam a ser indispensáveis.

4.1. O Georradar

Nos anos 70 do século XX o georradar assumiu a sua maioridade, adquirindo aproximadamente a funcionalidade que conhecemos nos dias de hoje, proporcionando experiências para identificar estruturas soterradas ou que definam a estratigrafia dos solos (Conyers, 2004; Gaffney, 2008).¹⁰

A primeira experiência feita com o georradar é atribuída a “(...) Vickers et al. (1976) em Chaco Canyon, Novo México (EUA), numa tentativa de localizar paredes de “Kivas” enterradas a profundidades não superiores a 1 metro.” (Gonçalves, 2013, pág.15). O registo dos dados nestas prospeções iniciais era feito por impressão dos traços em papel, como nos sismógrafos antigos, e analisados diretamente no campo, conseguindo distinguir as reflexões correspondentes às anomalias. Outros pioneiros foram Kenyon e Bevan que, em 1977 (Gonçalves, 2013), utilizaram o georradar para detetarem anomalias em perfis adquiridos em Filadélfia. Estas experiências pioneiras pulsaram a evolução da prospeção geofísica na arqueologia, podendo tomar como exemplo os trabalhos realizados em Hala Sultan Tekke, (Chipre) e em Ceren (El Salvador) (Gonçalves, 2013, página 15).

¹⁰ Gonçalves, 2013

A partir de 1980, os equipamentos de Georradar entram no mercado através de empresas como a Geophysical Survey Systems, Inc., que comercializam aparelhos na Suécia, nos EUA, na China, no Canadá, no Reino Unido, no Egito e na Alemanha. Em 1982/83, Vaughan realiza em Red Bay, no Canadá, um projeto onde o sucesso na interpretação dos dados complexos obtidos neste trabalho mostrou ser possível a continuação de prospeções geofísicas em solos complexos¹¹. O Japão também conseguiu resultados impressionantes na descoberta de casas “fossos” do século VI que se “(...)encontravam enterradas por até dois metros de solo e cinzas vulcânicas(...)” (Gonçalves 2013, pág.17). Foram estes últimos trabalhos que abriram o caminho para a conceptualização da metodologia para a aplicação do georradar na arqueologia.

Nos anos 90 do século passado, com novos desenvolvimentos tecnológicos, principalmente com o aparecimento dos computadores, foram desenvolvidos softwares que possibilitaram o registo e armazenamento dos dados de GPR, em formato digital. Assim, a análise de dados passa a ser feita fora do campo, devido à grande capacidade de armazenamento dos novos sistemas. É também nesta altura que ocorreu um grande desenvolvimento dos métodos de análise dos dados, de georradar. A capacidade de determinar a velocidade das ondas de radar permite operacionalizar o tempo de chegada dos pulsos refletidos para obtenção da profundidade real do objeto ou estrutura com muita precisão, algo que facilita bastante a interpretação dos resultados (Gonçalves, 2013, página 18).

Assim a prospeção geofísica no âmbito da arqueologia começa a ganhar corpo no mundo científico, sendo publicados trabalhos em várias revistas, como *Journal of Archaeological Prospection* (1994), e aparecendo em várias conferências, como o

¹¹ Este projeto é de destaque pois para além de mostrar ser possível utilizar o georradar em solos adversos, também mostrou ser possível obter a profundidade exata a que se encontram vestígios arqueológicos, através do cálculo da velocidade de propagação das ondas do radar.

International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar ou o International Conference on Archaeological Prospection.

Atualmente os recursos de processamento de dados avançou surgindo software bastante sofisticado, mas acessível, que permite produzir mapas bidimensionais e tridimensionais das anomalias inferidas dos dados de campo. Esta evolução começou em trabalhos pioneiros como os de Dean Goodman, na década de 90, que desenvolveu os primeiros modelos de estruturas arqueológicas em 2D e 3D (Gonçalves, 2013).

Em Portugal, os primeiros trabalhos realizados com o georradar foram concretizados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) na década de 90, quando a tecnologia do georradar já se encontrava bastante desenvolvida. No início, os trabalhos utilizando o georradar foram utilizados no âmbito de trabalhos rodoviários, sendo a referência mais antiga ligada à manutenção da autoestrada A1 – Torres Novas/Fátima, orientada pela equipa da Doutora Marília Oliveira do LNEC (Gonçalves, 2013). Ao mesmo tempo esta técnica começa a ganhar notoriedade no mundo académico, principalmente na Universidade de Aveiro (departamento de Geociências) - que nesta altura já tinha conduzido prospeções geofísicas, com outros métodos, em várias áreas científicas, sendo uma delas a arqueologia - e que realizou os primeiros trabalhos com georradar num campo arqueológico na Casa do Infante do Porto e no Vale do Côa, e no mundo empresarial com a fundação da empresa Geosurseys em 1999, localizada em Aveiro. (Gonçalves, 2013)

Em termos gerais, é apenas no início do século XXI que o resto da comunidade académica portuguesa começa a prestar atenção ao método de georradar. “(...) nomeadamente: o Instituto Politécnico de Tomar; o Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho; o Departamento da Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra; o Departamento de Engenharia de Minas e Geoambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; O Centro de Geofísica da Universidade de Évora; e o Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.” (Gonçalves, 2013, página

22). A juntar ao sucesso do georradar no meio académico, assistimos ao seu crescimento no mundo empresarial, como a abertura da Tecnowave (Braga), a Geo_NDT (Vila do Conde) e a Sinergeo (Vila Verde). (Gonçalves, 2013)

Assim, nas últimas duas décadas temos um conjunto significativo de projetos e/ou sítios, sobre os quais se realizaram prospeções geofísicas, com a técnica do georradar.

A chegada do georradar à arqueologia é marcada pela realização de diversas campanhas, nomeadamente¹² :

- Sítio arqueológico do Castelo da Lousa, Mourão (2000)
- Sítio arqueológico da Barca do Xerez de Baixo, Reguengos de Monsaraz (2001)
- Porto fenício de Castro Marim (2002)
- Ançã e S. Martinho de Árvore (2004)
- Vila romana de Tourega (2004/2005)
- Mesa do Castelinho (2006)
- Largo de D. Diniz e pátio da Universidade de Coimbra (2008)
- Estação arqueológica do Pego (2007)
- Museu Machado de Castro em Coimbra (2011)
- Complexo Mineiro de Três Minas (2011)
- Projeto da Fábrica de vidro do Covo (2009)
- Complexo arqueológico dos Perdigões (2011)
- Projeto Radio-past da Cidade Romana da Ammaia em Marvão (2008)
- Anta do Belo (2015)

¹² Lista feita a partir da bibliografia seguinte: Caldeira e Borges, 2015; Gonçalves, 2013; Portal do Arqueólogo

- Anta da Serrinha (2015)
- Lapa do Sono-Arrábida (2015)
- Acampamento Romano de Cabeça de Vaiamonte (2015)
- Convento do Carmo - Lisboa (2015)
- Docas da Ribeira das Naus (2015)
- Villa Romana da Horta da Torre (2015)
- Jardim Botânico do Palácio Nacional de Queluz (2015)

Para além destes locais, outros trabalhos e projetos foram realizados, os quais serão referenciados e descritos, em pormenor, no próximo capítulo.

Capítulo V - Alguns Sítios Arqueológicos Portugueses “Visitados” Pela Geofísica

Neste capítulo irão ser descritos os locais arqueológicos que se enquadram cronologicamente entre o Neolítico e a Idade do Bronze, que foram nomeados no final do capítulo anterior. Trata-se de um breve “estado da arte” dos locais que partilham a mesma cronologia dos casos de estudo que irão ser tratados nos capítulos seguintes, que são o foco desta dissertação.

Como o título indica foram todos prospetados por métodos geofísicos. Será feito um breve resumo dos trabalhos geofísicos e arqueológicos que se realizaram em campo.

5.1. Menir do Patalou (Nisa) – CNS 24638

Monumento megalítico não funerário intervencionado por Jorge de Oliveira que será aprofundado mais a frente, pois faz parte de um dos casos de estudo desta dissertação.

Neste local foi utilizado o georradar com o objetivo de identificar o alvéolo original e outras anomalias. Foi identificado o alvéolo que se encontra por baixo deste. Os trabalhos foram coordenados pelos professores Bento Caldeira e José Fernando Borges da Universidade de Évora. (Oliveira, 2016)

5.2. Depósito Votivo de Garvão (Ourique) – CNS 2954

Depósito votivo com várias intervenções arqueológicas realizadas entre 1982 e 2013.

Este trabalho de geofísica foi realizado em 2010, no âmbito do projeto GODESS cujos parceiros foram a Universidade de Évora (que coordenou), a Câmara Municipal de Ourique e a Direção Regional de Cultura do Alentejo. A campanha de geofísica foi feita no topo da colina que alberga o depósito votivo, sítio conhecido

pela designação de Castelo de Garvão. Foi aplicada a técnica GPR e recolhidos 219 perfis. O trabalho de interpretação destes dados não está ainda concluído, sendo necessário continuar a pesquisa. (Portal do Arqueólogo)

5.3. Outeiro do Circo (Mombeja, Beja) – CNS 4672

Povoado da Idade do Bronze (séculos X e VII a.C.) com intervenções arqueológicas realizadas por Eduardo Manuel Batista Porfírio, Fátima Sofia Oliveira da Silva, Miguel António Paixão e mais recentemente por Miguel Serra, Eduardo Porfírio e Sofia Silva. Os trabalhos geofísicos ocorreram no ano de 2014. As escavações começaram em 2008 continuando em 2009, 2010, 2011, 2013, 2014 e 2019.

Utilizaram-se os métodos de georradar e de magnometria através dos quais foram identificados vestígios da muralha (que pode ser dupla), estruturas de forma circular (torreões) e estruturas lineares que podem corresponder a edifícios enterrados, o que confirma a existência de um povoado. (Portal do Arqueólogo)

5.4. Grutas artificiais de Casal do Pardo (Quinta do Anjo, Palmela) – CNS 860

Necrópole de grutas artificiais com várias intervenções, sendo que a primeira ocorreu ainda no século XIX (1876).

Recentemente, no âmbito do projeto de candidatura da Arrábida a Património Cultural, foram realizados novos trabalhos. A intervenção geofísica foi feita em 2008, relacionado com futuros planos urbanísticos na zona. A utilização de métodos eletromagnéticos e de georradar (Lopez Jimenez, 2010) proporcionaram resultados que mostram a existência de vestígios antrópicos. Estes dados indicaram a possível ocorrência de duas novas grutas artificiais. Uma das plantas não é clara, mas na segunda é possível observar uma planta circular, igual às estruturas do local. (Portal do Arqueólogo, em linha: <http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos&subsid=2816614>).

5.5. Cabeço do Pé da Erra (Coruche) – CNS 37

Povoado calcolítico com várias intervenções arqueológicas realizadas entre 1983 e 2015, coordenadas por Vítor Gonçalves.

Este sítio arqueológico teve duas campanhas de prospeções geofísicas, uma em 2012 e outra em 2014. Na primeira campanha foi possível identificar fossas de forma circular e estruturas pétreas, que podem ser ligadas a cabanas, fossos, áreas de combustão ou a anomalias metálicas. Na segunda campanha, a geofísica foi mais pontual, em zonas sem árvores. Foi feita uma sondagem a um fosso, que parece existir com configuração em forma de pinça de caranguejo. Este fosso seria parcial, encontrando-se implantado numa área mais exposta. Não se encontrou mais nenhum fosso. (Portal do Arqueólogo, em linha: <http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos&subsid=3095533>).

5.6. Anta do Belo (Monforte) – CNS 10900

Neste trabalho foi utilizado o Laser Scanner 3D, o georradar, a magnetometria, a indução eletromagnética e sísmica. Foi uma prospeção geofísica feita com o propósito de caracterizar, detalhadamente, as estruturas enterradas pela mamoa. Conseguiu-se produzir um modelo 3D da estrutura da anta onde é possível identificar cinco esteios, a sua forma dimensão e distribuição espacial. Deste trabalho, coordenado pelo arqueólogo Rui Boaventura, não consta qualquer informação no Portal do Arqueólogo (Pedido de Autorização e Relatório).

5.7. Anta da Serrinha (Monforte) – CNS 11881

Monumento megalítico funerário intervencionado entre 2015 e 2017 por Leonor Rocha e Paula Morgado (Rocha e Morgado, 2019)

O objetivo desta campanha foi de identificar estruturas que pudessem estar na sub-superfície que rodeia a Anta da Serrinha. Foi feita uma prospeção de georradar com antena de 400MHz, mediante uma configuração de perfis lineares paralelos, espaçados de 0.5m, implantadas sobre uma grelha com 24mx20m. Esta malha foi georreferenciada com GPS diferencial, com correção da posição absoluta por pós-processamento. Os dados foram processados com o software Radan 6.6, segundo metodologia para produção de modelo tridimensional. Os resultados revelam a presença de refletores dispersos no interior de uma capa sedimentar uniforme com espessura ~1.5m, com uma maior concentração em três áreas adjacentes à zona escavada. A proximidade destes refletores das estruturas visíveis na superfície, sugere poderem corresponder a estruturas integrantes do monumento (Caldeira *et al*, 2017; Rocha e Morgado, 2019).

5.8. Lapa do Sono (Serra da Arrábida) – CNS 32045

Gruta natural intervencionada por Leonor Rocha e Rosário Fernandes (Fernandes *et al*, 2015)

Nesta gruta natural foi utilizada uma combinação entre GPR e o método indução eletromagnética. Devido às más condições da superfície (vegetação) só foi possível intervir numa pequena zona que cobre a gruta. O objetivo era perceber as reais dimensões da cavidade, pois esta encontra-se parcialmente bloqueada por sedimentos (Caldeira *et al*, 2016). Os resultados deste trabalho mostraram que uma extensão da gruta, que excede os limites conhecidos em mais de 1 m, se encontra preenchida por sedimentos.

Capítulo VI – Aplicação de Georradar: Estudos de Caso

Esta dissertação tem como casos de aplicação três estudos de prospeção geofísica aplicada à arqueologia, em sítios abrangidos por projetos de investigação coordenados pelos arqueólogos Jorge de Oliveira e Leonor Rocha, docentes da Universidade de Évora.

Em termos de método, todos foram realizados com o Georradar, utilizando duas antenas de frequência diferente com o objetivo de obter um bom compromisso entre o alcance a que as estruturas podem ser detetadas e o detalhe com que podem ser caracterizadas. Foram prospeções realizadas em sítios arqueológicos do Alto Alentejo e Alentejo Central, nomeadamente menir do Patalou (Nisa), Menir do Monte da Caeira (Vimieiro) e Santa Cruz 13 (Brotas), que serão caracterizados neste capítulo, a nível geomorfológico.

Os trabalhos geofísicos no Menir da Caeira e de Santa Cruz foram realizados no decurso desta tese, tendo a signatária participado na recolha de dados de campo. A prospeção no Menir do Patalou já tinha sido realizada anteriormente para orientar a prospeção do alvéolo daquele menir. Os dados dessa prospeção foram considerados nesta tese na qualidade de referencial de comparação, por se tratar de um caso de estudo, já confirmado por escavação arqueológica.

A escolha dos restantes dois casos estudo em análise deveu-se ao facto de se encontrarem em escavação, dando a oportunidade de, ainda nesta tese, se poder confirmar ou recusar os resultados sugeridos pela Geofísica.

No seguimento da caracterização das regiões onde os sítios arqueológicos se inserem, para cada um será apresentado o contexto arqueológico.

6.1. Síntese tectonoestratográfica do Norte Alentejano

O atual concelho de Nisa pertence administrativamente ao Distrito de Portalegre. É neste concelho que se encontra o Menir do Patalou (Nisa, Espírito Santo, Nossa Senhora da Graça São Simão), um dos locais arqueológicos em análise.

A zona de Nisa encontra-se localizada entre a zona Centro-Ibérica e a zona Ossa-Morena, assim existindo diferentes zonas tectono-estratigráficas, que se encontram afetadas pela deformação varrisca.

De acordo com a informação recolhida no PDM (Revisão do plano Diretor Municipal de Nisa, 2010) esta área é caracterizada pelos seus granitos biotíticos-moscovíticos, de texturas variadas, sendo o mais antigo da região. Em termos gerais existem 4 grandes tipos de granito nesta região:

- i) Zona de Nisa- Granito de Carreiras caracterizado por manchas graníticas de bordadura do plutão e pela sua deformação com planos de foliação. Apresenta granularidade média a grosseira, tem uma tonalidade cinzenta por vezes escura, devido ao quartzo fumado;
- ii) Área de Alagoa - Granito de grão predominantemente grosseiro, porfiroide, e contém megacristais de feldspato. Este granito por vezes aparece deformado;
- iii) Granito do Carrascal - É uma intrusão compósita bimodal. É de grão grosseiro a médio, porfiroide e biotítico e extremamente deformado. Apresenta manchas dispersas de rochas máficas, com um núcleo de grão fino;
- iv) Batólito de Nis-Albuquerque pertence a um alinhamento de granitoides polidiapíricos, localizados no prolongamento para Espanha. Caracteriza-se por ser um granito de granulidade muito grosseira e porfiroide.

Em relação aos solos podemos encontrar três tipos de combinação (sgd. Plano Diretor Municipal de Nisa, 2010), que passarei a listar:

- solos litólicos não húmidos de granitos com afloramentos rochosos de granito ou quartzo dioritos (Pg + arg)
- Solos hidromorficos de aluviões ou coluviais, de textura ligeira e solos coluviossolos de textura ligeira (Cal + Sbl)
- Solos litólicos não húmidos de granitos e solos litólicos não húmidos de rochas eruptivas (composição mineralógica entre o granito e quartzo diorito) (Pg + Pgm)

6.1.1. Menir do Patalou

O Menir do Patalou identificado nos anos 90 do século XX, por João Francisco Lopes, um habitante de Nisa¹³, encontra-se a 5,5km de Nisa na zona da Barragem da Póvoa. Os trabalhos arqueológicos neste menir foram apoiados pela autarquia de Nisa, no âmbito do Projeto MEGANISA.

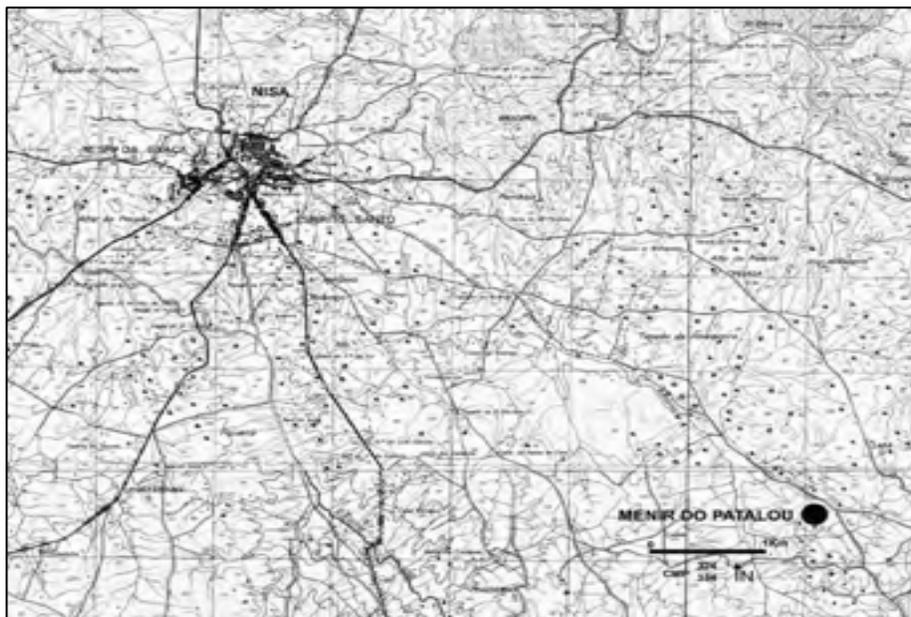


Figura 6.1.- Localização do Menir do Patalou sobre CMP n.º 324 /334. (imagem retirada de Oliveira, 2016)

¹³ <http://ensina.rtp.pt/artigo/obelix-ajudou-a-descobrir-o-menir-do-patalou-em-nisa/> (13/11/2018)

A escavação, realizada em 2015, foi dirigida por Jorge de Oliveira, com a colaboração de alunos de Arqueologia das Universidades de Évora e de Alcalá de Henares. Estes trabalhos foram orientados para a descoberta do alvéolo original deste menir, com o objetivo final de o erguer (Oliveira, 2016).

Trata-se de um “monólito de granito com 4m de comprimento e 0,90m de diâmetro máximo e um peso a rondar as 7 toneladas” (Oliveira, 2016), de cronologia neolítica. Antes dos trabalhos arqueológicos, encontrava-se tombado e deslocado da sua base.



Figura 6.2. - Menir do Patalou antes de escavação (imagem retirada de Oliveira, 2016)

Maissa Bezzeghoud

“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo Central: 3 casos de estudo”



Figura 6.3. - Área escavada do Menir do Patalou (imagem retirada de Oliveira, 2016)



Figura 6.4. - Menir do Patalou erguido (com marcação da localização do alvéolo) (imagem retirada de Oliveira, 2016)

Para além deste menir existem mais cinco inseridos na zona geográfica de Nisa, nomeadamente: Saragonheiros (associado a uma anta), Maria Dias (isolado), Fonte do Cão (isolado), Vale do Sobral (grupo) e Laje da Prata (grupo) (Oliveira, 1998).

6.1.2. Aquisição de dados

Os trabalhos geofísicos realizados neste campo arqueológico foram orientados pelos professores Bento Caldeira e José Borges, decorrendo durante o Verão de 2015. Visaram a deteção de depressões que indiciassem a localização do alvéolo, para se voltar a erguer¹⁴ o menir na localização original. Foi efetuada uma só campanha geofísica, seguindo-se uma de escavação. Esta foi orientada pelo arqueólogo Jorge de Oliveira, professor na Universidade de Évora.

Durante a prospeção geofísica foi utilizado o GPR com duas antenas de diferentes frequências, uma de 400MHz e outra de 1,6GHz. A prospeção com a antena de 400MHz foi feita mediante uma configuração em perfil linear, com linhas paralelas e implantadas sobre uma grelha (grelha 1) com 20x20m, com 0.5m de espaçamento entre linhas.

A prospeção de GPR com antena de 1.6GHz foi feita também segundo uma configuração de linhas paralelas, mas agora espaçadas de 0,25m, marcadas sobre duas grelhas: a Grelha 2 com uma área total de 5,25x7m, orientada para E-W; e a Grelha 3 com uma área total de 1,5x7m, orientada para N-S (Figura 6.5). Nas áreas delimitadas existe um sobreiro, onde não foram recolhidos dados devido a ser impossível aceder ao local com o equipamento (Caldeira, 2015).

¹⁴ Menir encontrava-se tombado a 110º em relação ao Norte.

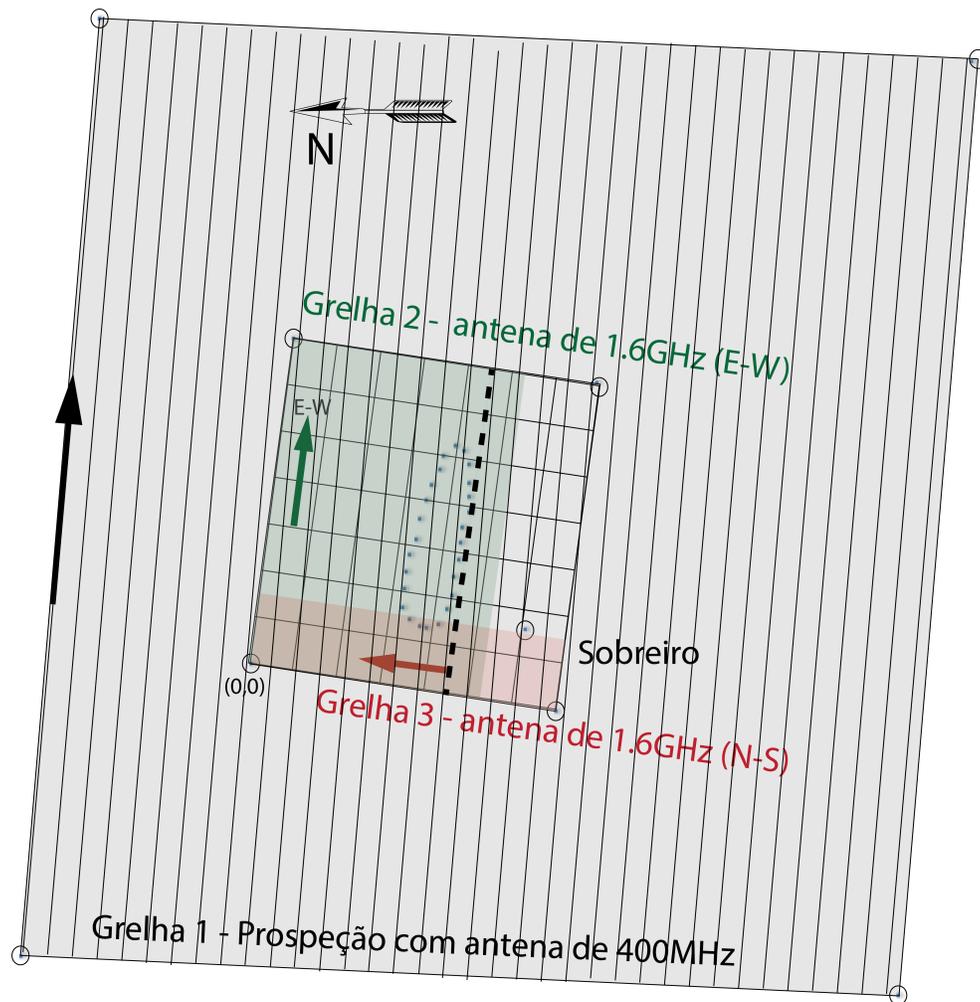


Figura 6.5. - Esquema das grelhas de prospeção geofísica delimitadas em campo (retirada de Caldeira, Borges e Oliveira, 2015)

A escavação foi realizada numa área de 6m^2 , dividida em três quadrados (figura 6.6.), cada um com uma área de $2\text{m} \times 2\text{m}$. Foi deixado, como reserva científica o quadrado, da área principal de escavação. (Oliveira, 2016)

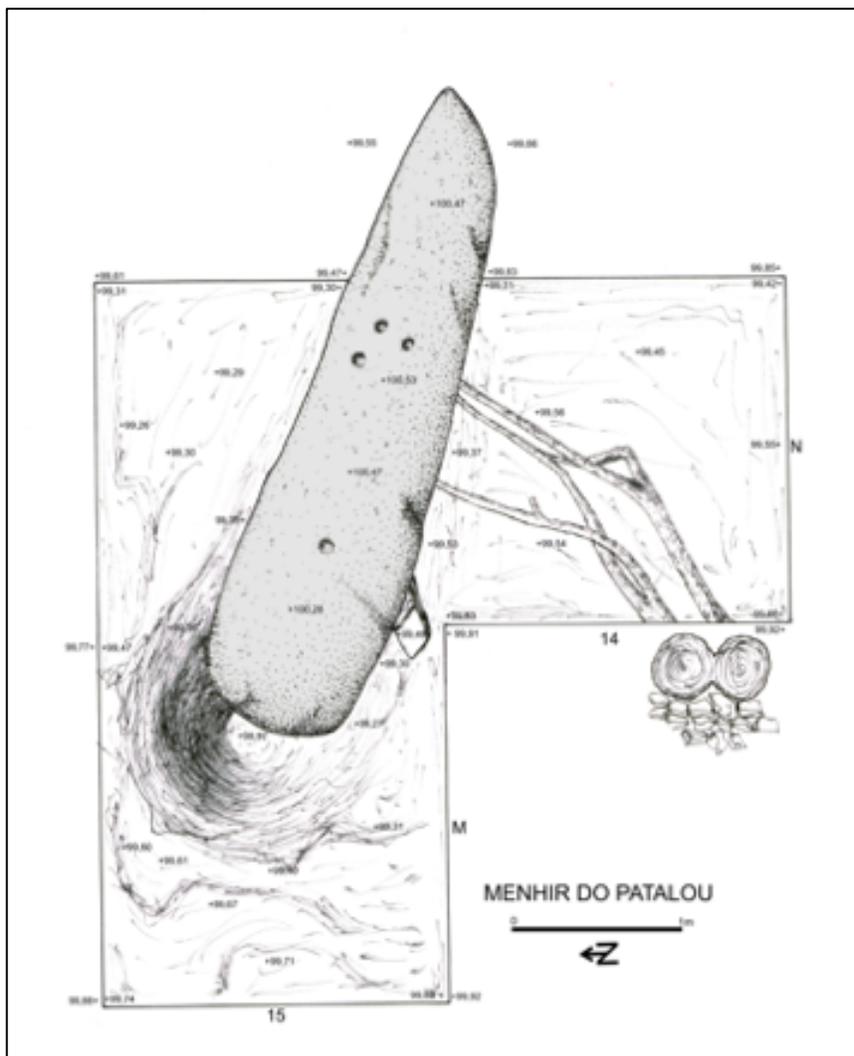


Figura 6.6. - Planta da área escavada do Menir do Patalou

6.1.3. Resultados e Interpretação

Os resultados que irão ser interpretados foram originados através da prospeção anteriormente relatada.

A antena de 400 MHz correspondente a Grelha 1, que foi utilizada numa área mais alargada, não apresentou resultados que acrescentem informação relevante aos dados adquiridos. A Grelha 2 (antena de 1,6 GHz) originou 22 perfis onde são

detetadas depressões que não ultrapassam os 0,5m de profundidade. Cavidades destas dimensões não parecem, no entanto, suficientes para alojar a base do menir.

A figura seguinte (Grelha 2), com a localização dos perfis correspondentes aos radargramas das figuras 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, a serem analisadas no parágrafo subsequente. A Grelha 3 não apresentou qualquer anomalia compatível com a cavidade que se procura. (Caldeira, 2015).

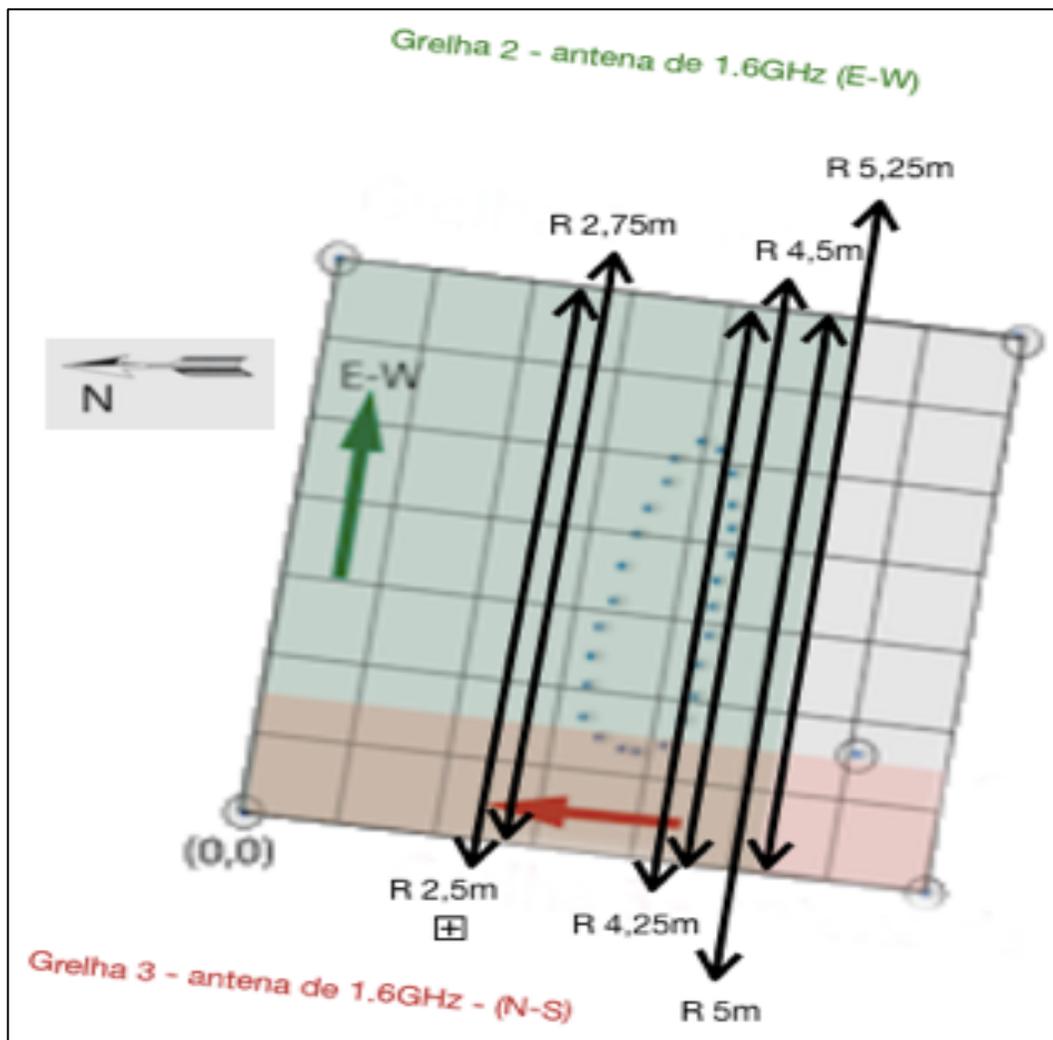


Figura 6.7. - Localização dos perfis correspondentes aos radargramas das figuras 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13. Explicação desta imagem na figura 6.5.

Como os resultados geofísicos não indicaram alguma hipótese de existência de alvéolo, nas áreas prospetadas, passou-se a outras duas hipóteses. A primeira hipótese é a possibilidade de que o alvéolo se localize debaixo do próprio menir, pois aqui foi detetada uma depressão com uma profundidade que ultrapassa os 0,5m (Caldeira 2015). A segunda suposição é que se encontrasse perto do Sobreiro, pois há indícios de uma depressão nesta zona interpretados como produzidos pelo sistema radicular da árvore (Caldeira, 2015).

Por outro lado, verifica-se que o solo circundante da árvore tem espessura suficiente para sustentar a própria, sugerindo haver uma grande depressão na zona de implantação.

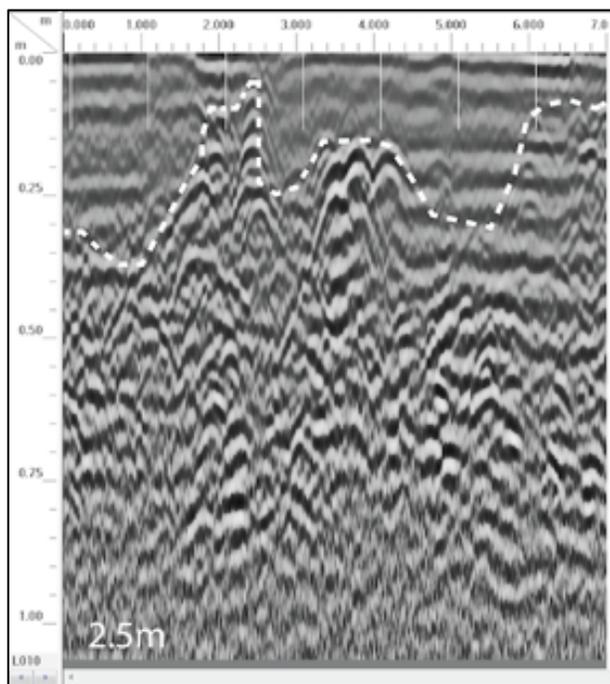


Figura 6.8. - Radargrama 2.5m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

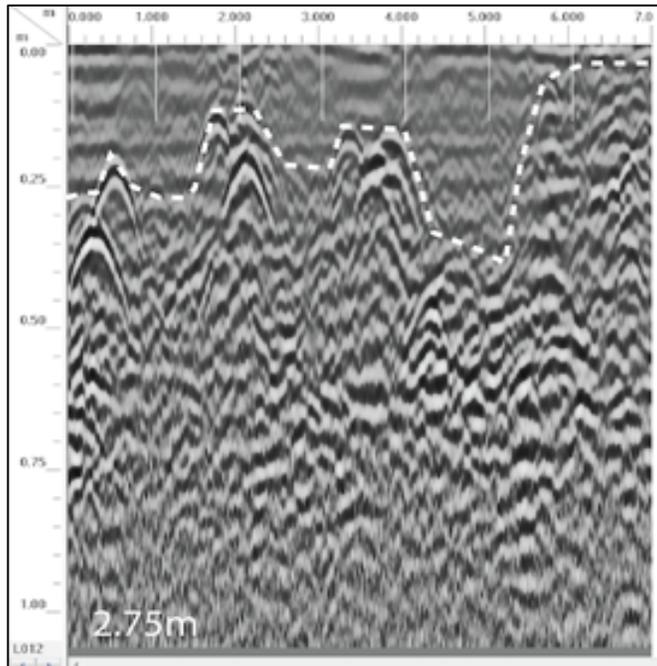


Figura 6.9. - Radargrama 2.75m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

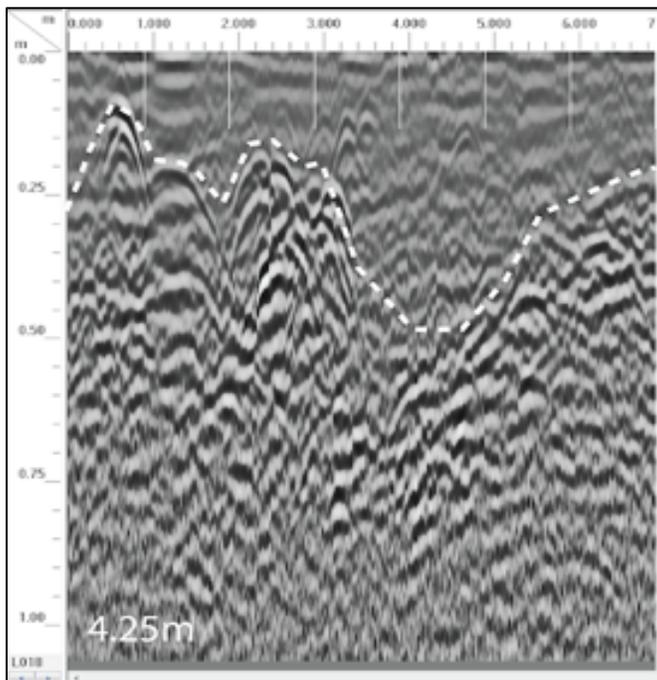


Figura 6.10. - Radargrama 4.25m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

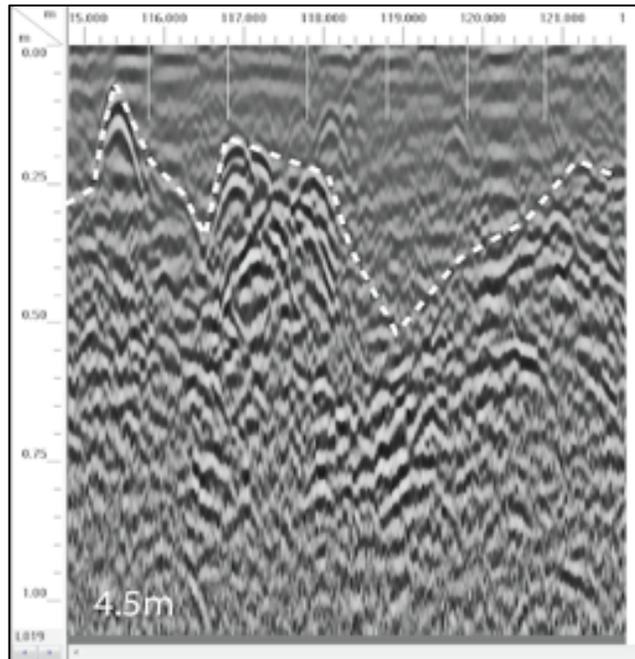


Figura 6.11. - Radargrama 4.5m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

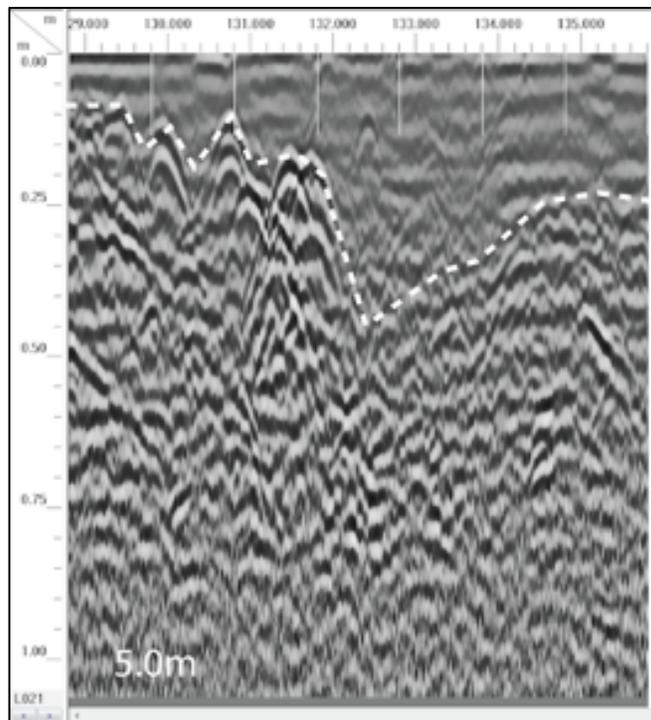


Figura 6.12. - Radargrama 5.0m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

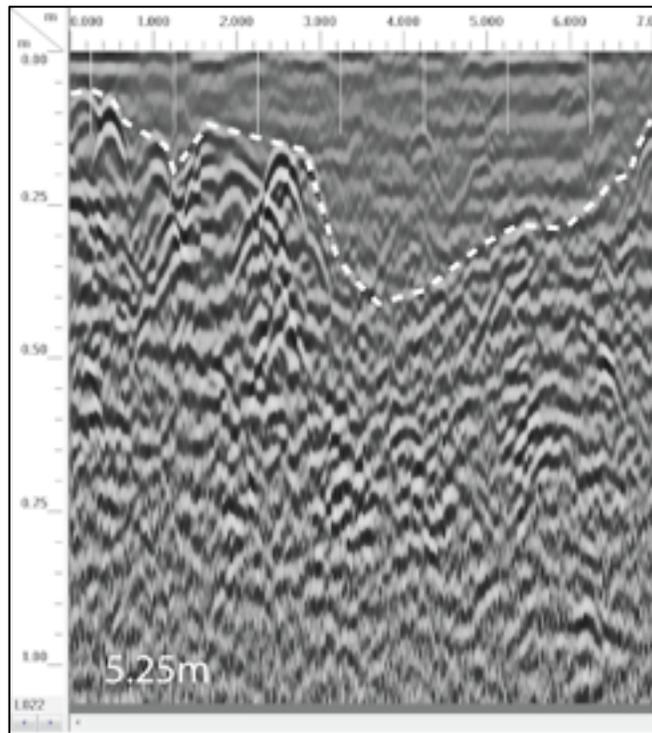


Figura 6.13. - Radargrama 5.25m localizado na figura 6.7. Linha branca destaca a anomalia.

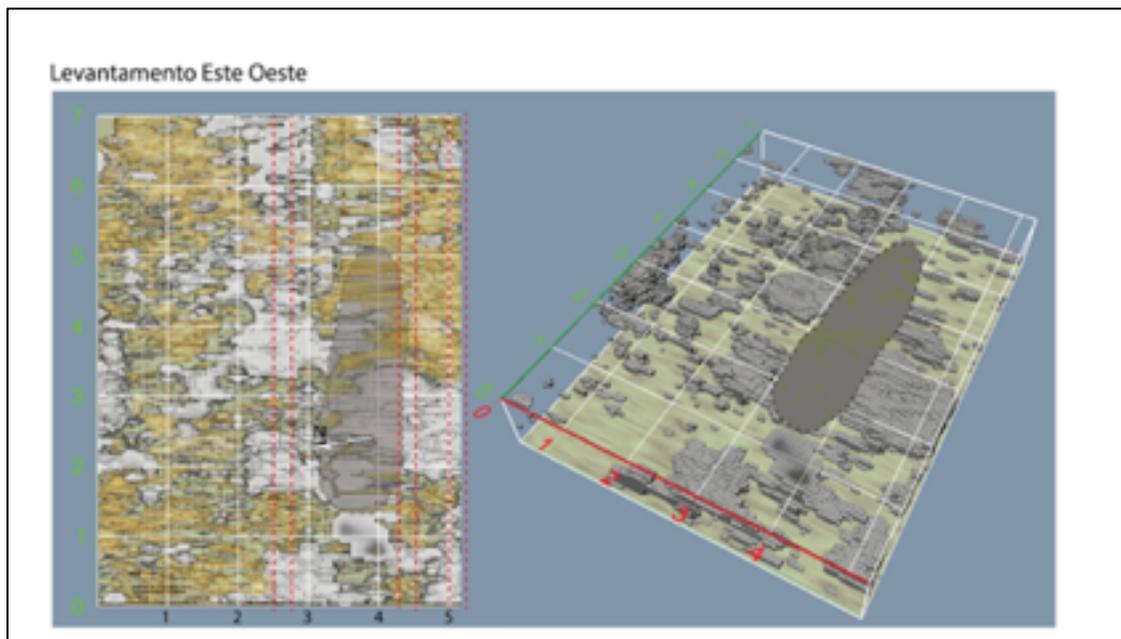


Figura 6.14. - Mapas de amplitude de reflexão do GPR. Esquerda: planta de profundidade ~25cm. Direita: Imagem em 3D dos maiores refletores.

A imagem em cima (Figura 6.14) representa a refletividade do sítio arqueológico captada pelo GPR. A imagem da esquerda representa uma planta a uma profundidade de mais ou menos 25cm onde a zona amarela esverdeada corresponde a materiais com amplitudes de reflexão baixas (solo). A cor acinzentada trata-se de rochas, materiais que produzem amplitudes de reflexão alta.

Na imagem da direita podemos verificar uma representação em 3D das zonas com maiores amplitudes de reflexão (rochas), com a sobreposição da localização do menir.

Tendo em consideração estes resultados passou-se à fase de escavação onde se descobriu a localização do alvéolo, que pode ser observado na figura 6.15. Este encontrava-se do lado oeste debaixo do menir, com uma profundidade máxima de 0,82m (Oliveira, 2017).

Também foi possível chegar a conclusão que a razão pelo qual os resultados geofísicos foram negativos devia-se ao facto de não existirem blocos de pedras, nesta zona.

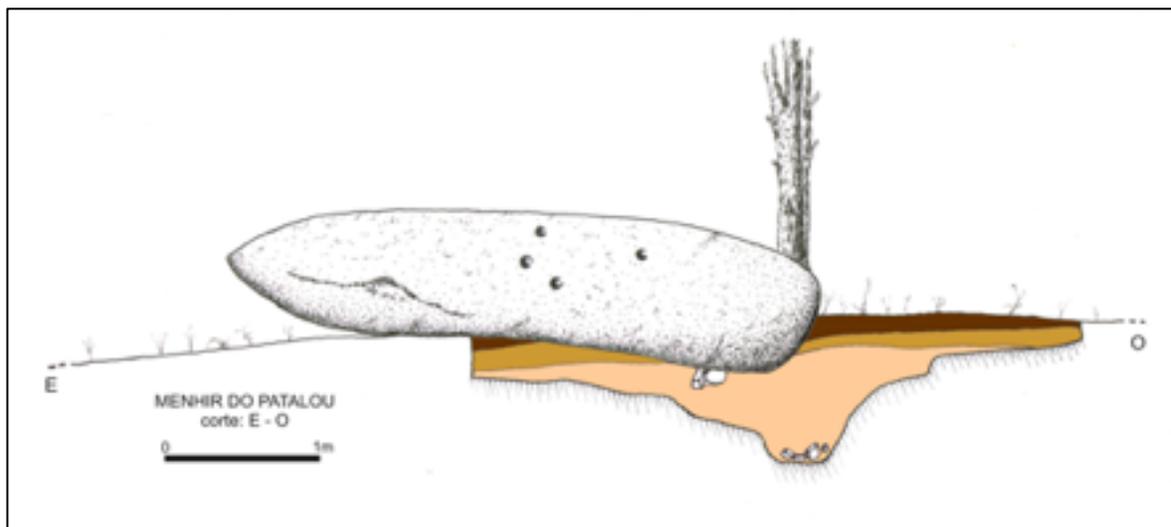


Figura 6.15. - Corte E-O. Localização do alvéolo

6.2. Síntese tectonoestratográfica do Alentejo Central

Os concelhos de Arraiolos e Mora pertencem ao Distrito de Évora, onde se encontram os outros dois sítios arqueológicos, o Menir da Caeira (Vimieiro, Arraiolos) e o povoado de Santa Cruz 13 (Brotas, Mora). Apesar de se encontrarem na mesma região, a geomorfologia difere entre as duas áreas em análise.

A) Zona de Brotas/Mora (sgd. Zbyszewski e Carvalhosa, 1980). Apresenta solos caracterizados pela existência de três composições. Em primeiro lugar temos os solos podzois não hidromórficos com surraipa, de materiais arenáceos pouco consolidados. Em segundo, temos os solos caracterizados por serem mediterrânicos pardos com dioritos ou com quartzo dioritos porfíricos, ou com rochas microfaneríticas ou com cristalofílicas. Por último, ainda existem os solos constituídos por afloramentos rochosos de granitos ou quartzo dioritos. A zona de Brotas encontra-se próximo do maciço hespérico e da bacia terciária do Tejo. É caracterizada por extensos afloramentos de granitos porfiroides, de grão grosseiro a médio. Estes tipos de afloramentos encontram-se intercalados por afloramentos de pegmatitos.

- Zona de Pavia/Mora (sgd. Zbyszewski e Carvalhosa, 1980):

A zona de Pavia pertence à bacia da Ribeira da Raia tendo dois tipos de formações geológicas, um “substrato antigo cristalino e cristalofílico e uma cobertura sedimentar terciária e quaternária” (ZBYSZEWSKI, G; et. al., p.3). A cobertura terciária encontra-se sobretudo em áreas planas, formando alguns relevos residuais, enquanto o substrato antigo tem uma topografia irregular e cobre 3/4 da região. Ainda existem alguns afloramentos paleozoicos bastante recortados, que atingem cotas altas.

Os terrenos cristalinos dividem-se em duas unidades, sendo a primeira caracterizada por terrenos metamórficos mesozonais, com gnaisses graníticos e com granitos pós-tectónicos. Na segunda unidade, temos terrenos epizonais de idade silúrica, com metassedimentos deformados em duas fases de dobramento.

Nestes terrenos ainda existe um metamorfismo e granitização de idade hercínica com depósitos de formação terciária e quaternária. Os terrenos quaternários são de cobertura constituídos por “depósitos aluviais modernos, compostos por areias, cascalheiras e tufo calcários, intercalados por argilas. O substrato de idade Hercínica é caracterizado por ser um solo silúrico constituído por várias componentes geológicas. Em primeiro, temos as ardósias com filitos subordinadas como xistos argilosos avermelhados violáceos ou acinzentados. Em seguida, temos os filitos e micaxistos subordinados, com intercalações de metavulcanitos, nomeadamente filitos de xistos + quartzitos, xistos + grauvaques e metapelitos. Na estrada do Vimieiro direção Estremoz, os micaxistos fazem parte do conjunto gnaisso – granítico. Nesta zona também existem os calcários cristalinos compostos por mosaicos granoblásticos de calcite, que se formam em afloramentos lenticulares. Por último ainda existem os anfibolitos, em grande afloramento associados a grabos tectonizados e calcários. Em termos de rochas intrusivas existem as filonianas que se dispersam em diversos filões de quartzo, microgranitos calco-alcálicos e microdioritos.

O último conjunto de rochas que podem ser encontradas na zona de Pavia são os granitos calco-alcálicos, que se caracterizam por serem porfiroides de grão grosseiro a médio, com biotítico associado a pegmatitos. Os granitos alcalinos dividem-se em três tipos, os granitos anfibólicos de grão fino, os granitos de duas micas de grão médio a fino e por fim os granitos de duas micas de grão grosseiro. Também existem granitos gnaissicos, de duas micas, e as gnaisses graníticas anfibolíticas que se encontram associadas a leptinitos, a anfibolitos e a calcários. Estas últimas são as mais antigas da região. Os afloramentos podem ser formados por granitos ou por rochas quartzodioríticas (Zbyszewski e Carvalhosa, 1980).

6.2.1. Menir da Caeira

O Menir da Caeira localiza-se na freguesia do Vimieiro, Concelho de Arraiolos, distrito de Évora.

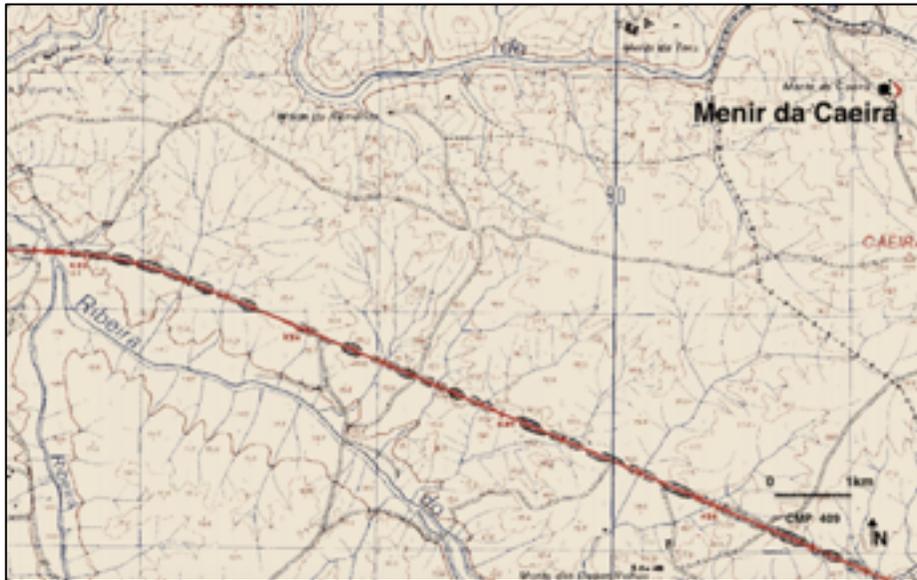


Figura 6.16. - Localização do Menir da Caeira sobre CMP nº 409

Na herdade da Caeira foi identificado, em 1994, (Rocha, 1997), um menir, com cerca de 10 toneladas e 5,10m, tombado, cronologicamente atribuído ao neolítico, que teve três campanhas arqueológicas em 2016, 2017 e 2019. As escavações foram coordenadas por Leonor Rocha, no âmbito de projeto de investigação sobre o Megalitismo Alentejano, com equipas compostas por alunos da Licenciatura de História e Arqueologia e do Mestrado de Arqueologia e Ambiente, da Universidade de Évora.

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”



Figura 6.17. - Menir da Caeira antes de ser escavado



Figura 6.18. - Menir da Caeira durante escavação



Figura 6.19. - Menir da Caeira durante escavação



Figura 6.20. - Decoração do Menir da Caeira (de percepção difícil devido a luz solar)

Durante as escavações de 2017 o menir foi virado revelando decorações na face que se encontrava virada para baixo.



Figura 6.21. - Decoração do Menir da Caeira (de percepção difícil devido a luz solar)

Para além dos elementos decorativos, foram encontrados vários tipos de espólio, nomeadamente lascas de quartzo, fragmentos de cerâmica e vasos inteiros, vidros e moedas que comprovam a sua utilização e reutilização no decurso do Neolítico, Idade do Bronze e Época Romana (Rocha, 2017, 2018).

Nesta Herdade existem ainda oito monumentos megalíticos funerários (antas) intervencionados no início do séc. XX (Correia, 1921) e um povoado (Rocha, 1997), todos datados no neocalcolítico.

6.2.1.1. Aquisição de dados

A aquisição de dados da prospeção geofísica, através da técnica GPR, foi feita em duas campanhas (2017 e 2019) acompanhadas pela professora Leonor Rocha, coordenadora da escavação que se encontrava a decorrer no momento, e com a colaboração do professor Bento Caldeira do departamento de Física da Universidade de Évora, ambos orientadores desta dissertação e apoiadas pelo Rui Oliveira, aluno de doutoramento de geofísica.

O objetivo da prospeção geofísica visa detetar as estruturas arqueológicas em redor do menir, e em especial, verificar em que zona se encontra o alvéolo do menir.

Desde a primeira campanha de escavação foi verificado que ambas as extremidades do menir não tomam a forma comum de um menir, não havendo uma extremidade que se possa claramente considerar ser a da base. Dessa maneira não era possível, inicialmente, determinar qual dos extremos do menir se devia encontrar próximo do alvéolo de acoplamento do menir ao solo.

Durante as duas escavações anteriores não houve indicação de onde o alvéolo se poderia localizar, havendo alguns vestígios de aglomeração de pedras junto da extremidade que se encontra no limite norte da escavação. Estes vestígios formaram a hipótese de que o alvéolo se poderia encontrar deste lado, mas a forma como as pedras se encontram distribuídas e a quantidade destas não parecia adequar-se ao padrão. Por isso não foi possível afirmar ser aquela extremidade a que corresponde à localização do alvéolo.

Para a execução da primeira campanha de prospeção (2017) na estação arqueológica do Monte da Caeira, foi necessário determinar a área a ser estudada. Assim foi definido que seriam prospetadas através da geofísica as seguintes áreas: a) uma parte da superfície que envolve a sondagem de escavação (com uma área de $25 \times 15 \text{m}^2$) e b) uma pequena parte da superfície escavada livre de obstáculos (com uma área de $2 \times 2 \text{m}^2$), sendo que a área ocupada pelo menir não foi prospetada devido a não haver condições físicas para arrastar a antena do GPR

através desta área. Dentro da sondagem de escavação existe uma pequena área de $2 \times 2 \text{m}^2$ que não foi escavada nem prospectada por métodos geofísicos (figura 6.22.).



Figura 6.22.- Localização da área que não foi escavada nem prospectada pela geofísica

Devido à existência de obstáculos, como vestígios arqueológicos e raízes da árvore, no caminho de alguns perfis de GPR definidos, o varrimento desses perfis foi interrompido, parcialmente. Passou-se o GPR nas áreas possíveis, parando-se a aquisição nas zonas de obstáculos e retomada depois destes.

Também se decidiu prospectar uma pequena área dentro da sondagem, do lado sul, por se encontrar na linha do menir e não ter obstáculos que impossibilitassem a passagem do equipamento.

Assim criaram-se duas grelhas a serem analisadas. A área prospectada fora da sondagem de escavação será denominada de Grelha 1 e a área que se encontra dentro da sondagem será a Grelha 2 (Fig. 6.23.).

A grelha 1 foi prospectada segundo perfis rectos paralelos entre si, ao longo do maior comprimento com espaçamentos de 0,5m. Esses perfis foram percorridos pelo equipamento em zig-zag. A grelha 2 foi prospectada segundo a mesma metodologia, porém o espaçamento entre perfis foi de 0.25m.

A grelha 1 tem uma área de 25x15m², sobre a qual foram definidos 39 perfis que foram prospectados com uma antena de GPR de 400MHz. Esta forma de adquirir dados destina-se a fazer um processamento para a produção de um modelo 3D.

Na grelha 2 foi utilizada uma antena de 1.6GHz, onde foram feitos 12 perfis, numa área de 2x2m². Estes perfis dividem-se, sendo que 8 foram feitos no fundo da zona escavada e 4 na parte superior.

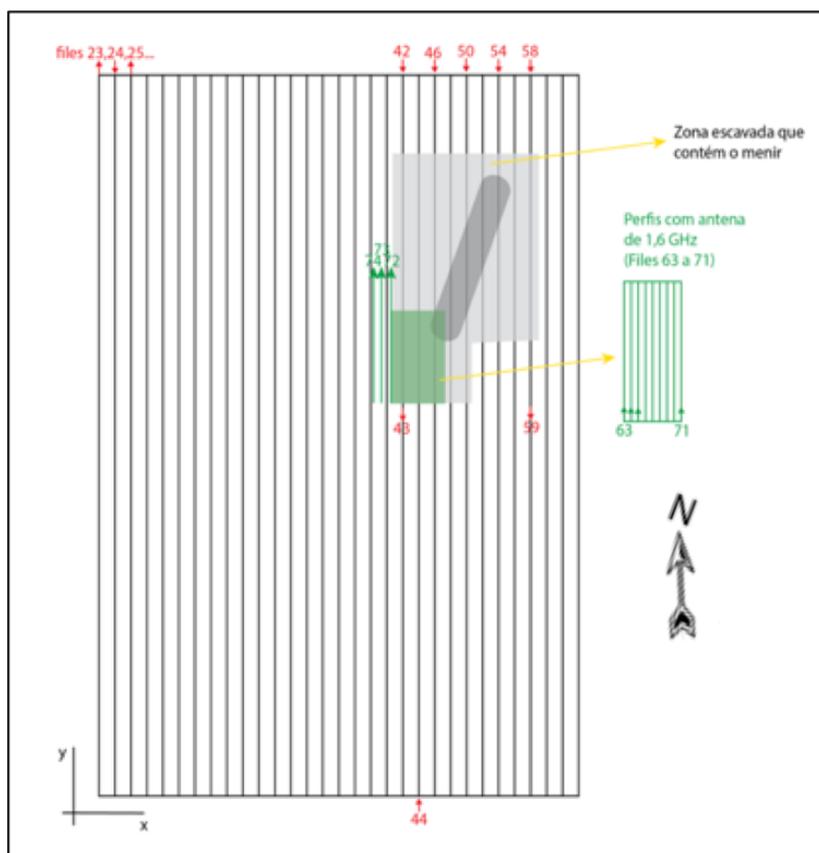


Figura 6.23. – Esquema com indicação dos perfis prospectados junto ao Menir da Caeira (2017)

Depois de processados os dados e analisados os primeiros resultados geofísicos verificou-se a existência de várias anomalias. Como subsistiram algumas dúvidas na interpretação de algumas dessas anomalias decidiu-se pela realização de outra prospeção geofísica (realizada em 2019). Esta teve o objetivo de esclarecer as

dúvidas anteriores através do alargamento das zonas já prospetadas e procedendo a uma densificação de perfis.

Assim, em campo, a campanha incidiu-se na zona fora da área de escavação, com uma área de 25mx10m.

Esta área foi dividida em 3 zonas para se obterem perfis geofísicos. Este definem-se de norte para sul da maneira seguinte: i) malha simples onde os perfis foram realizados em zig-zag com a orientação N-S (6mx10m); ii) malha cruzada onde os perfis foram realizados de forma de zig-zag com orientação N-S e O-E (13mx10m); iii) malha simples onde os perfis foram realizados da mesma forma que a primeira malha simples (6mx10m). Ambas as malhas simples foram delimitadas 1m para lá do limite da área de escavação. Esta descrição da obtenção dos perfis pode ser vista na figura 6.24. Nesta segunda campanha geofísica foram obtidos um total de 42 perfis de GPR.

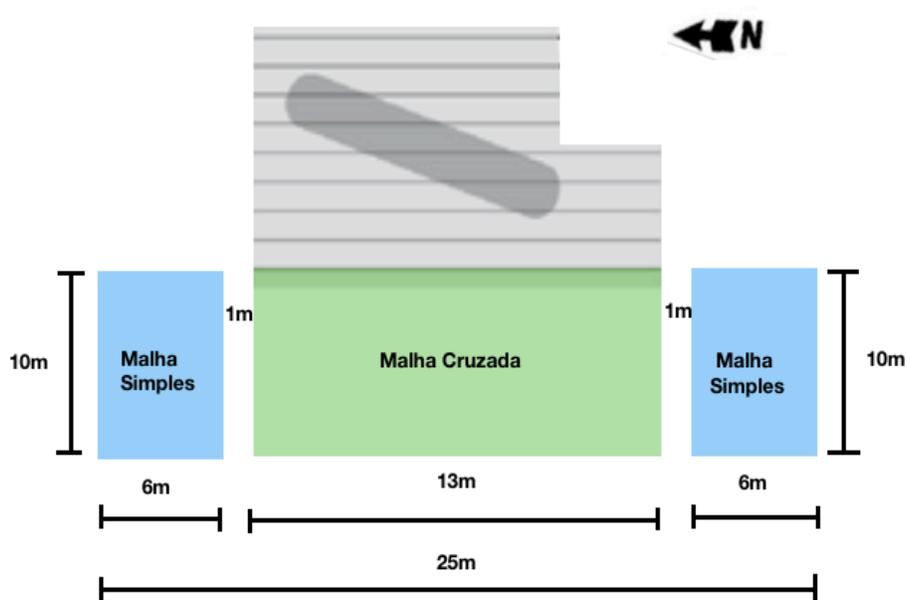


Figura 6.24. - Mapa da prospeção geofísica feita em 2019. Zona cinzenta corresponde a área de escavação onde se encontra o menir. Zona verde corresponde a área prospetada pela geofísica de forma horizontal e vertical. Zonas azuis correspondem as áreas prospetada

6.2.1.2. Resultados e interpretação

Os resultados que irão ser interpretados foram processados com o software RADAN 7.0, mediante uma sequência de operações que envolveu a eliminação da onda aérea, remoção do ruído de fundo, correção do ganho; desconvolução preditiva e migração. Este processamento foi acompanhado pelo professor Bento Caldeira, de forma a gerar imagens em que fosse possível serem identificadas estruturas arqueológicas. Para a interpretação foram analisadas tanto radargramas isolados como as imagens dos cortes feitos sobre o modelo 3D obtido.

Prospeção Geofísica de 2017

As imagens dos radargramas isolados revelaram por um lado uma superfície refletora que corresponde ao soco, interface entre ao solo e a rocha mãe (Fig. 6.25), e por outro lado vários refletores espalhados ao longo da área prospectada entre a superfície e o soco, sinal de que no solo prospectado existem objetos de natureza diferente do próprio solo. Embora se possam estimar as dimensões destes refletores isolados, no conjunto da interpretação dos radiogramas não é possível relacionar claramente esses refletores com qualquer tipo de estrutura arqueológica específica. Esse facto deve-se a não existirem alinhamentos definidos por sequências de anomalias em perfis adjacentes. A Fig. 6.25 ilustra um dos perfis da Grelha 1, obtido a menos de 1m da zona de escavação feita antes da prospeção geofísica (Fig 6.24). Uma análise mais pormenorizada desse perfil permite, por exemplo associar as hipérbolas de reflexão bem definidas a objetos isolados introduzidos no solo com dimensões superiores a 30cm. Isto porque, sabendo-se que o comprimento de onda desta antena rondará os 20cm, estas ondas só podem ser refletidas por objetos cuja dimensão seja superior aquele comprimento de onda, digamos, superiores a 30cm.

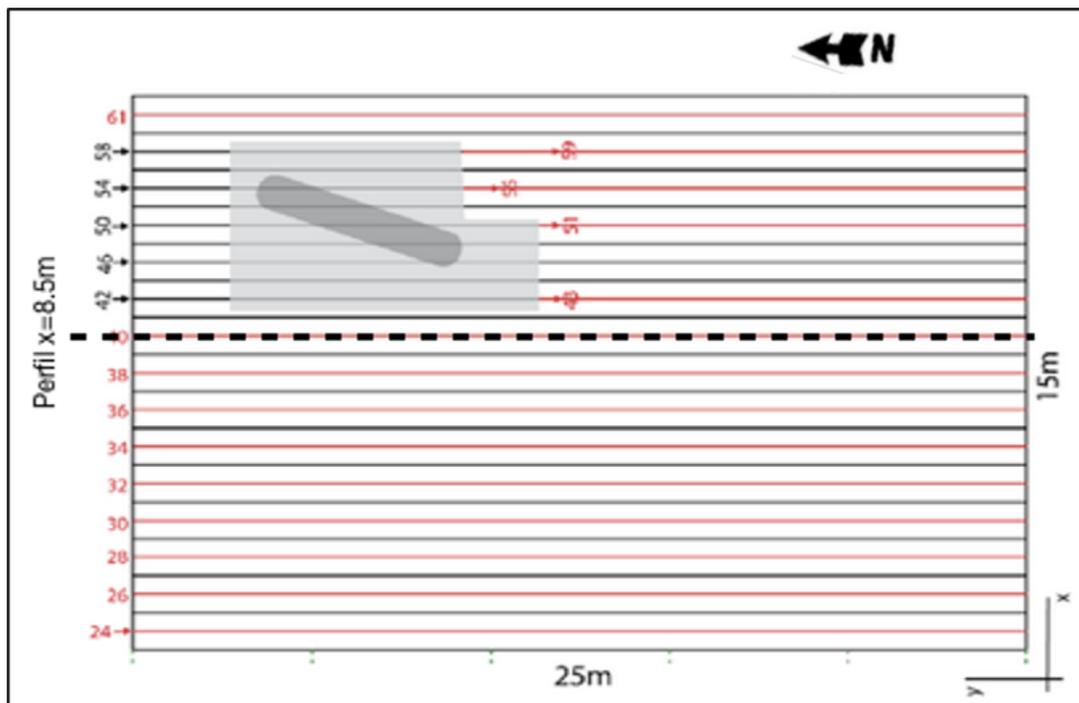


Figura 6.25. - Mapa da área prospectada em 2017 com a antena de GPR de 400MHz, para cálculo do modelo 3D do subsolo. A área já escavada no dia da prospeção está representada pelo polígono cinzento. Sobre essa área não foram efetuadas leituras com a antena 400 MHz.

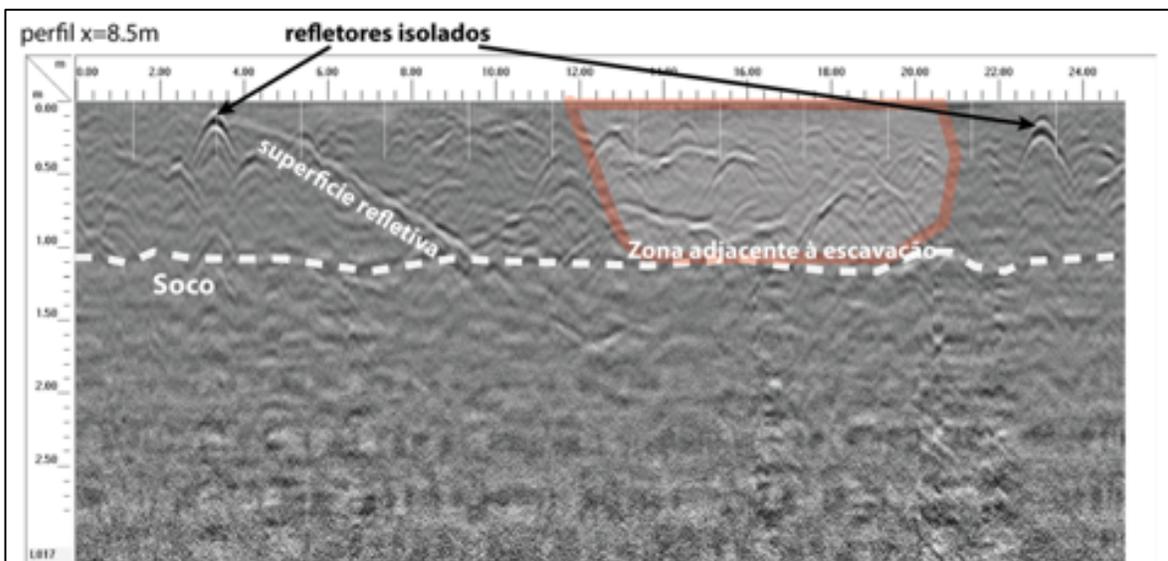


Figura 6.26. - Radargrama do perfil x=8.5m da grelha 1, identificado na Fig. 6.24, onde estão assinaladas algumas anomalias descritas no texto com mais pormenor.

Outro aspeto bem notório neste radargrama é a existência de alinhamentos bem definidos, uns oblíquos outros horizontais. Quer num caso quer noutra, esses alinhamentos são produzidos na superfície de separação entre materiais de diferente natureza. A superfície refletora oblíqua assinalada na figura 6.25, provavelmente corresponde a uma formação geológica que se desenvolve no meio. Já a superfície refletora horizontal assinalada pela linha tracejada define a interface entre o solo e a rocha mãe. A zona adjacente à linha de escavação arqueológica, representada por uma mancha mais clara com contorno vermelho, apresenta uma diversidade de refletores muito próximos, por vezes parecendo formar curvas contínuas. Este tipo de perturbação leva a concluir tratar-se de uma zona onde existe um acumulado de objetos com dimensão capaz de refletir as ondas eletromagnéticas produzidas pela antena utilizada, isto é, objetos com dimensão superior a ~30 cm. No contexto e localização em questão poderá tratar-se de acumulação de pedras ou então raízes de árvores, ou as duas hipóteses. À primeira vista, assumindo que este amontoado de refletores é produzido por uma acumulação de pedras naquele local, pode fazer-nos suspeitar serem pedras associadas ao sistema de sustentação do alvéolo. Quanto a depressões na base do soco, este perfil não revela qualquer evidência.

Grelha 1

A figura 6.27 representa 12 cortes horizontais feitos no modelo 3D calculado com os dados do conjunto de perfis obtidos com a antena de 400MHz (Grelha 1). São cortes que representam o modelo entre a superfície e a profundidade de 1.2m, espaçados de 10cm. O nível de cor representa a amplitude de reflexão. Os valores mais elevados significam a presença de materiais que possuem maior contraste de constante dielétrica com o substrato. Da observação da generalidade dos cortes horizontais destacam-se três subáreas anómalas, assinaladas no corte H=50cm, pelas letras A, B e C. São portanto áreas onde se deteta uma maior abundância de materiais de natureza dielétrica diferente do solo: a área A com uma geometria

circular com cerca de 10m de diâmetro e que se desenvolve praticamente da superfície até ao soco; a área B, junto á zona escavada, que começa a notar-se a partir dos 30cm de profundidade, alargando em profundidade na direção da caixa de escavação, que alinha mais ou menos com a orientação longitudinal do menor no solo; a área C, situada cerca de 15m a norte da área A, apresenta um alinhamento na direção do semi-eixo maior da elipse que assinala esta anomalia.

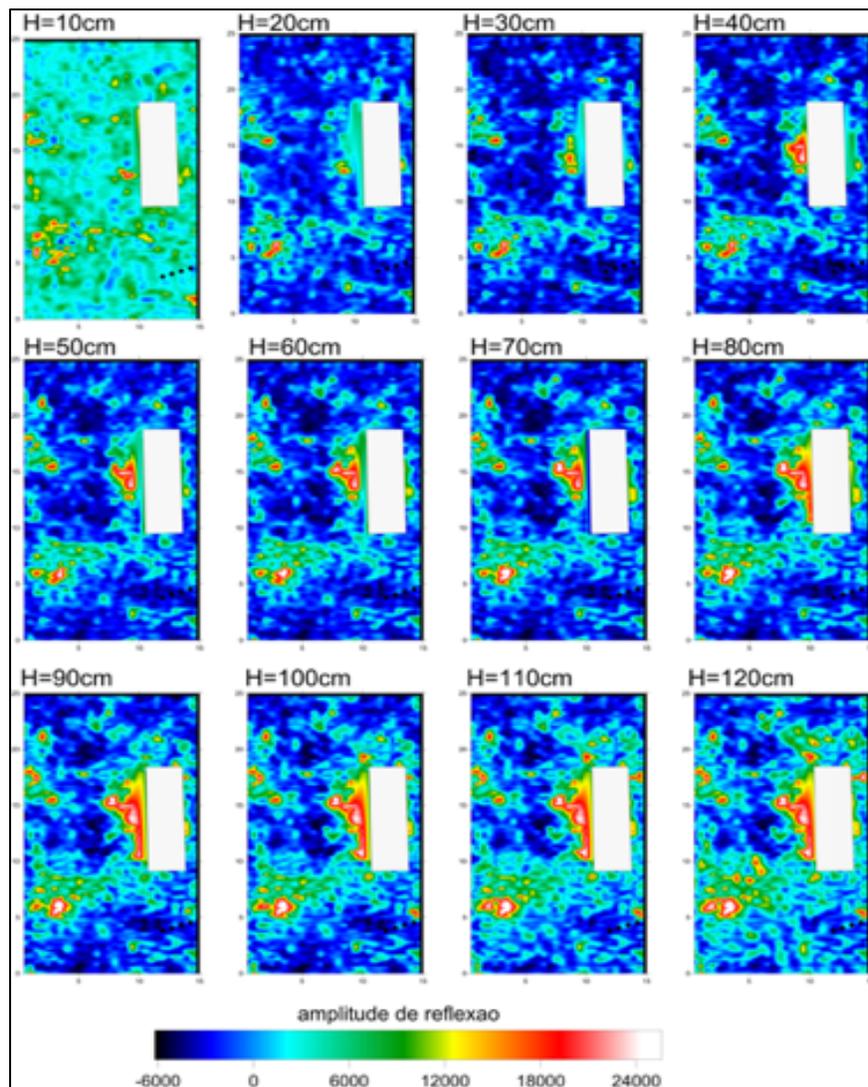


Figura 6.27. - Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado a com os dados dos perfis representados na figura 6.23.

Grelha 2

Na grelha 2 foi utilizada uma antena de 1.6GHz, onde foram feitos 12 perfis, numa área de 2x1.4m² (figura 6.28). Estes perfis dividem-se, sendo que 9 foram feitos no fundo da zona escavada e 3 na parte superior. A análise geofísica com estes dados incide nos 9 perfis prospetados dentro da área escavada, a partir dos quais se montou uma malha para processamento 3D cujos resultados se apresentarão mais à frente.

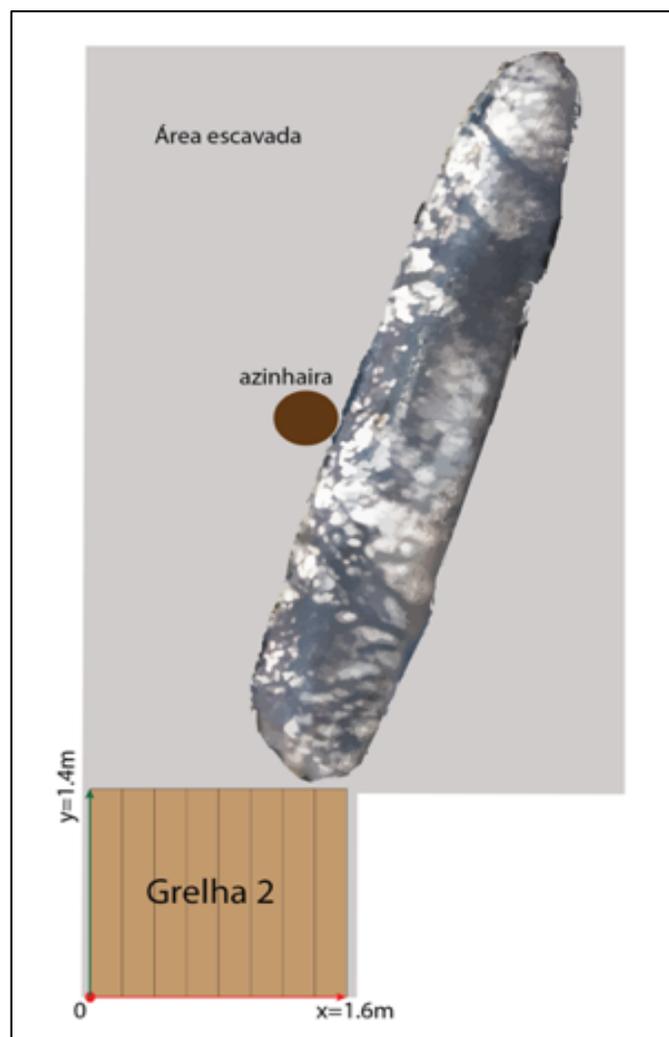


Figura 6.28. - Figura que representa a posição do menir da Caeira com a localização da área ocupada pela Grelha 2, com representação da direção dos perfis.

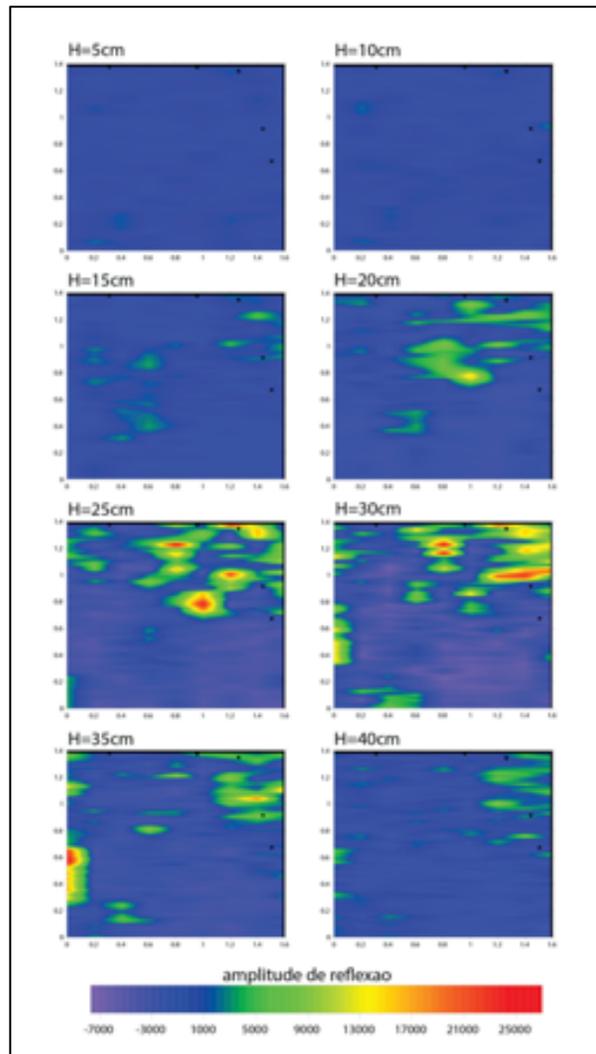


Figura 6.29. - Cortes do modelo 3D entre 5cm e 40cm de profundidade.

Na figura 6.29 podemos observar 8 cortes retirados do modelo 3D entre os 5cm e os 40cm de profundidade. Nestas imagens podemos verificar que entre os 5cm e dos 20cm não existe nada de significativo. No corte de 20cm os refletos que aparecem podem se tratar de pequenas pedras e espólio arqueológico. No corte de 25cm e de 30cm existe uma maior abundância de refletos (tomam a cor verde, amarela e vermelha), destacando a sua disposição espacial. Estes materiais tomam uma forma circular com um espaço negativo no centro, que se encontra representado na figura 6.30. Esta disposição é compatível com a de um alvéolo, um

conjunto de pedras dispostas em forma circular, com espaço do meio para colocar o menir, com o propósito do suporte do mesmo.

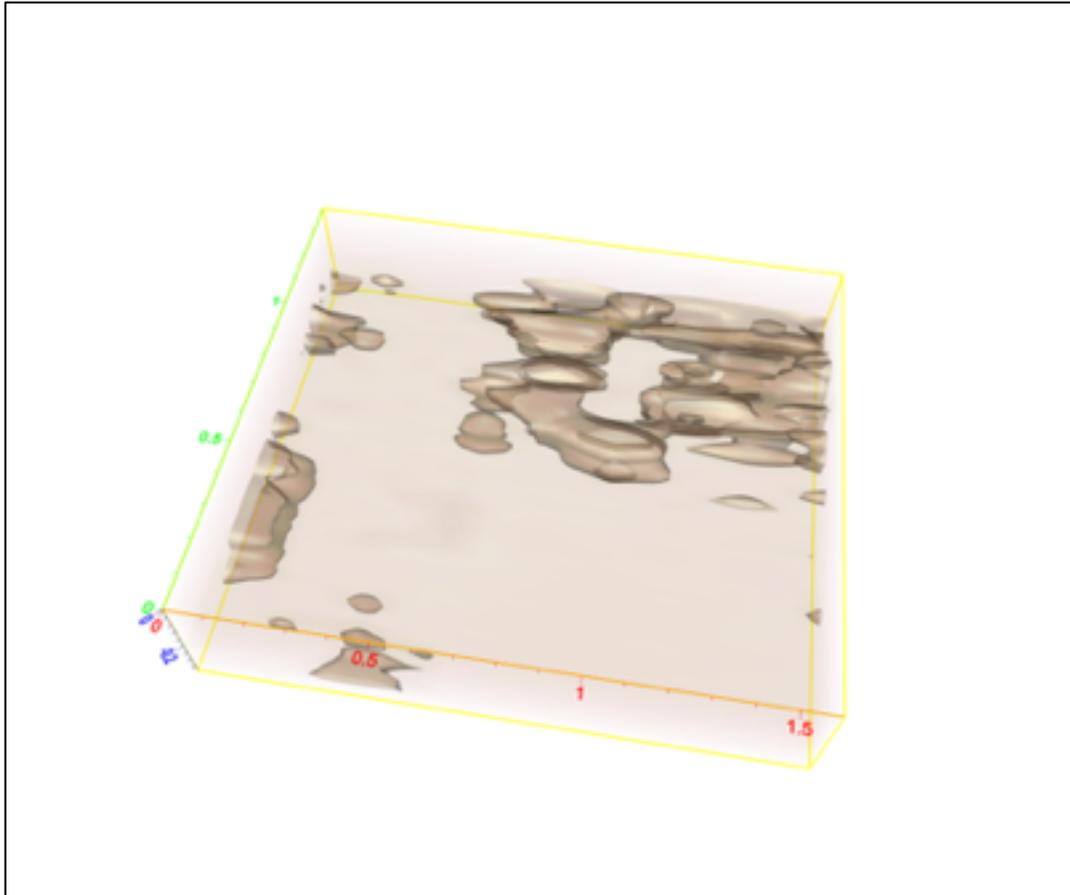


Figura 6.30. - Representação do modelo 3D onde são visíveis as zonas de maiores amplitudes de reflexão e tornadas transparentes as zonas de menores amplitudes. Mostra a distribuição espacial dos maiores refletores. Aqui pode-se observar a disposição circular com o espaço circular no meio.

Após a prospeção geofísica de 2017 foi realizada outra campanha de escavações, com alargamento para o lado oeste com o propósito de sondar as anomalias da área B detetadas na prospeção geofísica. Durante a escavação dessa zona foi verificado um conjunto grande de pedras que se dispõem de uma forma mais ou menos organizada segundo a linha de direção do menir. Ao analisarmos a direção e disposição destas pedras em conjunto com os resultados geofísicos apresentados

no parágrafo e nas imagens anteriores, podemos concluir que fazem parte da estrutura do alvéolo. Também alinham com essas pedras um aglomerado de raízes da azinheira que se encontra ao lado do menir. A figura 6.31 mostra representa a referida situação.



Figura 6.31. - Fotografia pós escavação, onde se podem observar o alinhamento de raízes e pedras que podem ter servido de suporte à sustentação do menir, no alvéolo.

O resto dos refletores captados pelo GPR que se encontram ao longo da linha de escavação mais perto da superfície, reportavam-se a anomalias provocadas pela presença do espólio arqueológico, como cerâmicas e moedas romanas.

Foi também nesta escavação que se concretizou outro dos objetivos dos trabalhos: virar o menir. Esta operação permitiu verificar que o menir se encontra decorado com uma figura que simboliza o sol. Esta decoração começa na zona Norte do menir. Esta observação veio confirmar a ideia sugerida pela geofísica ao revelar um

conjunto de materiais que podiam corresponder à sustentação do menir, na extremidade oposta. Desta forma tudo leva a crer que o alvéolo de sustentação do menir se encontra do extremo sul.

Prospecção Geofísica de 2019

A análise geofísica dos resultados obtidos nesta segunda prospeção feita com base na observação e interpretação da sequência de cortes horizontais no modelo 3D, representados na Figura 6.32 revela a existência de uma superfície curva rampada que se desenvolve em profundidade a partir da superfície até cerca de 80 cm de profundidade. As linhas tracejadas brancas assinalam essa superfície nas várias profundidades.

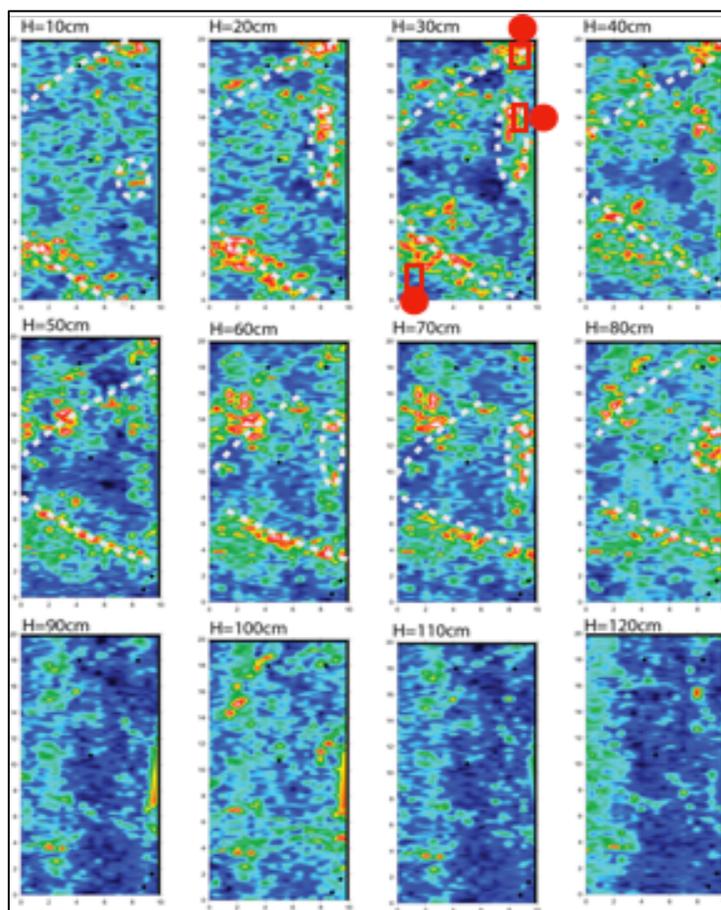


Figura 6.32. - Cortes horizontais no modelo 3D de GPR calculado a com os dados da prospeção de 2019.

No corte H=80cm nota-se um refletor forte na zona que parece ser o centro dessa superfície, marcada com uma elipse branca tracejada. A geometria e a posição dessa zona parecem ser compatíveis com a posição do alvéolo do menir.

Para confirmar a natureza de alguns dos refletores revelados por esta prospeção geofísica decidiu-se sondá-los através de escavação. A escolha recaiu sobre os três pontos assinalados no corte H=30cm da figura 6.32: um no lado Este, junto ao limite Oeste da área de escavação (C); outro no canto Noroeste, junto ao limite da área de escavação (B); e o terceiro no canto sudoeste da área geral de prospeção (A).

A zona A, embora seja uma das que revela maior incidência de anomalias, do ponto de vista arqueológico parece ser a que apresenta menor probabilidade de conter algum tipo de espólio ou estrutura arqueológica, devido a se encontrar demasiado longe da estrutura arqueológica já encontrada. Coloca-se a hipótese daquela anomalia se tratar de algum contraste de origem geológica ou então uma assinatura dada por raízes da azinheira, que se encontra perto da área.

A zona B é a que causa mais dúvidas pois encontra-se do lado oposto dos vestígios do alvéolo, desenvolvendo-se duas hipóteses. A primeira é a possibilidade de existirem vestígios arqueológicos devido a encontrar-se a 1m do limite da escavação. A segunda hipótese é de simplesmente se tratar de estrato geológico.

A zona C é a que se encontra diretamente conectada com a zona já escavada, gerando duas possibilidades. Em primeiro lugar poderá ser a continuação dos materiais de suporte do menir, no alvéolo, pois encontram-se no limite onde os primeiros indícios do alvéolo foram encontrados.

Apesar destes vestígios se encontrarem perto da zona identificada como sendo a do alvéolo, também pode ter acontecido que algumas pedras podem ter sido deslocadas do lugar onde inicialmente se encontravam, atingindo esta zona. A segunda hipótese que se pode colocar é as anomalias registadas serem devidas à assinatura das raízes da árvore que se encontra junto ao menir.

Como se pode verificar existem dúvidas em relação às anomalias que se encontram nos três locais de incidência que foram descritos anteriormente.

A escavação dessas três zonas realizou-se durante a primeira semana de Agosto de 2019, dois meses depois da última prospeção geofísica.

Os trabalhos arqueológicos incidiram nas três zonas indicadas anteriormente, sendo que:

- zona C corresponde a sondagem 1, aberta com um limite de 2x15m;
- zona B corresponde a sondagem 2, aberta com um limite de 2x1m;
- zona A corresponde a sondagem 3, aberta com um limite de 2x1m.

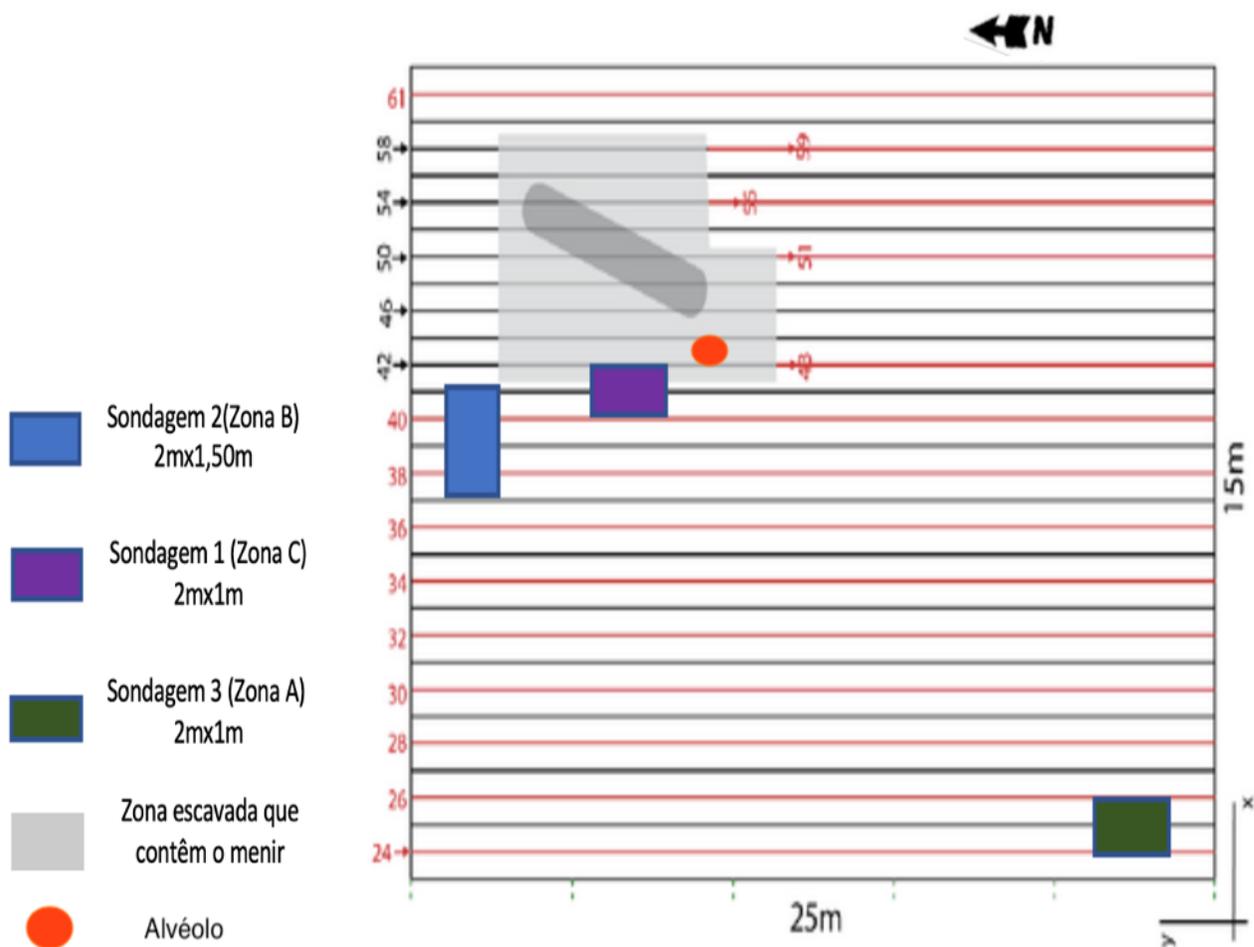


Figura 6.33.- Mapa de Sondagens escavadas durante dos trabalhos arqueológicos de 2019

Sondagem 1 (zona C)

Realizada junto ao limite da área intervencionada, foi onde de se encontrou uma maior variedade de vestígios. Na E1 foram encontradas 3 pedras junto as raízes da azinheira, pertencentes ao alvéolo. Ao chegar ao afloramento, que se inicia entre os 25cm e os 30cm, percebe-se que este de encontra desnivelado, afundando em duas zonas. Este desnível varia entre os 17cm e os 38cm. Por fim foram encontradas cerâmica proto-histórica, nomeadamente fragmentos de taças carenadas e cerâmica romana.



Figura 6.34. - Sondagem 1 antes da escavação (UE0)

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”



Figura 6.35. - Sondagem 1 durante escavação (UE0)



Figura 6.36. - Sondagem 1 depois de escavação (UE1)

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”



Figura 6.37. – Pormenor das pedras encontradas junto a azinheira

Sondagem 2 (zona B)

Aqui não foram encontrados vestígios arqueológicos. Na UE1 o geológico começa a aparecer logo a cerca de 30cm, a cor muda de amarelado para alaranjado e de areado para torrões. O geológico encontra-se bastante uniforme. Foi definido que as anomalias registadas na geofísica se tratam de bioturbações.



Figura 6.38. - Sondagem 2 antes da escavação (UE0)



Figura 6.39.- Sondagem 2 durante escavação (UE0)

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”



Figura 6.40. - Sondagem 2 final da escavação (UE1)



Figura 6.41. - Sondagem 2 final da escavação (UE1)

Sondagem 3 (zona A)

Aqui também não foram encontrados vestígios arqueológicos, à parte de um fragmento de cerâmica romana, não se tornando por isso significativa. A terra é compacta, e as anomalias também se devem a bioturbações.



Figura 6.42. - Sondagem 3 antes da escavação (UE0)



Figura 6.43. - Sondagem 3 final da escavação (UE1)

6.2.2. Santa Cruz 13

O povoado calcolítico de Santa Cruz 13 foi identificado em 2002 (Rocha, 2005). Desde 2016 que se encontra a ser intervencionado por Leonor Rocha acompanhado por equipas de alunos da Universidade de Évora. (Rocha, 2017).

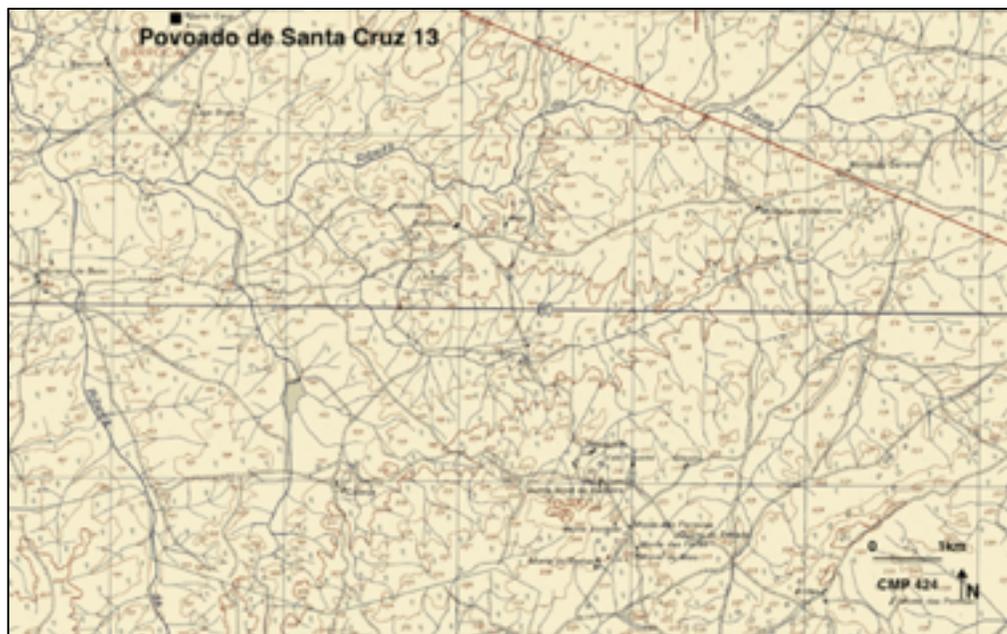


Figura 6.44. - Localização do Povoado de Santa Cruz 13 sobre CMP nº 424

Em redor do local, num raio de cerca de 5 km, existem sepulturas megalíticas de várias tipologias, desde as mais pequenas até aos grandes dólmenes com corredor. A maior parte foi intervencionada por Manuel Heleno nos anos de 1934, 1937 e 1938. (Rocha, 2005)

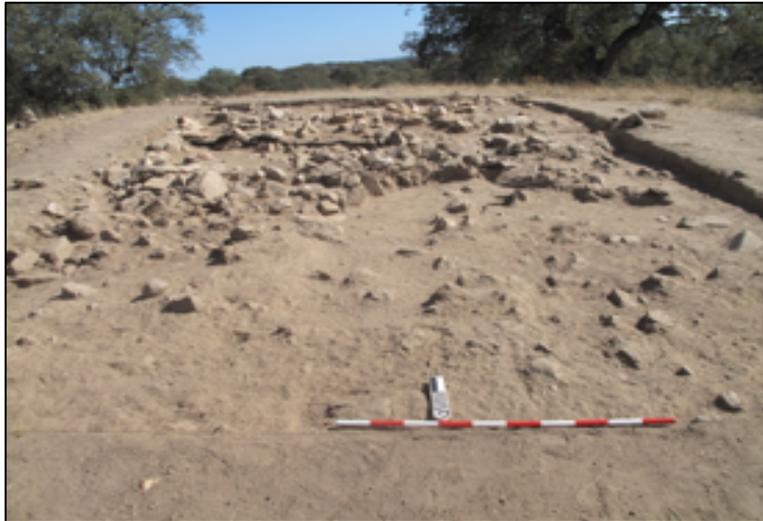


Figura 6.45. - Santa Cruz durante escavações

6.2.2.1. Aquisição de dados

A aquisição dos dados da prospeção geofísica feita no local de Santa Cruz 13 (Brotas) foi realizada no dia 13 de Junho de 2017. Foi coordenada pelo professor Bento Caldeira do departamento de Física da Universidade de Évora, apoiado pelo Rui Oliveira, aluno de doutoramento de Geofísica. Esta campanha foi acompanhada pela professora Leonor Rocha, coordenadora da escavação, e pelos seus alunos do mestrado de Arqueologia e Ambiente da Universidade de Évora.

O objetivo desta prospeção geofísica visava a deteção/compreender estruturas de cariz arqueológico que possam pertencer ao povoado de cronologia calcolítica. A juntar a este objetivo também se pretende perceber qual a distribuição espacial das estruturas no subsolo.

Assim foi aplicado o método de GPR, com o equipamento de marca GSSI, modelo Sir-3000, usando uma antena de 400 MHz de frequência. Começou-se por definir uma área de 21m de comprimento por 9m de largura, anexa às áreas de escavação já existentes no local, como pode ser observado no esquema representado na figura 6.46. Nesta área foram estabelecidos perfis paralelos em forma retilínea, com uma separação de 0,5m, para se poder elaborar um processamento 3D.

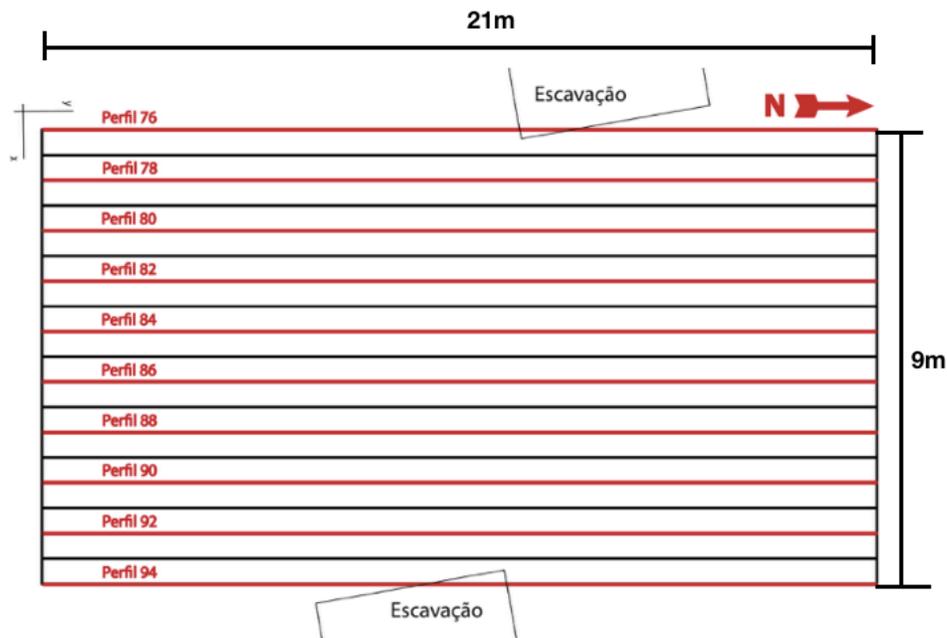


Figura 6.46. - Esquema de distribuição dos perfis de GPR na área prospectada.

Durante a realização do levantamento dos perfis, a trajetória do georradar sofreu alguns desvios devido a vários obstáculos distribuídos na superfície, como pedras, raízes, etc. Esses desvios resultam nalgumas perturbações nos perfis.



Figura 6.47. - Exemplo dos obstáculos encontrados durante a prospeção geofísica

No total foram registados 19 perfis geofísicos. Os radargramas registados nesses perfis foram primeiramente processados mediante uma sequência de operações que envolveu a eliminação da onda aérea, remoção do ruído de fundo; correção do ganho; desconvolução preditiva e migração. Posteriormente, os radargramas processados foram organizados e interpolados de modo a obter-se o modelo 3D que irá ser analisado.

6.2.2.2. Resultados e Interpretação

A Figura 6.48 representa o radargrama do perfil 84 processado, onde foram assinalados alguns elementos interpretados. Uma primeira análise permite constatar vários refletores dispersos assinalados por setas brancas e uma zona extensa bastante perturbada, com cerca de 4 m (circunscrita a tracejado). Estes refletores apresentam-se de tamanho reduzido (entre os 20cm e os 80cm), tendo propriedades físicas diferentes em relação ao solo que os envolve. Podemos interpretar que estes objetos se tratam de pedras, não podendo dar certezas da sua origem. Ou seja, tanto podem ser pedras de origem natural ou de origem antropogénica. Outra hipótese é de se tratar de bioturbações, como raízes de árvores, pois este sítio arqueológico encontra-se rodeado de árvores, arbustos e plantas.

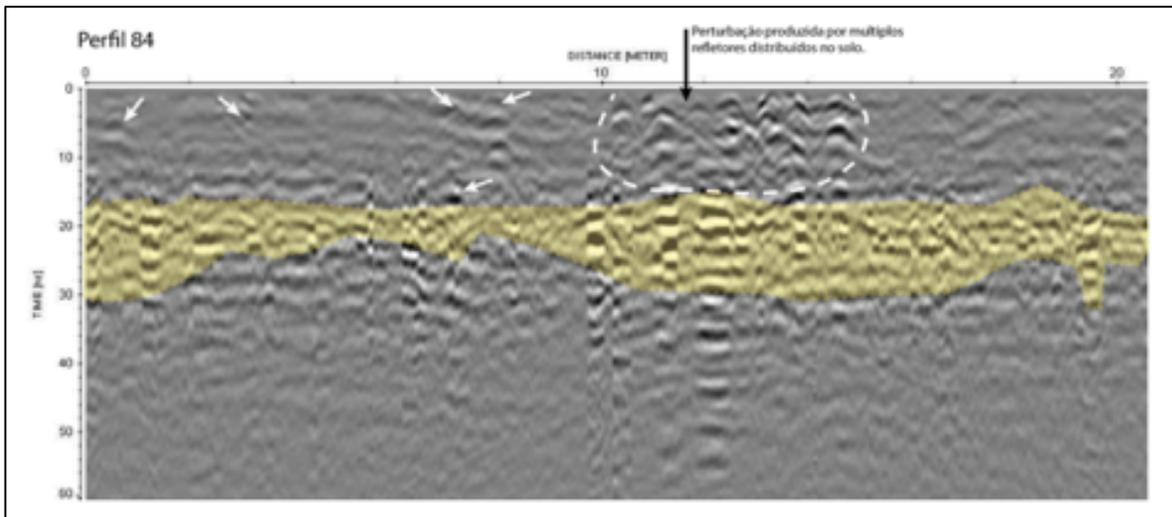


Figura 6.48. - Radargrama do perfil 84 onde se encontram vários refletores dispersos (assinalados com o tracejado branco). A mancha amarela representa a zona afetada por altas amplitudes.

A faixa amarela marcada em toda a extensão do radargrama está afetada por reflexões de elevada amplitude, correspondente a uma zona de descontinuidade entre meios de propriedades dielétricas diferentes. Tendo em consideração que é uma faixa comum nos outros radargramas, cremos tratar-se de uma zona que marca a transição entre o solo e o soco.

Ao analisarmos os restantes perfis (por exemplo os das Figuras 6.49, 6.50 ou 6.51) apercebemo-nos da existência de uma faixa refletiva entre os 20 ns e os 30 ns (que corresponderá a uma profundidade entre ~0,8 m e ~1 m), que interpretamos ser produzida na interface solo-rocha matriz. O facto da fase da onda que define esta superfície apresentar cortes frequentes (não se apresentar como uma curva contínua) sugere uma superfície de separação cheia de descontinuidades, talvez produzidas por rocha alterada ou pela deposição de materiais grosseiros.

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo Central: 3 casos de estudo”

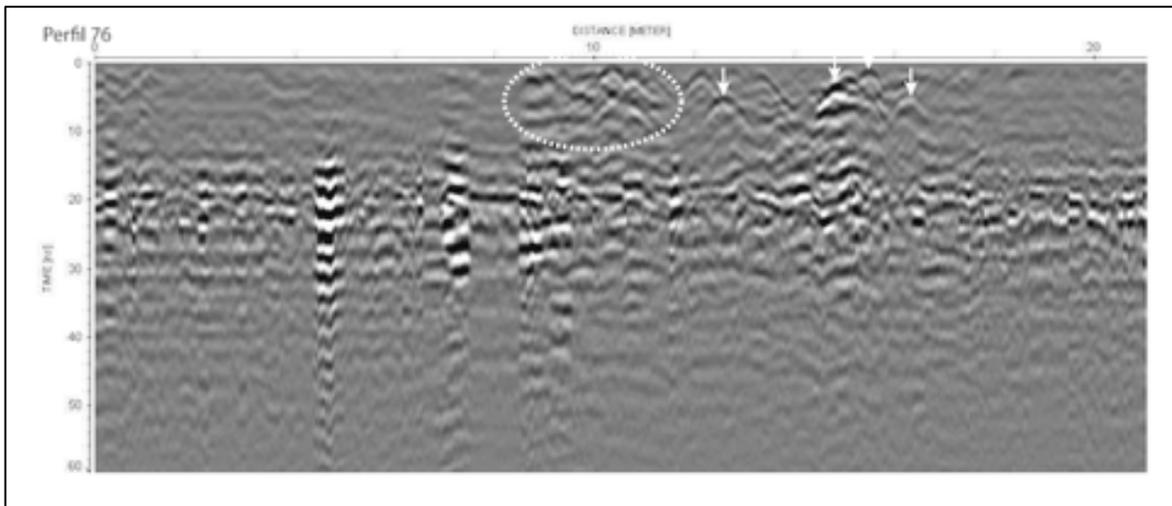


Figura 6.49. - Radargrama do perfil 76. Circunscrito a branco encontram-se destacados os refletores a serem analisados.

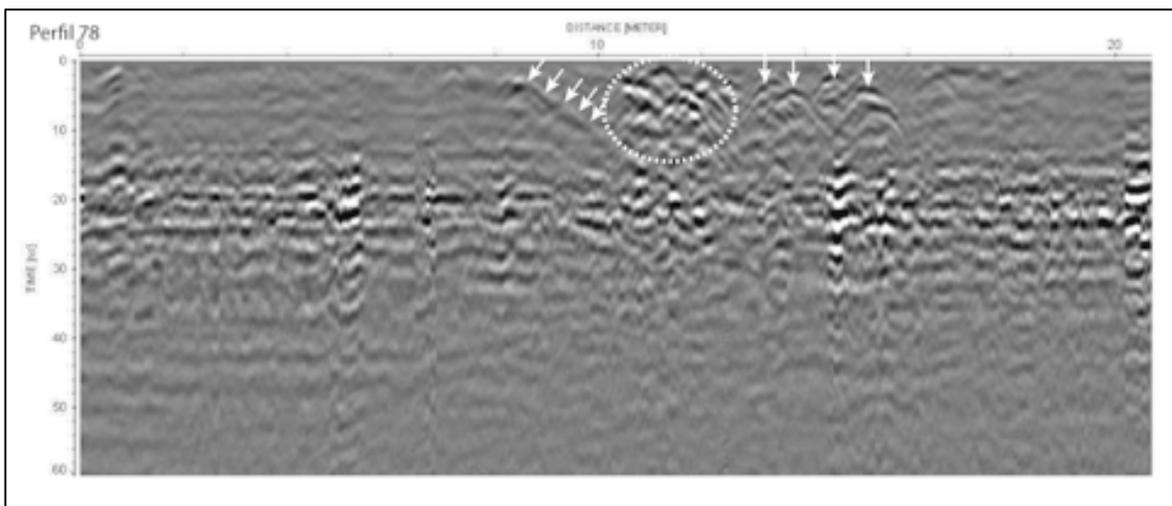


Figura 6.50. - Radargrama do perfil 78. O tracejado e as setas brancas destacam os refletores a serem analisados.

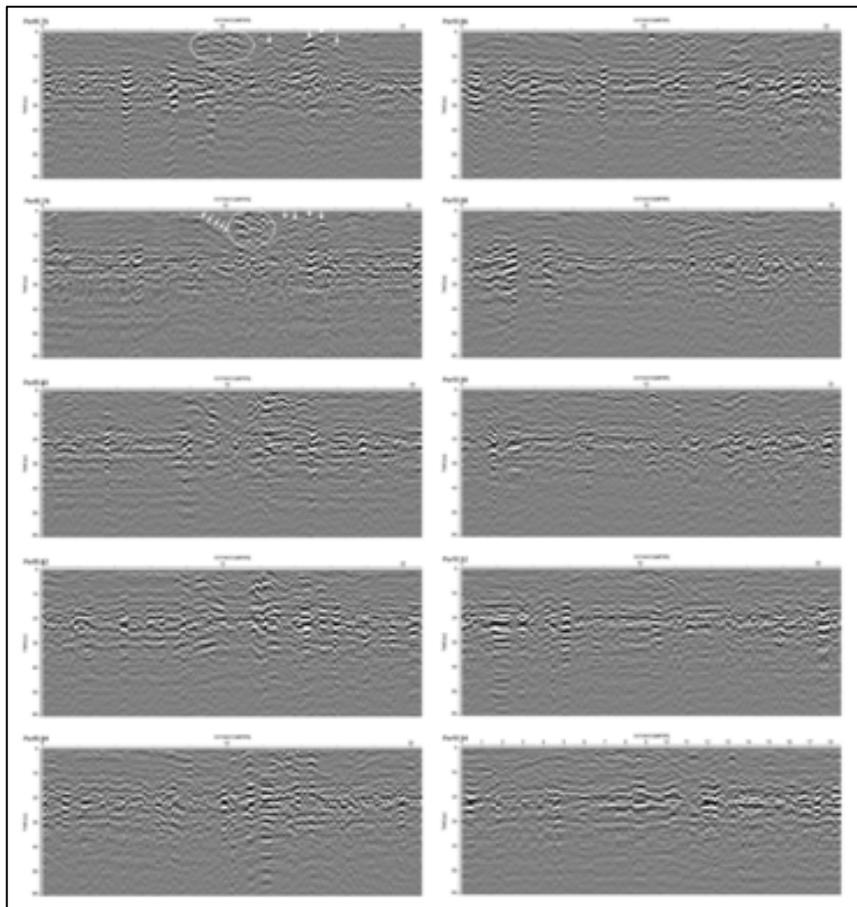


Figura 6.51 - Radargramas relativos aos 14 perfis, incluindo os perfis 76 e 78 representados nas duas figuras anteriores.

O padrão definido nesta faixa faz lembrar o produzido por superfícies preenchidas por materiais de derrube. Acima desta faixa e até à superfície, notam-se vários refletores dispersos e alguns planos refletores, que provavelmente terão origem antropogénica. Atendendo a que este local é caracterizado diferentes tipos de estruturas características de um povoado calcolítico, onde já se encontraram vestígios de estruturas durante escavações anteriores, esses refletores serão produzidos por materiais que compõem essas estruturas ou de derrubes de muros como os que foram encontrados noutros locais da mesma cronologia e em sítios arqueológicos romanos.

A figura 6.52 representa quatro cortes horizontais retirados do modelo 3D que foi produzido a partir dos perfis analisados anteriormente. Cada um desses cortes integram as anomalias em 20cm de espessura em várias profundidades: 0m-0,2m; 0,2m-0,4m; 0,4m-0,6m; 0,6-0,8m. A cor cinzenta representa a amplitude de reflexão, quanto mais escuro ou claro, maior será a reflexão. Assim é possível confirmar a existência de certas estruturas, sendo possível perceber a sua disposição.

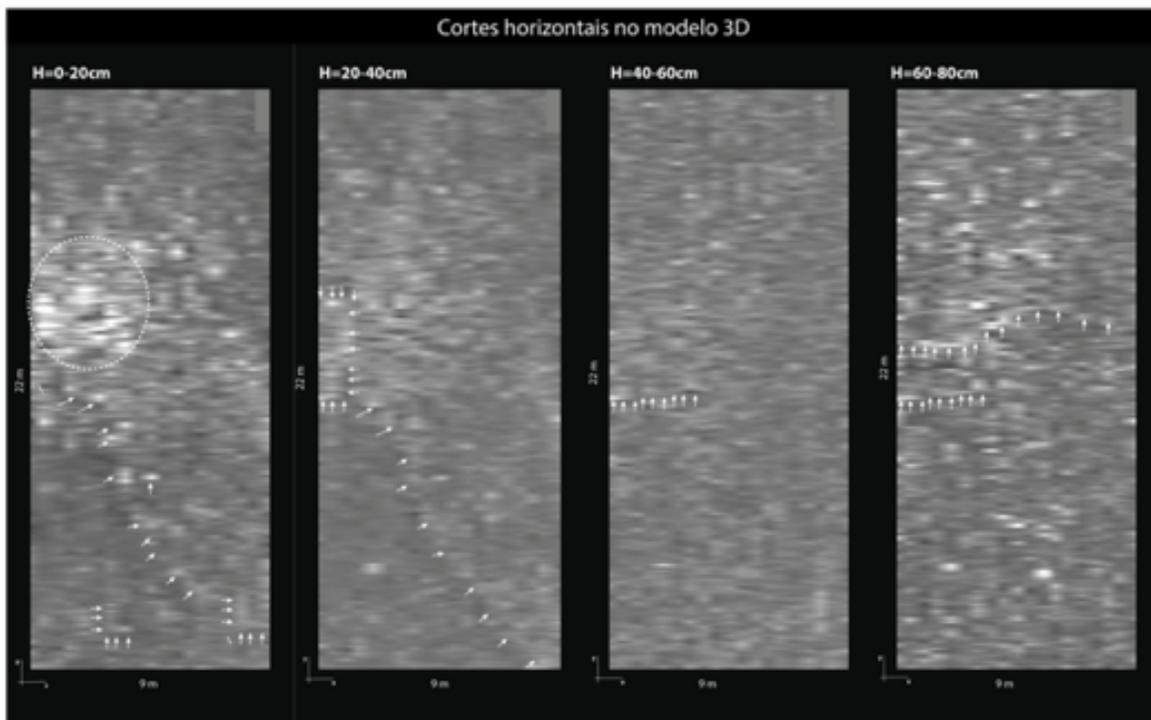


Figura 6.52. - Cortes horizontais retirados do modelo 3D. Representadas as profundidades entre 0m e 0,8m.

No corte 0-0,2m destacam-se refletores fortes, mas devido a se encontrar muito perto da superfície pode-se assumir que são pedras que se encontram na superfície. Para além destes refletores, numa zona mais profunda, podemos ver um alinhamento de refletores (representado através de setas brancas). Nos cortes 0,2m-0,4m e 0,4m -0,6m existem vários refletores dispersos, mas dou destaque a um alinhamento que foi marcado com setas brancas. No último corte também pode ser observado um alinhamento, também destacado por meio de setas brancas.

Dou destaque ao corte 0,2m-0,4m, onde o alinhamento dos refletores aparenta seguir a direção dos muros da escavação adjacente a prospeção geofísica.

Em conclusão os resultados de GPR evidenciam a existência de uma estrutura arqueológica na subsuperfície, chegando até a profundidade de ~80cm. A amplitude indica que se trata de uma estrutura constituída por um material diferente do solo envolvente. O seu alinhamento e a sua irregularidade dão-nos ainda mais certeza de que se trata de um muro, para além da sua direção coincidir com a direção dos muros que já se encontram a descoberto. Tendo isto como certeza é difícil indicar se o muro está derrubado ou se simplesmente é muro mal construído. Estas incertezas vêm do facto de que as imagens do georradar se poderem encontrar contaminadas por vários refletores superficiais, tornando as imagens de difícil interpretação.

Capítulo VII - Discussão dos Resultados

Como foi indicado ao longo desta dissertação, o seu ponto fulcral seria a deteção de estruturas arqueológicas através de métodos geofísicos. Para além deste objetivo foram abertas outras questões, umas antes do início dos trabalhos de campo, outras durante a realização da tese. Questões essas que irão ser discutidas ao longo deste capítulo.

A primeira questão levantada foi qual seria a melhor metodologia geofísica a ser utilizada em campo, para o levantamento de dados. Como já foi indicado no “Capítulo III - Prospecção Geofísica”, cada método geofísico segue certos parâmetros de aplicação, o que se podem adequar melhor ou pior à obtenção de dados, em cada situação concreta. Este parâmetro tem que ser posto em consideração dependendo das características das estruturas que se espera encontrar, do solo e do meio envolvente do local arqueológico a ser prospetado, nomeadamente a superfície, a topografia, a vegetação.... Todos estes fatores influenciam o sucesso da aquisição de dados, tornando esta questão uma das mais importantes num trabalho deste género. Se a metodologia a ser aplicada não for a correta, muita informação pode ser perdida, não tendo uma visão completa e clara do subsolo. Portanto a primeira decisão a ser tomada será a realização de uma análise do substrato e da estratigrafia do local.

Importa tornar a sublinhar as principais diferenças em termos geológicos. A região de Nisa é constituída por cinco tipos de granito: granitos biotíticos-moscovíticos, granito de Carreiras, granito de Alagoa, granito do Carrascal e granito batólito de Nis-Albuquerque que se prolonga até Espanha. Para além desta dispersão de granitos, os solos também são complexos, existindo três tipos de solos.

A zona de Brotas partilha a mesma diversidade de solos, existindo três composições. Nomeadamente os solos não hidromórficos com surraipa, os solos mediterrânicos pardos e os solos compostos por granitos ou quartzos dioritos. Estes últimos solos compõe o extenso afloramento granítico que caracteriza esta zona do Alentejo.

Pavia/Vimieiro é a zona mais complexa a nível geológico, tendo vários tipos de granitos, quartzos e calcários. Esta zona é caracterizada por ter diferentes tipos de gnaisses e granitos, para além de existir variabilidade em termos de solos, com manchas residuais de terrenos arenosos.

Já tendo resultados favoráveis do Menir do Patalou, onde foi aplicado o método do Ground Penetrating Radar, a decisão de aplicar o mesmo método nos outros dois casos de estudo foi tomada tendo em consideração esse sucesso. Isto deve-se ao facto de os três locais pertencerem ao mesmo período cronológico e de que dois dos locais, o Menir do Patalou e o Menir da Caeira, poderem apresentar estruturas da mesma tipologia. Estes dois locais partilharam o mesmo objetivo, encontrar o alvéolo do menir. Assim já se sabia que a obtenção de bons resultados, utilizando o georradar, seria favorável.

O Povoado de Santa Cruz 13 trouxe outro tipo de complexidades. Aqui os trabalhos visavam identificar vestígios de muros (ou outras estruturas), sendo outra tipologia de estrutura. Mas este não é um fator decisivo, pois existem trabalhos publicados de locais pertencentes a mesma tipologia, nomeadamente sítios romanos, onde a identificação deste tipo de estruturas foi bem-sucedida. O que trouxe problemas neste povoado foi o estado em que encontra a superfície de prospeção e a distribuição altamente desordenada de refletores nas camadas mais superficiais do solo, que mascaram a deteção de possíveis refletores mais profundos. Como já foi indicado o solo desta região é o mais complexo, sendo bastante duro e cheio de perturbações superficiais. Por outro lado, este sítio arqueológico encontra-se em área rural, com montado apresentando muitas raízes e também muitas pedras (restos de estruturas) à superfície.

Assim, no âmbito desta tese, foi então utilizado o GPR de marca GSSI, modelo Sir-3000, equipado com duas antenas, uma de frequência de 400 MHz e outra de 1,6 GHz (exceto no Povoado de Santa Cruz 13 que só se utilizou uma antena de 400 MHz), nos três casos de estudo.

A forma de cobrir as áreas de prospeção nos três locais seguiu o mesmo procedimento, seguindo perfis paralelos com espaçamento de 50cm, percorridos em zig-zag, esta metodologia foi a escolhida devido a ser a mais adequada na deteção de estruturas em mapas bidimensionais ou tridimensionais de amplitude de reflexão, produzidos a partir da interpretação dos radargramas processados com os dados recolhidos. Para isso, após a recolha de dados em campo, foi feito o seu processamento através dos módulos de cálculo que constituem o software RADAN 7.0, onde foram aplicados vários tipos de filtros para uma melhor perceção das imagens. Finalmente os dados que formam a imagem foram projetados bidimensionalmente ou tridimensionalmente em programas como o Surfer ou Voxler, respetivamente.

Durante este processamento verificou-se que em relação ao Menir do Patalou e ao Menir da Caeira o espaçamento dos perfis deu uma quantidade de amostragem suficiente, tendo uma boa perceção das estruturas que se encontram subterradas. Estes sítios arqueológicos são caracterizados por terem quantidade baixa de estruturas, só estando normalmente presente o menir e o alvéolo. Os menires são estruturas de pouca complexidade e muitas das vezes já se encontram tombados. Muitas das vezes a única estrutura a ser prospetada por estes meios é o alvéolo, que também não apresenta uma grande complexidade, a não ser que se encontre bastante destruído e disperso. Devido a estes fatores a necessidade de haver uma grande amostragem de dados não se justifica nestes locais. No entanto, o Povoado de Santa Cruz 13 verificou-se uma sub-amostragem mais complexa, devido a ser um local onde as estruturas se espalharem ao longo de uma área bastante significativa e de se encontrarem bastante danificados, pelo menos superficialmente. Aqui teria sido mais proveitoso se o espaçamento fosse mais reduzido, podendo-se obter mais perfis, trazendo mais pormenores que facilitariam a interpretação dos resultados.

A metodologia aplicada na aquisição de dados é pois das mais importantes, vindo a influenciar os passos seguintes num trabalho deste género, não podendo retirar a relevância do processamento dos dados. Esta fase dita a qualidade das imagens e, conseqüentemente, dita a interpretação das mesmas. Assim a aplicação dos filtros certos, da remoção de ruídos, a ampliação de certos refletores, a criação de imagens em 3D dão uma perceção mais pormenorizada e real do substrato a ser analisado. Os casos estudados mostraram, que apesar dos radargramas serem de grande importância para a obtenção da profundidade a que se encontram os materiais, as imagens tridimensionais e os cortes dessas imagens tridimensionais (imagens tomográficas) são as que nos dão uma perceção do que podemos encontrar enterrado. Principalmente as imagens 3D onde é possível serem feitos cortes da estratigrafia e observar mais pormenorizadamente.

Os resultados relativos ao Menir do Patalou foram bastantes positivos, de fácil interpretação. Apesar dos dados obtidos através da antena de 400 MHz não ter apresentado nenhum resultado de relevância, a antena de 1,6 GHz originou resultados e permitiu a identificação de vários materiais. A identificação do alvéolo deste menir foi realizada através de um processo de eliminação. Nenhum dos materiais identificados através dos radargramas mostrava ser um alvéolo, podendo assim eliminar várias hipóteses da sua localização. À parte destes dados, os radargramas mostravam dois locais com uma profundidade plausível para a implementação de um alvéolo.

Apesar dos resultados não terem identificado o alvéolo de uma forma clara, devido a encontrarem-se numa zona de impossível acesso, no âmbito arqueológico este tipo de informação é bastante importante, dando uma nova perspectiva para a criação de um plano de escavação mais eficiente. Assim a escavação incidiu nos dois locais onde se desconfiava da localização do alvéolo, sendo possível identificá-lo.

Enquanto no primeiro caso de estudo os resultados foram negativos, no Menir da Caeira os resultados foram bastante positivos. A primeira prospeção geofísica respondeu à dúvida sobre a localização do alvéolo do menir. Os refletores não foram de fácil interpretação, não havendo certeza do que se tratava. O que nos indicou de que provavelmente seria o alvéolo foi a direção em que os materiais se encontravam em relação ao menir. Como aconteceu no Menir do Patalou esta informação possibilitou que o foco maior da escavação fosse nesta área.

O resultado desta prospeção indicou mais três locais de incidência de refletores que não poderiam ser ignorados (Figura 6.2.1.2.6). Assim foi decidido fazer-se uma segunda prospeção geofísica, algo de que não se estava a espera. Os resultados desta voltaram a indicar uma grande quantidade de possíveis materiais. Apesar destes indícios veio-se a perceber, através de uma última campanha de escavação, que não se tratava de nada para além de bioturbações. No entanto, este dado também é muito relevante pois ajudará a interpretar outros resultados.

Por último o Povoado de Santa Cruz 13 apresentou resultados tanto positivos como inconclusivos. Foi identificado um alinhamento de refletores que se propaga até uma distância de 80cm de profundidade. Este alinhamento é identificado como um provável derrube de muro. O problema que foi encontrado ao longo da análise das imagens são os vários refletores que se apresentam perto da superfície e dispersos. Estes corromperam as imagens, dificultando a interpretação destas.

Como já foi constatado o contexto arqueológico dos três sítios analisados que se inserem, genericamente, entre o Neolítico Antigo e o Calcolítico, apresentam duas tipologias distintas; por um lado temos os menires, onde a prospeção geofísica, apesar de os resultados geofísicos em si terem sido na maior parte inconclusivos, permitiram no geral obter resultados arqueológicos positivos. Por outro lado, o povoado que veio a revelar dificuldades de análise.

Então, o que condicionou os resultados obtidos? Em ambos os menires foi possível obter leituras que, em posterior escavação, se comprovou pertencerem às

estruturas de implantação dos monólitos no terreno e anomalias relacionadas com deposição de espólios (caso do Menir da Caeira), mas no caso de Santa Cruz 13, não se conseguiram obter perfis que indicassem claramente estruturas.

Ao analisarmos todos estes fatores podemos concluir que a qualidade dos resultados é condicionada por um conjunto de variantes. O primeiro será a condição do solo, comprovado pelo Povoado de Santa Cruz 13. Aqui os resultados foram contaminados não só pela geologia do substrato, mas também pelos obstáculos que se encontram na superfície. A densidade com que as pedras se encontram dispersas nas camadas superficiais não permitem a “iluminação” das camadas mais profundas, tornando difícil a deteção dos alinhamentos existentes. Por mais que o local fosse limpo anteriormente para a prospeção geofísica, haverá sempre condicionantes de origem natural que não será possível retirar.

Outra condicionante, comum nos três casos de estudo, é o estado de conservação em que se encontram as estruturas subterrâneas. Tanto o alvéolo do Menir da Caeira como o derrube de muro do Povoado de Santa Cruz 13 encontram-se bastante destruídos. Ao observarmos os radargramas e mapas de amplitude é bastante difícil de distinguir se os materiais provêm de origem natural ou de origem antropogénica.

No caso de estudo do Menir do Patalou estas condições não se aplicam, pois, no radargrama via-se claramente um abatimento onde se veio, depois, a determinar o alvéolo já na fase de escavação.

Em conclusão a interpretação das imagens geradas terá que ser feita por meios de padrões de reflexões correspondentes a locais da mesma cronologia. Sendo importante a existência de uma colaboração entre investigadores da geofísica, que entendam os padrões de reflexão provenientes do Radar e do processamento dos dados, e os arqueólogos. Por sua vez estes trazem o conhecimento das características arquitetónicas, das estruturas arqueológicas a serem interpretadas.

Algo que também pode ser retirado destes casos de estudo é o facto de que nem todos os resultados geofísicos negativos o são em contexto arqueológico. Ao obter-

se dados geofísicos negativos, estes sempre nos dão algum tipo de informação. Tomando o exemplo do Menir do Patalou em que não se detetava os alvéolos nas imagens, ao analisar mais profundamente os dados foi possível eliminar uma área bastante grande, resumindo as hipóteses, que por sua vez acabou por indicar a localização do alvéolo.

Resumidamente a prospeção geofísica em âmbito arqueológico é um trabalho rigoroso que implica uma entejuda. A sua metodologia tem que seguir por base certos passos, com o intuito da interpretação dos resultados ser a mais correta possível: 1) analisar as características do solo para a escolha da metodologia geofísica a ser utilizada; 2) interpretação dos dados cruzando imagens processadas, utilizando o conhecimento de um geofísico e de um arqueólogo; 3) comparação dos dados com trabalhos já realizados, no mesmo âmbito (cronologia e tipologia).

A bibliografia até aos dias de hoje apresenta bastantes casos de sucesso em contextos onde as estruturas se caracterizam por ter uma arquitetura bem edificada, como em casos romanos ou islâmicos/medievais. Em casos de contextos cronológicos mais antigos, nomeadamente do período Neolítico e Calcolítico as prospeções geofísicas, por enquanto, terão que ser complementadas por escavações. Com este tipo de prospeção podemos obter bastante informação, principalmente dando a localização dos materiais. Ou seja, limita a área ser escavada, mas nunca nos esclarece por completo as dúvidas do que se trata realmente. Os trabalhos arqueológicos serão assim sempre necessários para a confirmação do que se trata.

Maissa Bezzeghoud
“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo
Central: 3 casos de estudo”

Capítulo VIII - Considerações Finais

8.1. Conclusões

O tipo de tecnologia utilizada para o propósito de deteção de objetos ou a constituição do subsolo teve um desenvolvimento bastante acelerado e interessante. Como já foi referido a geofísica, nos dias de hoje, é bastante versátil sendo aproveitada para várias áreas tanto a nível académico como a nível empresarial. Assim tendo começado com o único propósito de detetar inimigos durante as duas Guerras Mundiais, a prospeção feita através do método geofísico encontrou o seu lugar.

Ao longo deste trabalho abordamos questões no âmbito das Ciências Exatas (métodos e técnicas da geofísica) e das Ciências Sociais (os métodos em arqueologia) percebendo como as duas começaram a interagir, desde o primeiro estudo geofísico no âmbito da arqueologia que foi realizado durante os anos 30, na Áustria, usando a resistividade elétrica (prospeção elétrica).

Em Portugal a introdução do georradar foi bastante lenta, apenas entrou no nosso radar nos anos 90, quando o GPR já se encontrava consolidado no mercado. Mas, a partir deste primeiro trabalho, o mundo académico português percebeu as várias vantagens que a geofísica pode trazer a estudos científicos, não só na arqueologia, mas em outras áreas.

A sua aparição no meio arqueológico português ainda foi mais tardia, sendo que a primeira prospeção geofísica na arqueologia nacional foi feita em 1999, pela Universidade de Aveiro. A partir desta data a sua utilização foi bem-sucedida, havendo cada vez mais estudos deste âmbito em Portugal.

De todos os métodos geofísicos que possam ser utilizados em prospeção arqueológica, o georradar é dos que permite obter melhores resultados em contexto arqueológico, contudo também um dos que o processamento de dados envolve maior complexidade. É um método capaz de produzir imagens tridimensionais e mapas de amplitudes das estruturas arqueológicas que se encontram subterradas.

Ao utilizar este aparelho é necessário aplicar a metodologia adequada aos sítios a estudar. Tendo que tomar em consideração os seguintes fatores: as características e condições do solo, os contextos arqueológicos, e as prováveis condições das estruturas subterradas.

Apresentado todo o processo de aquisição de dados e conclusões retiradas dos resultados dos três casos de estudo relativos ao Menir do Patalou, ao Menir da Caeira e ao Povoado de Santa Cruz 13, esta tese visa a contribuir para um melhor entendimento das metodologias prospetivas geofísicas na Pré e Proto-história. Para além de ser ter concretizado este objetivo, o trabalho realizado cumpriu o propósito inicial determinado durante o protejo desta tese, que pressupunha a localização dos alvéolos dos dois menires e a descoberta de estruturas no povoado.

Em termos de metodologia de aquisição de dados mais adequados, verificamos que a obtida através da utilização do georradar, organizando a área delimitada em grelhas, parece ser a mais benéfica. Por sua vez a organização destas provou ser mais eficaz através de perfis com espaçamentos de 50cm, obtidos em duas direções diferentes (em forma de zig-zag). O espaçamento de 50cm provou ser o mais adequado para estruturas menos complexas e fácil perceção, como o alvéolo do Menir do Patalou e do Menir da Caeira. Para contextos arqueológicos com elevada informação, revelou-se pouco perceptível e confuso devido ao seu estado de deterioração, como o derrube do muro do Povoado de Santa Cruz 13. Nestes casos, o melhor será um espaçamento mais reduzido, adquirindo mais dados mais pormenorizados. Em casos como o povoado onde as condições do solo são desfavoráveis (obstáculos e topografia irregular) viu-se uma necessidade de adaptação ao terreno, sendo, por vezes, necessário criar perfis individuais, ou seja, interrompê-los. Em relação à questão dos obstáculos superficiais, conclui-se que a utilização da uma antena que pode ir mais fundo é a melhor opção para este tipo de situações.

A visualização e interpretação dos resultados é a fase mais importante, pois o sucesso do trabalho em questão depende desta. Aqui mostrou-se que a criação de

radargramas em conjunto com a criação mapas de amplitude e imagens tridimensionais é a metodologia mais eficaz para a visualização dos dados adquiridos em campo. A correlação dos três tipos de imagens torna-se bastante importante para uma melhor interpretação das estruturas e da estratigrafia das estações arqueológicas.

Conclui-se assim que a prospeção geofísica é, pois, uma mais-valia para a arqueologia, onde a interdisciplinaridade é essencial para se obter um estudo completo e coeso. A utilização destes métodos não intrusivos propõe novas perspectivas no estudo de estações arqueológicas, podendo reduzir o fator de tempo e poupar recursos arqueológicos. Acrescenta-se que a realização de escavações é vantajosa, e por vezes essencial, para o reforço das interpretações feitas em laboratório e para o esclarecimento de dúvidas.

Obtendo um mapeamento prévio da estrutura arqueológica e dos seus espólios, é possível fazer-se um planeamento dos métodos arqueológicos a serem utilizados em campo. Isto torna a arqueologia menos destrutiva, permitindo salvaguardar os sítios arqueológicos de uma forma mais eficaz.

8.2. Perspetivas Futuras

Ao longo desta dissertação concluiu-se que o GPR se tornou no método dominante no meio da arqueologia, devido à sua praticabilidade e aos seus bons resultados. Considero que para investigações futuras seja interessante aplicar outros métodos geofísicos, como a tomografia de resistividade elétrica e a magnetometria, com o objetivo de através do cruzamento de avaliação de diferentes propriedades, melhorar o tipo de informação que se pode obter das zonas em estudo. Dentro desta linha também proponho que sejam utilizadas outras metodologias além da geofísica, como fotografia aérea e fotogrametria, complementando esta.

As linhas futuras da investigação arqueológica preveem uma contínua utilização do georradar, no entanto o seu papel precisa de evoluir. Necessita de deixar de ser

Maissa Bezzeghoud

“Aplicação de técnicas geofísicas não invasivas à prospeção de sítios pré-históricos do Alentejo Central: 3 casos de estudo”

uma simples ferramenta auxiliar passando a ser uma ferramenta comum, pronta a ser utilizada em todas as campanhas arqueológicas onde seja necessário e manipulável não apenas por geodésicos, mas também por arqueólogos.

O objetivo final desta tese visa a contribuir para que não só essa evolução aconteça, mas para que a sua utilização se expanda pelo mundo da arqueologia. Uma das áreas arqueológicas que beneficiaria bastante da aplicação da metodologia geofísica é o acompanhamento de obra, onde é requerido uma deteção rápida das possíveis estruturas arqueológicas com o objetivo da sua salvaguarda.

Bibliografia

ALVIM, P; ROCHA, L. (2011) - Os menires do Alto da Cruz: novos dados e algumas reflexões sobre o Megalitismo da área de Brotas (Mora). *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Vol.14. Lisboa: IGESPAR, p. 41-55.

ALMAGRO-GORBEA, M (1975) - *Introducción al estudio de la prehistoria y de la arqueología de campo*. Madrid: Ediciones Guadarrama, ISBN: 84-250-0162-5

ALMAGRO-GORBEA, M (1979) – *C-14 y prehistoria de la Península Ibérica*. Madrid: Fundación Juan March, ISBN: 84-7075-110-7

A Geofísica Aplicada e suas Áreas de atuação pelo Prof. João Carlos Dourado
Revisão, 2010 (consultado em

http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada//DIDATICOS/DOURADO/1-Intro_geof.pdf
(20/10/2014)) 19

BETTENCOURT, A; ALVES, L. B (2009) – *Dos montes, das pedras e das águas: Formas de interação com o espaço natural da pré-história à atualidade*. Citcem, ISBN: 978-8351-02-9

BIAGI, P (1980) – *Archeologia prehistorica: metodologia della ricerca*.Brescia: Grafo Edizione

BICHO, N. F. (2001) - *Manual de Arqueologia Pré-histórica*. Lisboa: Edições 70.

BIEDERMANN, H (1971) – *Civilizações megalíticas*. Lisboa: Verbo

BINFORD, S. R; BINFORD, L. R (1979) – *New perspectives in archaeology*. New York: Aldine Publishing Company, ISBN: 0-12-785053-8

CALADO, M; ROCHA, L; ALVIM, P. - Coord. (2012) - *O tempo das Pedras. Carta Arqueológica de Mora*. Mora: Câmara Municipal de Mora.

CALDEIRA, B; BORGES, J (2015) - *Contributo da Geofísica para o relatório final do projeto APOLLO*. Universidade de Évora

CALDEIRA, B; OLIVEIRA, R. J; ROCHA, L; BORGES, J. F; NEVES, S; FERNANDES, R. (2016) - Integration of Georadar Methods and Electromagnetic Induction for Caves Mapping: Application to Sono Cave-Arrábida. *digitAR*. 3, p. 31-36. Doi: https://doi.org/10.14195/2182-844X_3_4

CALDEIRA, Bento; BORGES, José; OLIVEIRA, Rui (2015) – Menir do Patalou (Resultados preliminares de prospeção geofísica). Acessível nos Arquivos da DGPC. Lisboa, Portugal.

CALDEIRA, Bento; OLIVEIRA, Rui; BORGES, José (2017) – Anta da Serrinha. Levantamento Geofísico. Acessível nos Arquivos da DGPC. Lisboa, Portugal. 6pp.

CAMPANA, S; PIRO, S (2009) - *Seeing the unseen*. Taylor & Francis Group, London

CONYERS, L (2004) – *Ground-penetrating radar for archaeology*. Kanham, MD: AltaMira Press, ISBN: 978-0-7591-0773-1

CHILDE, V. G (1976) – *Para uma recuperação do passado: a interpretação dos dados arqueológicos*. Amadora: Livraria Bertrand

Carta Geológica de Portugal 1/ 50.000 (1980)

Conference on Computer Application an Quantitative Methods in Archeology, 42, Paris, France (2015) – CAA2014: 21st century archaeology: concepts, methods an tools, proceedings of the 42nd anual conference an computer applications and quantitative methods in archaeology. OXFORD: Archaeopress, ISBN: 978-78491-100-3

DABAS, M (1998) – *La prospection*. Paris: Editions Errance, ISBN: 2-8772-160-4

DA COSTA, A.; RIGLER; L. J. G; DO CANTO LOPES, P. R (2010) - *Metodologia geofísica aplicada ao estudo arqueológico dos sítios Bittencourt e Jambuaçu, Estado do Pará* (consultado em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2010000200009 (28/09/2014))

DA SILVEIRA E MELO, M (2007) - *Geofísica Aplicada À Arqueologia: Investigação No Sítio Histórico Engenho Murutucu, Em Belém*. Pará: Universidade Federal Do Pará, 2

DUBOIS, J; DIAMENT, M (1997) – *Géophysique*. Masson, ISBN: 2225830339

EVIN, J (199?) – *Les sciences à la recherche du passé*. IYon: Presses Universitaires de Lyon, ISBN: 2-7297-0379-9

FERNÁNDEZ CASTRO, M. C (1997) – *La prehistoria de la Península Ibérica*. Barcelona: Editorial Crítica, ISBN: 84-7423-830-7

FERNANDES, R; CABAL, P; DINIZ, M; TÁTÁ, F; RODRIGUES, P, ROCHA, L. (2015) – A Lapa do Sono (Sesimbra, Portugal) – primeira notícia de um novo contexto sepulcral neolítico. *Death as Archaeology of Transition: Thoughts and Materials Papers*. ROCHA, L; BUENO-RAMÍREZ, P; BRANCO, G. (eds). BAR International Series 2708, p. 29-24.

GARDIN, Jean-Claude (1985) – *Informática e arqueologia*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica

GONÇALVES, J. P (1975) – *Roteiro de alguns megálitos da região de Évora*. Évora

GONÇALVES, L. M. B. (2013) - *Estudo geoarqueológico com Georadar. Aplicação aos contextos arqueológicos da Pré-História recente à Proto-História do NW de Portugal*. Universidade do Minho

GRANGEIA, Carlos; MATIAS, Manuel Senos (2004) - Técnicas de georadar em prospeção arqueológica: Ançã e S. Martinho de Árvore. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, vol. 7, nº2, p.427-434

HARRIS, E. C. (1991) – *Princípios de estratigrafia arqueológica*. Barcelona: Editorial Critica, ISBN: 84-7423-514-6

HESSE, A.; et al. (1978) – *Manuel de Prospection Geophysique Appliquee a la Reconnaissance Archeologique*,. Dijon: Centre de Recherches sur les Techniques Greco-Romaines, ISBN: 2-900119-08-1

HODDER, I.; Ortona Clive (1976) – *Spatial analysis in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, ISBN: 0-521-21080-1

GRANGEIA, C; MATIAS, M. S.– *Técnicas de georadar em prospeção arqueológica: Ançã e S. Martinho de Árvore*

JORGE, S. O; JORGE, Vítor de Oliveira (1991) – *Incursões na pré-história*. Porto: Fundação Eng. António de Almeida, ISBN: 972-9194-26-2

JORGE, Vítor Oliveira (1987) – *Projetar o passado: ensaios sobre a arqueologia e pré-história*. Lisboa: Editorial Presença

JOUSSAUME, R.; et al. (1988) – *Dolmens for the dead: megalith-bulding throughout the world*. London: B. T. Batsford, ISBN: 0-7134-5369-9

KURT, W. S. (1988) – *Arqueologia y paisaje*. Cáceres: Ediciones de la Univesidad de Extremadura, ISBN: 84-7723-030-7

LAMING-EMPERAIRE, A. (1968) – *La arqueologia pré-histórica*. Paris: Éditions du Seuil

LOPEZ JIMENEZ, Oscar (2010) - *Resultados dos trabalhos de prospeção geofísica nas grutas artificiais da Quinta do Anjo, Palmela*. MUSEU Boletim do Museu Municipal de Palmela (consultado em https://www.researchgate.net/publication/308725948_Resultados_dos_trabalhos_d_e_prospeccao_geofisica_nas_grutas_artificiais_da_Quinta_do_Anjo_Palmela)

LOURENÇO, Vânia Lopes (2006) - *Utilização do Radar de Penetração nos solos (GPR) na deteção de estruturas no âmbito das ciências forenses*. Departamento de Física da Universidade de Évora

MARESCOT, L. (2009) - *Introduction to Geophysics Applied to Archaeology*. Universidade de Fribourg

NIEL, F. (1976) – *Connaissance des megalithes*. Paris: Éditions Robert Laffont

OLIVEIRA, Jorge de (2016) - *O Menir do Patalou – Nisa. Entre Contextos e Cronologias in Terra e Água Escolher sementes, invocar a Deusa – Estudos em Homenagem a Victor S. Gonçalves.*, Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa: Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa

OLIVEIRA, R.J.; NEVES, S.; CALDEIRA, B.; BORGES, J.F. (2014) - *Estudo geoarqueológico com recurso a georadar e magnetometria no povoado do Outeiro do Circo (Mombeja, Beja)* in IV Congresso Jovens Investigadores em Geociência, LEG 2014, Livro de Actas; Universidade de Évora

OLIVEIRA, R.J.; NEVES, S.; CALDEIRA, B.; BORGES, J.F. (2014) - *Magnetometria e georadar aplicados à arqueologia – o caso da Horta da Torre* in IV Congresso Jovens Investigadores em Geociência. LEG 2014. Livro de Actas; Universidade de Évora,

OSWIN, J. (2009) – *A field guide to geophysics in archaeology*. Chichester, UK: Published in association with Praxis Pub, ISBN: 978-540-76691-9

PINA, H. L. (1971) – *Novos monumentos megalíticos do distrito de Évora*. Coimbra

PONCE, R.; ARGOTE, D.; CHÁVEZ, René (2004) - *EMPLEO DE LOS MÉTODOS GEOFÍSICOS EN LA PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA URBANA: LA BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA SALUD, PATZCUARO, MÉXICO* in TRABAJOS DE PREHISTORIA, pp. 11- 23

RAHTZ, S.; RICHARDS, J. (1989) – Computer Applications and Quantitative Methos. *Archaeology*. Oxford: Bar, ISBN: 0-86054-695-0

RAPP, G. R.; HILL, C. L. (2006) – *Geoarchaeology: the earth-science approach to archeological interpretation*. New Haven: Yale University Press; ISBN: 0-300-10966-0

RAPP, G. R.; GIFFORD, J. A. (1985) – *Archaeological geology*. New HAven: Yale University Press, ISBN: 0-300-03142

ROCHA, L. – *Evidências de vida no mundo dos mortos: o megalitismo do concelho de Arraiolos*. Jornadas do Património: A Arqueologia no Concelho de Arraiolos

ROCHA, L; ALVIM, P. (2013) – *Conjunto megalítico do Alto da Cruz (Mora). Relatório Técnico-científico final*. Acessível nos Arquivos do IGESPAR, Lisboa, Portugal. 58pp

ROCHA, L. (1997a) – *Povoamento Megalítico de Pavia. Contributo para o conhecimento da Pré-História Regional*. Tese de mestrado policopiada. Lisboa: FLL.

ROCHA, L. (2005a) – *As origens do megalitismo funerário no Alentejo Central: a contribuição de Manuel Heleno*. Tese de doutoramento policopiada. Lisboa: FLL.

ROCHA, L. (2017) – *Santa Cruz 13 (Brotas, Mora). Relatório Técnico-científico da 1ª Campanha/2016*. Acessível nos Arquivos do DGPC. Lisboa, Portugal. 30pp.

ROCHA, L. (2017) – *Menir da Caeira (Vimieiro, Arraiolos). Relatório Técnico-científico da 1ª Campanha/2016*. Acessível nos Arquivos da DGPC. Lisboa, Portugal. 58pp

ROCHA, L. (2018) – *Menir da Caeira (Vimieiro, Arraiolos). Relatório Técnico-científico Final*. Acessível nos Arquivos do DGPC. Lisboa, Portugal. 52pp.

ROCHA, L; BUENO-RAMÍREZ, P; BRANCO, G. (eds). BAR International Series 2708, p. 29-24.

ROCHA, L; MORGADO, P. (2019) – Reuse of ancient megalithics monuments during Metal Ages: the dolmen of Serrinha (Monforte, Portugal). *ARPI. Arqueología y Prehistoria del Interior Peninsular*. 8. UAH: Alcalá de Henares, p. 25-30

ROCHA, L; MORGADO, P. (2019) – Anta da Serrinha (Monforte). Relatório Final. Acessível nos Arquivos da DGPC, Lisboa, Portugal, 39pp.

Relatório II: Caracterização do Território Municipal (2010); Revisão do Plano Diretor Municipal de Nisa

SANTOS, A. Palma dos (1994) – *Monumentos megalíticos do Alto Alentejo*. Lisboa: Fenda, ISBN: 972-9184-16-X

SILVA, A. Coelho da; *et al.* (1993) – *Pré-História de Portugal*. Lisboa: Universidade Aberta, ISBN 972-674-121-1

SANTOS, M. Farinha dos (1972) – *Pré-história de Portugal*. Lisboa: Verbo

SOUZA, G. Castro de; MOREIRA, R.; RODRIGUES, W.; GOMES, R. M. - *IDENTIFICAÇÃO ARQUEOLÓGICA ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE MÉTODO GEOFÍSICO - GPR 3D EM PRÉDIOS HISTÓRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP*

VIBERG, A. (2012) - *Remnant echoes of the past (Archaeological geophysical prospection in Sweden)*. Stockholm University

WATSON, Patty Jo; *et al.* (1987) – *El método científico en arqueología*. Madrid: Alianza Editorial, ISBN: 84-206-2102-1

WHEELER, M. (1978) – *Arqueología de campo*. México: Fondo de Cultura Económica, ISBN: 84-375-0153-9

YELLEN, J. E. (1977) – *Archaeological aproches to the present: models for reconstructing the past*. New York: Academic Press, ISBN: 0-12-770350-0

ZBYSZEWSKI, G.; CARVALHOSA, A. Barros e; Ferreira, O. da Veiga (1980) - *Carta Geológica de Portugal (na Escala de 1/50 000): Noticia Explicativa da folha 35-B – Mora*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa

ZBYSZEWSKI, G.; CARVALHOSA, A. Barros e; Ferreira, O. da Veiga (1980) - *Carta Geológica de Portugal (na Escala de 1/50 000): Noticia Explicativa da folha 36-A – Pavi*

Webgrafia

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=2816614&vs=53642> (consultado a 15/11/2017)

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=3267831&vs=50411> (consultado a 15/11/2017)

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=3095533> (consultado a 15/11/2017)

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=3235429&vp=3108799> (consultado a 15/11/2017)

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=3235430> (consultado a 15/11/2017)

<http://arqueologia.patrimoniocultural.pt/index.php?sid=trabalhos.resultados&subsid=2816614> (consultado a 15/11/2017)

<http://www.google.com/url?url=http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8153/tde-31032004-104614/publico/Conclusao.pdf&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=4CNGVPSJOorPaOzAgdAK&ved=0CBQQFjAA&usg=AFQjCNGQQDRXe1oHrmRi8k0N0VcivCwuUw>

<http://www.crivarque.net/prospeccao.php>

http://geofisicaconsultoria.com.br/user/web-storage/Publicacoes2/SBGF2010_IDENTIFICACAO-ARQUEOLOGICA-ATRAVES-DA-UTILIZACAO-DE-METODO-GEOFISICO-GPR-3D-EM-PREDIOS-HISTORICOS-NA-CIDADE-DE-SAO-PAULO-SP.pdf

<http://www.mundoeducacao.com/fisica/reflexao-refracao-difracao-das-ondas.htm> (consultado em 14/11/2014)

http://pt.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_Curie (consultado em 14/11/2014)

http://pt.wikipedia.org/wiki/Campo_magnético (consultado em 14/11/2014)

<http://www.nanum.com.br/interna.php?area=produto&idIdioma=1&escolha=1> 3
(consultado em 14/11/2014)

<http://www.gpr-survey.com/gprslice2.html> (consultado em 14/11/2014)

http://pt.wikipedia.org/wiki/Radiação_gama (consultado a 14/11/2014)

http://www.jroma.pt/radiacoes_2.htm (consultado a 18/11/2014)

<http://www.cge.uevora.pt/pt/laboratobservat-mainmenu-101/sismologia--geofca-interna-mainmenu-114> (consultado a 18/11/2014)

<http://www.uc.pt/uid/cea/investigadores/investigadoresphd/mconceicaoopes>
(consultado a 21/11/2014)

<http://www.arkeotavira.com/balsa/destr-balsa.pdf> (consultado a 21/11/2014)

<http://garvao.blogs.sapo.pt/2685.html> (consultado a 21/11/2014)

<http://www.arte-coa.pt/Ficheiros/Bibliografia/1754/1754.pt.pdf> (consultado a 21/11/2014)

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2010000200009 (consultado a 5/10/2015)

<http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.theses.usp.br%2Ftheses%2Fdisponiveis%2F8%2F8153%2Ftde-31032004-104614%2Fpublico%2FCap09.pdf&ei=P5BzVM23Hs7faqPqqqAE&usg=AFQjCNF00Bf7Nv6VtSApLIUzN8GVUNNorg> (consultado a 24/11/2014)

<http://ensina.rtp.pt/artigo/obelix-ajudou-a-descobrir-o-menir-do-patalou-em-nisa/>
(13/11/2018)

<https://sinergeo.wordpress.com/2017/01/16/georadar-uma-breve-abordagem-historica/>

-----Anexos-----

Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico
(para acompanhar o relatório)**Sítio Arqueológico**

Designação

Menir do Patalou

Distrito Portalegre

Concelho Nisa

Freguesia Espírito Santo, Nossa Senhora da Graça São Simão

Lugar Tapada da Bajanca

C.M.P. 1:25.000 folha n.º 324/334

Altitude (m)

Coordenada X 245865

Coordenada Y 279603

Tipo de sítio * Menir

Período cronológico * Neolítico

Descrição do sítio (15 linhas)

Trata-se de um “monólito de granito com 4m de comprimento e 0,90m de diâmetro máximo e um peso a rondar as 7 toneladas” (Oliveira, 2016), de cronologia neolítica. Antes dos trabalhos arqueológicos, encontrava-se tombado e deslocado da sua base.

Bibliografia

OLIVEIRA, Jorge de (2016) O Menir do Patalou – Nisa. Entre Contextos e Cronologias in Terra e Água Escolher sementes, invocar a Deusa – Estudos em Homenagem a Victor S. Gonçalves, Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa: Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa

Proprietários Dr. José Pedro Pestana Almeida

Classificação * Ausente

Decreto

Estado de conservação * Elevado

Uso do solo * Baldio agrícola

Ameaças * Gado

Proteção/Vigilância * Sim

* Preencher de acordo com a lista do *Thesaurus* do ENDOVÉLICO. Essa lista poderá ser consultada em: www.igespar.pt

Acessos

A 5,5km de Nisa na zona da Barragem da Póvoa. A cerca de 200m de distância, em linha recta, da estrada.

Descrição do Espólio

Lamela de sílex; madeira carbonizada; dois raspadores em sílex, uma “enxada” de corneana

Local de depósito

Trabalho Arqueológico Anual

Arqueólogo responsável Jorge Manuel Pestana Forte de Oliveira

Tipo de trabalho * Escavação

Datas: de início 29/06/2015 de fim 09/07/2015 duração (em dias) 11

Projecto de Investigação PIPA - Projeto MEGANISA

Objectivos (10 linhas)

A escavação arqueológica realizada teve como objetivo principal verificar a existência e localização do alvéolo original. Outro objetivo será a recolha de espólio arqueológico que possibilite a datação e a compreensão do contexto cultural do menir.

Resultados (15 linhas)

Em 2015 realizou-se a Campanha de escavação na qual se identificou a existência do alvéolo e sua localização. Enquanto espólio foram recolhidos uma lamela de sílex, dois pequenos raspadores, uma “enxada de corneana e uma porção de madeira carbonizada que permitiu confirmar a cronologia do megalítico (Cal BC 4340 a 4235). Concluída a escavação, o menir foi erguido a 6m para norte do alvéolo original.

* Preencher de acordo com a lista do *Thesaurus* do ENDOVÉLICO. Essa lista poderá ser consultada em: www.igespar.pt

Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico
(para acompanhar o relatório)

Sítio Arqueológico

Designação

MENIR DA CAEIRA

Distrito

Concelho

Freguesia

Lugar

C.M.P. 1:25.000 folha n.º

Altitude (m)

Coordenada X

Coordenada Y

Tipo de sítio *

Período cronológico *

Descrição do sítio (15 linhas)

Monólito em granito, com cerca de 5,10m que se encontra tombado, junto a uma azinheira, ao lado do caminho que conduz ao Monte da Caeira. Apresenta covinhas, sois e serpentiformes
Encontra-se no limite de um topo aplanado, a escassos dezenas de metros do marco geodésico da Caeira.

Bibliografia

ROCHA, L. (1999) – Povoamento Megalítico de Pavia. Contributo para o conhecimento da Pré-história Regional. Setúbal: Câmara Municipal de Mora.

Proprietários

Classificação *

Decreto

Estado de conservação * Uso do solo *

Ameaças * Protecção/Vigilância *

* Preencher de acordo com a lista do *Thesaurus* do ENDOVÉLICO. Essa lista poderá ser consultada em: www.igespar.pt

Acessos

Caminho rural particular a partir da EN251.

Descrição do Espólio

Em termos gerais, o espólio recolhido correspondem a três monumentos distintos: época contemporânea, romana e Idade do Bronze.

Local de depósito

Trabalho Arqueológico Anual

Arqueólogo responsável

Tipo de trabalho *

Datas: de início

de fim

duração (em dias)

Projecto de Investigação

Objectivos (10 linhas)

A escavação arqueológica realizada teve como objetivo principal verificar da existência de níveis arqueológicos preservados. Considerava-se ainda a hipótese de se poderem vir a recolher materiais arqueológicos que, eventualmente, pudessem ser objeto de datações radiométricas e/ou a recolha de materiais arqueológicos não orgânicos mas que pudessem vir a complementar os existentes de modo a consolidar as cronologias do megalitismo não funerário do Alentejo Central.

Resultados (15 linhas)

Em 2016 e 2017 realizaram-se duas Campanhas de escavação, nas quais se identificou o alvéolo de implantação do menir e se confirmou a sua reutilização na Idade do Bronze inicial e do período romano para além, da arte megalítica. Estas características, conjugadas, tornam este menir único no contexto do fenómeno menírico alentejano.

Ficha de Sítio/Trabalho Arqueológico
(para acompanhar o relatório)

Sítio Arqueológico

Designação

SANTA CRUZ 13

Distrito

Concelho

Freguesia

Lugar

C.M.P. 1:25.000 folha n.º

Altitude (m)

Coordenada X

Coordenada Y

Tipo de sítio *

Período cronológico *

Descrição do sítio (15 linhas)

Pequeno povoado (?) aberto, com um diâmetro de cerca de 50m. Apresenta à superfície muitas pedras miúdas associadas a materiais arqueológicos. As intervenções realizadas até ao momento têm-nos permitido identificar alguns alinhamentos que indicam a presença de estruturas, ainda que não cabalmente interpretadas.

Bibliografia

ROCHA, L. (2005) – As origens do megalitismo funerário no Alentejo Central: a contribuição de Manuel Heleno. Tese de doutoramento policopiada. Lisboa: FLL.
CALADO, M; ROCHA, L; ALVIM, P. - Coord. (2012) - O tempo das Pedras. Carta Arqueológica de Mora. Mora: Câmara Municipal de Mora.

Proprietários

Classificação *

Decreto

Estado de conservação * Uso do solo *

Ameaças * Protecção/Vigilância *

* Preencher de acordo com a lista do *Thesaurus* do ENDOVÉLICO. Essa lista poderá ser consultada em: www.igespar.pt

Acessos

Caminho rural particular a partir da EN2.

Descrição do Espólio

Em termos gerais, o espólio recolhido nesta campanha correspondem a fragmentos de cerâmica manual e alguns líticos.

Local de depósito

Trabalho Arqueológico Anual

Arqueólogo responsável

Tipo de trabalho *

Datas: de início de fim duração (em dias)

Projecto de Investigação

Objectivos (10 linhas)

A intervenção realizada tem por objetivo:
1) Realizar sondagens no sítio a fim de identificar a sua funcionalidade.
2) Integrar o sítio no megalitismo da área envolvente.

Resultados (15 linhas)

Em 2019 realizou-se a 4ª Campanha, com escavação apenas da área central do povoado (Sondagem 1).
A extrema dureza das terras continuou a condicionar severamente a progressão dos trabalhos, com atrasos significativos sendo que a escavação ainda se encontra em níveis muito superficiais. Com o intuito de se tentar perceber os alinhamentos de pedras, ampliou-se novamente a área nesta campanha.
Recolheram-se fragmentos de cerâmica manual, nódulos de barro de cabana e alguns líticos.

* Preencher de acordo com a lista do *Thesaurus* do ENDOVÉLICO. Essa lista poderá ser consultada em: www.igespar.pt