



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACULDADE DE GEOFÍSICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA NO CONVENTO DOS MERCEDÁRIOS
UTILIZANDO O GEORADAR.**

JOSÉ ÍTALO BAIA SAMPAIO

Belém

2022

JOSÉ ÍTALO BAIA SAMPAIO

**INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA NO CONVENTO DOS MERCEDÁRIOS
UTILIZANDO O GEORADAR.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará para obtenção do Grau de Bacharel em Geofísica.

Orientador: Prof. Dr Marcos Welby Correa Silva

Belém

2022

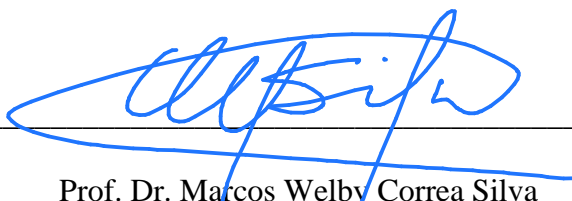
JOSÉ ÍTALO BAIA SAMPAIO

**INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA NO CONVENTO DOS MERCEDÁRIOS
UTILIZANDO O GEORADAR.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará para obtenção do Grau de Bacharel em Geofísica.

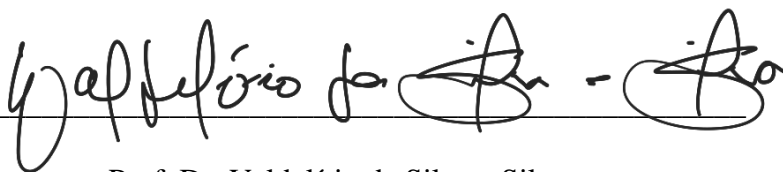
Data de aprovação: 27 /01 /2022

Banca examinadora:



Prof. Dr. Marcos Welby Correa Silva

Orientador – UFPA



Prof. Dr. Valdelírio da Silva e Silva

Examinador interno – UFPA



Prof. Dr. Victor Cesar Tocantins de Souza

Examinador interno – UFPA

Aos meus pais James Sampaio, Socorro Baia e
irmãos, João Pedro e Lucas Baia.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Conservação, Restauração e Reabilitação/LACORE vinculado à Faculdade de Conservação e Restauro/FACORE, que fomentou o Projeto Executivo de Restauração e Reabilitação da Igreja e Convento de Nossa Senhora das Mercês pela oportunidade de trabalho.

A direção do Convento dos Mercedários que permitiu o levantamento de dados no prédio.

A Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Marcos Welby Correa Silva, pela oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Diogo Menezes Costa, do Laboratório de Arqueologia da UFPA, por toda a sua contribuição com dados e imagens fornecidas.

As amigas que fiz durante a aquisição de dados Iana Briaca, Katharine Miná, Ana Paula e Tais, pela ajuda durante a aquisição de dados.

A minha psicóloga Rebeca Coelho, pelo incentivo, paciência e pelas valiosas palavras de motivação tanto para esse trabalho quanto para a vida.

A Maria da Conceição, pelas conversas que tivemos ao longo dessa minha jornada no curso da geofísica, além de outros momentos da vida.

A minha namorada Ranna Santos, que jamais me negou apoio, carinho, incentivo e pelo seu auxílio crucial com os mapas desenvolvidos nesse trabalho.

Aos meus amigos de curso Bruno, Paulo, Ashley, Giordan, João Rafael, Lucas, Luiz, Thiago, Tony, Nakata, Mike, Karina, Rayssa, Amanda e Camila, pela amizade e apoio durante a graduação.

Aos meus amigos do “Clube do Passat” Aleksander, Lucas, Luan, Bruno Eduardo, Eduardo, Alessandro, Luan e Jolran, por me acompanharem desde a infância.

RESUMO

O GPR (Ground Penetrating Radar ou Radar de Penetração do Solo) é o método de investigação geofísica, que utiliza de ondas eletromagnéticas para escanear com alta resolução a subsuperfície rasa da terra, a utilização deste método é recorrente para investigações arqueológicas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma investigação arqueológica utilizando o radar com a finalidade de encontrar estruturas que foram soterradas ou perdidas no tempo. A necessidade de aplicação dessa técnica surgiu a partir do interesse por parte da administração do Convento dos Mercedários em realizar um estudo arqueológico até então inédito naquele local. O edifício é localizado na cidade de Belém, estado do Pará, erguido no século XVIII no ano de 1748, pelos religiosos Mercedários procedentes do Equador. Ao longo de toda sua história, o convento passou por diversos usos, sendo utilizado durante maior parte do seu tempo a atividades relacionadas à alfândega a partir do ano de 1796, e durante essas mudanças de atividades, sofreu várias modificações de sua estrutura inicial. A utilização do GPR possibilitou a visualização de estruturas que foram soterradas no decorrer das reformas, como por exemplo o poço localizado em seu pátio, e deu indícios da presença de material arqueológico proveniente do período colonial brasileiro. Tais resultados evidenciam a importância da utilização deste método para a compreensão da nossa história. O fácil manuseio do equipamento e a rápida resposta incentivam a utilização do GPR como ferramenta essencial à arqueologia visando uma maior assertividade em uma eventual escavação.

Palavras-chaves: GPR. Arqueologia. Mercedários.

ABSTRACT

The GPR (Ground Penetrating Radar) is the method of geophysical investigation, which uses electromagnetic waves to scan with high resolution the shallow subsurface of the earth, the use of this method is recurrent for archaeological investigations. The objective of this work was to carry out an archaeological investigation using radar with the purpose of finding structures that have been buried or lost in time. The necessity of applying this technique arose from the interest of the administration of the Convent of Mercedarians in carrying out an archaeological study of the place. The building is in the city of Belém, state of Pará, and was built in the 18th century in 1748 by Mercedarian religious coming from Ecuador. Throughout its history, the convent went through several uses, being used for most of its time for customs-related activities from the year 1796, and during these changes of activities, it suffered several modifications of its initial structure. The use of GPR allowed the visualization of structures that were buried during the renovations, such as the well located in its courtyard, and gave evidence of the presence of archaeological material from the Brazilian colonial period. These results highlight the importance of using this method for the understanding of our history. The easy handling of the equipment and the quick response encourage the use of GPR as an essential tool for archeology aiming at greater assertiveness in an eventual excavation.

Keywords: GPR. Archaeology. Mercedarians.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Linha do tempo do Convento.....	14
Figura 2.2 – Dois dos canhões, até então soterrados, logo após sua descoberta.....	15
Figura 2.3 – Um canhão escavado que posteriormente foi exposto no pátio do convento.....	16
Figura 2.4 – Localização do convento em relação ao estado.....	17
Figura 2.5 – Convento atualmente.....	18
Figura 3.1 – Esquema de utilização do GPR com transmissão e recebimento de sinais.....	20
Figura 3.2 – Técnica de aquisição de dados de GPR denominada Common Offset (afastamento comum)	21
Figura 3.3 – Radargrama obtido através da aquisição de dados com GPR.....	21
Figura 3.4 – Anomalia caracterizada por descontinuidade, destacada pelo retângulo.....	23
Figura 3.5 – Foto de uma urna <i>in situ</i> escavada a partir de indicação da anomalia de GPR, evidenciada na figura 2.5.....	24
Figura 3.6 – Resultados GPR sobre os alvos instalados em 0,5 m de profundidade adquiridos com espaçamento de um traço a cada 2 cm. a) croqui com a disposição dos alvos. b) 200 MHz. c) 270 MHz. d) 400 MHz. e) 800 MHz.....	26
Figura 4.1 – Planta baixa do Convento dos Mercedários.....	27
Figura 4.2 – Planta antiga. Área do pátio marcado em azul e possível poço marcado em círculo.....	28
Figura 4.3 – Planta atual do pátio.....	29
Figura 4.4 – Pátio atualmente. Sentido S/N.....	30
Figura 4.5 – Respectivas áreas.....	31
Figura 4.6 – Aquisição com o GPR realizado no Convento.....	31
Figura 4.7 – Linhas L/O realizadas com aparelho GPR. Linhas 11 a 13,5 no sentido Sul a Norte.....	34
Figura 4.8 – Área I.....	35

Figura 4.9 – Linha 11. Nesta linha, anomalias não são tão intensas como nas demais.....	35
Figura 4.10 – Linha 11,5 com anomalia em destaque, indicando um objeto pontual.....	36
Figura 4.11 – Linha 12 com as duas anomalias destacadas e de menor intensidade que a vista anteriormente.....	36
Figura 4.12 – Linha 12,5 com anomalias mais espaçadas.....	37
Figura 4.13 – Linha 13 com anomalias em aproximação, com uma distância de aproximadamente 2,8 metros. Primeira a esquerda no metro 4,4 e a segunda a 7,2.....	37
Figura 4.14 – Linha de 13,5 com anomalias mais aproximadas, agora com uma distância de 2,4 metros. A esquerda à 4,6 e a segunda à 7.....	38
Figura 4.15 – Esquemas das linhas 11,5 a 13,5 com as anomalias.....	38
Figura 4.16 – Anomalias conectadas através de um círculo, fazendo a alusão ao poço.....	39
Figura 4.17 – Disposição da anomalia conectada ao círculo na planta do pátio.....	39
Figura 4.18 – Escavação iniciada no local indicado.....	40
Figura 4.19 – Escavação vista por outro ângulo.....	40
Figura 4.20 – Área 2 e suas linhas.....	42
Figura 4.21 – Área 2 atualmente. Anomalias no começo dos perfis associados com os pilares dos arcos.....	42
Figura 4.22 – Linha 1,5 com uma anomalia no fim do perfil, indicando a presença de algum objeto além de pequenas anomalias no decorrer do perfil.....	43
Figura 4.23 – Linha 2 com uma região anômala bem expressiva no metro 4. Ainda é possível visualizar a anomalia da linha 1,5 neste perfil.....	43
Figura 4.24 – Linha 2,5 ainda é presente a anomalia no fim do perfil. A zona anômala no metro 4 diminui de intensidade.....	44
Figura 4.25 – Linha 3 é possível verificar uma forte anomalia no metro 6 do perfil, além de uma forte hipérbole ao fim d.....	44
Figura 4.26 – Linha 4, ao final do perfil, duas anomalias se destacam, ambas de baixa intensidade e pouco definidas.....	45
Figura 4.27 – Linha 4,5 ao fim do perfil, os padrões hiperbólicos ficam mais expressivos nesse radargrama.....	45

Figura 4.28 – Linha 5, a intensidade do sinal anômalo diminui no fim do perfil, diferente do que foi visto anteriormente.....	46
Figura 4.29 – Linha 5,5 é possível observar uma zona anômala entre 1 e 4, sendo que próximo ao metro 4 há um padrão hiperbólico expressivo, assim como no fim desse perfil.....	46
Figura 4.30 – Linha 6 é notável a zona anômala nos primeiros 4 metros do perfil.....	47
Figura 4.31 - Linha 6,5 a região anômala no começo do perfil tem um aumento de intensidade.....	47
Figura 4.32 - Linha 7 a região anômala perde intensidade e surge uma anomalia no metro 6, em um local onde anteriormente não havia anomalias expressivas.....	47
Figura 4.33 – Na linha 7,5 a região anômala perde mais intensidade e a nova anomalia vista anteriormente aumenta de intensidade.....	48
Figura 4.34 – Na linha 8 deste perfil se destaca o fim dele, onde é possível observar uma forte anomalia no fim.....	48
Figura 4.35 – A linha 8,5 apresenta padrões hiperbólicos sutis no decorrer do perfil.....	48
Figura 4.36 – A linha 9 apresenta padrões hiperbólicos mais intensos em algumas regiões.....	49
Figura 4.37 – Na linha 9,5 é possível observar o surgimento de uma perturbação do meio ao fim do perfil.....	49
Figura 4.38 – A linha 10 apresenta diversas anomalias hiperbólicas no perfil e é possível observar uma região anômala no fim do perfil.....	50
Figura 4.39 – A linha 10,5 apresenta descontinuidade entre os metros 6 e 8, sendo essas anomalias fortes.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Estimativa da profundidade em função da frequência das antenas.....	10
Tabela 3.2 – Condutividade elétrica (σ), velocidade (v) típicas de alguns materiais.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 ÁREA DE ESTUDO	13
2.1 História do Convento	13
2.2 Localização e caracterização da área	16
3 PRINCÍPIOS TEÓRICOS	19
3.1 Ground Penetration Radar (GPR)	19
3.2 Princípios operacionais.....	20
3.3 Estudos dos parâmetros geoeletricos.....	22
3.3.1 Relações Constitutivas do Meio	22
3.3.2 Velocidade de Propagação no Meio	24
4 RESULTADOS	27
4.1 Operações de campo	27
4.2 Radargramas	32
4.2.1 Processamento de dados	32
4.2.2 Área 1	32
4.2.3 Área 2	41
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O Convento dos Mercedários é um prédio localizado na cidade de Belém do Pará que possui grande valor arquitetônico, histórico e cultural, sendo tombado pelo IPHAN através do Parecer Técnico 011/2010, de 20/10/2010, no qual não só engloba o convento, mas como também outros prédios da região.

A história de sua construção começa em 1640 onde o local era utilizado como hospício, sendo uma ermida, em taipa, construído pelos padres mercedários. Em 1748, iniciou a construção da atual Igreja das Mercês, projetada por Pedro Luzardo, que posteriormente, em 1791 o convento seria extinto para dar início as atividades relacionadas a alfândega no ano de 1791. Um grande incêndio atingiu o prédio histórico em 1978 e com isso parte de seus objetos foram perdidos ou danificados. O convento foi reconstruído em 1987.

Dado a sua trajetória e acontecimentos, algumas estruturas do projeto original foram perdidas ao longo de sua história de utilização, devido a soterramento, reformas, entre outras atividades. A preservação do local se faz necessária pois de acordo com a Lei 3.924/61, Resolução CONAMA nº 01/86, Portaria IPHAN nº 07/88, projetos de exploração e de utilização de determinadas áreas da união incluíam em seu planejamento estudos de impactos ambientais e culturais. Com o objetivo de resgatar, preservar a história e a cultura local, a solicitação de levantamentos arqueológicos se faz necessária, preferencialmente, utilizando métodos que não sejam invasivos ou destrutivos.

Os levantamentos geofísicos utilizando os Métodos Eletromagnéticos (EM), por terem essas características não invasivas e não destrutivas, são bastante utilizadas na arqueologia urbana para a identificação de estruturas em profundidade (ex. antigas edificações, cerâmica, dentre outras) assim como também, o mapeamento de diferentes feições e imageamento de depósitos no subsolo (SOUZA, 2012).

A primeira aplicação desse método geofísico no contexto arqueológico brasileiro é datada no ano de 1979, na Ilha dos Bichos, no estado do Pará. José Jerônimo de Alencar Alves usou dois magnetômetros de prótons para identificar antigos locais de queima através da magnetização termo-remanescente adquirida pela argila durante o processo de aquecimento e resfriamento. A forte magnetização termo-remanescente dos fornos de argila usados por antigas civilizações, levou a estender o método magnético às pesquisas arqueológicas. Estruturas de argila cozidas são bastante frequentes mesmo em civilizações primitivas, e sua termo-remanescência era um fenômeno bem conhecido na época em que se começou a utilizar o

magnetismo na prospecção de sítios arqueológicos. Graças aos dados obtidos através desse método, foi possível delimitar o local de escavação e identificar que os locais onde as oscilações magnéticas foram mais intensas, havia uma maior quantidade de fragmentos de cerâmica e vestígios de uso intenso do fogo por parte dessas civilizações primitivas (ALVES, 1979; AITKEN, 1962).

Na região metropolitana de Belém, trabalhos como de Melo (2007) e Souza (2012) exemplificam a utilização dessa técnica para fins arqueológicos no ambiente urbano.

Melo (2007) utilizou o georadar para procurar possíveis vestígios materiais de ocupação e de alicerces da edificação antiga da senzala no Engenho Murucutu, local de importância para a história do Estado do Pará. Os resultados obtidos neste trabalho, destacaram quais seriam os melhores locais para fazer uma escavação futura a fim de explorar a área para fins arqueológicos, com menos impactos e de maneira otimizada.

Souza (2012) usou desse mesmo recurso para investigar o Palacete Faciola, situado na Rua Dr. Moraes, esquina com Av. Nazaré em Belém/PA, onde segundo o arqueólogo Paulo Roberto do Canto Lopes, responsável pela área e estudos de documentos realizados pelo Museu Histórico do Estado do Pará, os fundos do Palacete eram destinados a sepultamentos de entes da Família Faciola, o levantamento foi desenvolvido com o objetivo de localizar feições associadas a enterramentos realizados nos fundos do Palacete. O equipamento mostrou diversas feições anômalas, que podem estar associadas tanto com os sepultamentos, quanto com tubulações, bem como podem estar ligadas à presença de alicerces de edificações, sugerindo a realização de futuras escavações nas áreas com maior índice de ocorrências de anomalias.

Entre os métodos EM o método Radar de Penetração do Solo (*Ground Penetrating Radar* ou GPR) foi escolhido para o presente trabalho devido a sua facilidade de manuseio e aquisição de dados assim como também, permitir a execução de vários perfis de alta resolução de maneira rápida e prática.

O estudo foi realizado no Convento dos Mercedários e na Igreja das Mercês, localizadas respectivamente na Rua Boulevard Castilhos França e Praça Barão do Rio Branco, ambos no bairro da Campina. Este trabalho dará ênfase ao convento, mais precisamente na área do pátio onde há potencial arqueológico em razão de um poço que é presente em uma planta antiga no qual ele não aparece nas plantas atuais. O levantamento geofísico descrito neste trabalho busca confirmar ou descartar a presença dessa estrutura, assim como também, guiar futuras escavações de maneira otimizada e com menos impactos no ambiente.

2 ÁREA DE ESTUDO

2.1 História do Convento

Vinte e cinco anos após a fundação da cidade Belém, no ano de 1637, Pedro Teixeira, um dos fundadores da cidade, inicia sua viagem exploratória pelo rio Amazonas até Quito, no Equador. Em seu retorno traz consigo dois padres da ordem dos mercedários, a saber, Pedro de LaRue Cirne e João da Mercê, vindos daquele país para a cidade de Belém em 1639. Fixaram-se no bairro da Campina e a partir disso, iniciaram a sua obra religiosa na região. Em 1640, o início da história dos missionários mercedários em Belém, onde começa sua obra construindo um hospício com ermida no local onde atualmente é ocupado pela Igreja das Mercês (FERRAZ, 1990).

Com terras doadas por fazendeiros aos missionários, os mercedários adquiriram prosperidade econômica e deram início a construção de um templo na qual se iniciou em 1748, com o projeto de Pedro Luzardo, mas que foi suspensa em 1753 com somente a parte baixa das paredes construídas. Antônio José Landi foi convidado pelos padres e fez novos planos para o convento, sendo responsável pela maior parte da construção do Conjunto dos Mercedários, composto pela igreja e pelo convento, tendo sua finalização em 1790 (FERRAZ, 1990).

No ano de 1794 os padres mercedários foram expulsos, não podendo assim, continuar com sua obra na região e a área do convento tomou assento à alfândega. No ano de 1796, em razão da solicitação de Francisco de Souza Coutinho, o prédio foi utilizado como quartel junto à alfândega. No ano de 1913 a Igreja das Mercês foi reaberta ao culto como uma das solenidades do Ano Constantiniano. Neste século, várias foram as intervenções registradas no convento e inúmeras ocupações distintas foram efetuadas desde sua origem, como por exemplo, a Alfândega, o Arsenal de Guerra, Quartel Militar, Delegacia de Serviço do Patrimônio da União, Delegacia do Tesouro, Secretaria de Fazenda do Pará, entre outros (FERRAZ, 1990).

Na noite do dia 18 de outubro de 1978, um incêndio destruiu quase totalmente o convento, o fogo tomou conta do prédio e se propagou com grande rapidez devido aos fortes ventos que sopravam na Baía do Guajará. Apenas suas grossas paredes ficaram de pé (FERRAZ, 1990).

Atualmente o convento é ocupado pela Universidade Federal do Pará, sendo concedido pela Secretaria do Patrimônio da União no ano de 2018. Um curso de graduação multidisciplinar em Conservação e Restauo está instalado neste espaço, com projeto pedagógico que prevê, além de laboratórios especializados, intensa atividade de campo,

abrangendo todo o centro histórico de Belém. Um programa de pós-graduação na mesma área do curso de graduação está programado para ser estruturado e desenvolvido no mesmo ambiente, assim como cursos de capacitação técnica para profissionais que já atuam em projetos de restauro (UFPA, 2018).

Desde sua construção, o convento sofreu diversas reformas, conforme surgiam novas necessidades de expansão. Muitas dessas intervenções não estão registradas em detalhes e resquícios arqueológicos podem estar ocultos na área do convento (PANTOJA, 2016).

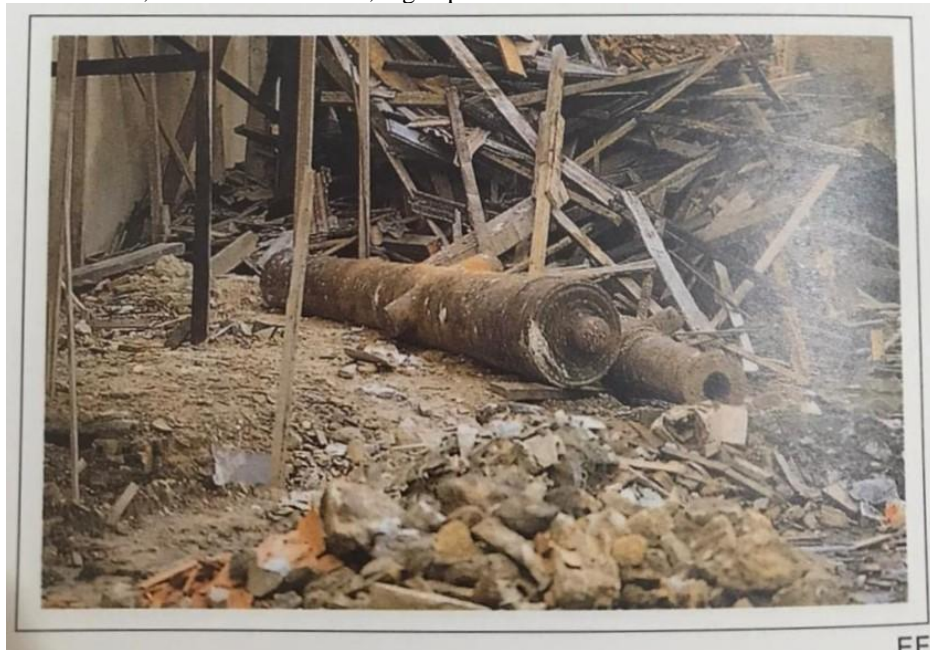
Figura 2.1 – Linha do tempo do Convento

Ano	Acontecimento
1639	Chegada dos padres mercedários de Quito a Belém
1640	Primeira edificação
1665	Construção do Forte de São Pedro Nolasco
1748	Pedro Luardo inicia nova edificação
1753	Paralisação da obra de Pedro Luardo Chegada de Landi em Belém Início da Edificação da atual Igreja e Convento dos Mercedários
1756	Finalização das Obras da Igreja e Convento dos Mercedários
1787	Junta Real da Fazenda toma posse do Complexo dos Mercedários
1794	Expulsão dos Mercedários
1796/7	Início do funcionamento da Alfândega no prédio
1835	Episódio do “trem de guerra”, cabanagem
1842	Abertura da “Rua Nova do Imperador” (Boulevard Castilhos França)
1844	Construção da ala frontal (Rua Gaspar Viana)
1845	Abertura da “Rua do Açougue” (Rua da Indústria)
1847	Ocupação pela “Recebedoria de Rendas Internas e Recebedoria de Rendas Provinciais”
1908- 1913	Ação de reparos e reabertura da igreja aos cultos
1929	Reforma da ala da Rua Gaspar Viana (delegacia fiscal)
1939	Acréscimos a delegacia fiscal (sanitários e reservatório de água)
1978	Incêndio
1985	Início da intervenção restaurativa
1987	Final da restauração
1998	Ação de reparos e manutenção na Igreja das Mercês
2002	Reparos em portas e janelas e repintura interna e externado convento

Fonte: Adaptado por Pantoja (2016)

Em uma das reformas e restaurações, foram descobertas várias balas de canhões remanescentes da ocupação do prédio pelo Arsenal de Guerra. A partir desse achado, foi criada a hipótese que peças de grande porte poderiam estar soterradas no ambiente do convento. Como imaginado, quatro canhões de grande porte, um deles medindo cerca de 2,5m de comprimento e os demais medindo cerca de 3m foram encontrados soterrados no pátio existente junto ao local onde funcionava o Arsenal de Guerra (FERRAZ, 1990).

Figura 2.2 – Dois dos canhões, até então soterrados, logo após sua descoberta.



Fonte: Ferraz (1990)

Figura 2.3 - Um canhão escavado que posteriormente foi exposto no pátio do convento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Diante de tal descoberta, houve então a necessidade de se fazer um estudo arqueológico no local, com a finalidade de poupar, resgatar e preservar a história daquele prédio. Dado a sua importância, utilizar de métodos não invasivos com a finalidade de delimitar possíveis futuros locais para escavação, se faz necessária.

2.2 Localização e caracterização da área

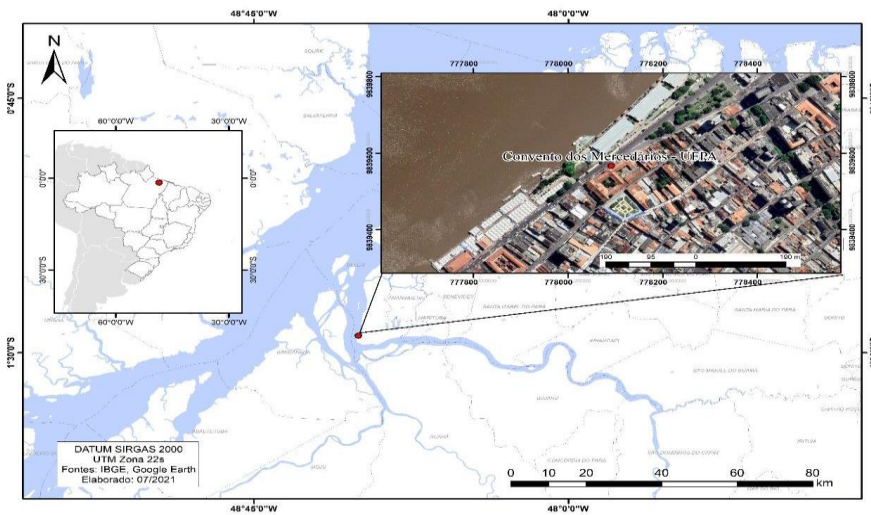
A cidade de Belém está localizada na Mesorregião Metropolitana de Belém, que abrange 11 municípios. Essa região por sua vez se localiza entre as mesorregiões do Marajó e do Nordeste Paraense.

Possui uma área de 1.059,466 km² e uma população estimada em 1.499.641 de habitantes. Limita-se ao noroeste com o município de Cachoeira do Arari, ao sudoeste com o município de Barcarena, a leste do município de Ananindeua e Marituba, e a nordeste com os municípios de Santa Bárbara do Pará e Santo Antônio do Tauá. A cidade foi fundada em 12 de janeiro de 1616 por portugueses às margens da Baía do Guajará e Rio Guamá.

A cidade de Belém encontra-se na margem leste da Baía do Guajará. No setor leste têm-se os canais de enchente e planícies de maré lamosa, que se estendem de sul a norte, ao longo da orla da cidade de Belém do Pará, tendo depósitos sedimentares lamosos. Cerca de 70% do substrato da baía de Guajará é coberto por lamas. A deposição desses sedimentos lamosos e a formação de uma barra em pontal no setor sul (foz do rio Guamá) ocorrem devido à diminuição da intensidade, para sul, das correntes de maré e, para norte, das correntes fluviais (GREGÓRIO E MENDES, 2009).

O convento está localizado na rua Boulevard Castilhos França, no bairro da Campina, próximo ao Ver-o-Peso, as margens da Baía do Guajará.

Figura 2.4 – Localização do convento em relação ao estado.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2.5 – Convento atualmente



Fonte: Wikimedia

3 PRINCÍPIOS TEÓRICOS

3.1 Ground Penetration Radar (GPR)

O GPR (Ground Penetration Radar), Radar de Penetração do Solo ou Georadar, é um método geofísico que utiliza ondas eletromagnéticas (EM) que tem como objetivo, localizar feições geológicas, estruturas, objetos enterrados em subsuperfície a partir da observação das mudanças de propriedades dielétricas do meio. O aparelho utiliza frequências pré-definidas que vão de 10 MHz a 2500 MHz (2,5GHz), cuja sua configuração dependerá da profundidade no qual deseja ser investigado.

Tabela 3.1: Estimativa da profundidade em função da frequência das antenas.

Frequência Central (MHz)	Profundidade Máxima de Penetração (m)
900	1
400	4
270	6
200	9
100	15
16-80	Até 50

Fonte: Adaptado de Porsani (1999)

Dentre os métodos eletromagnéticos, o GPR se destaca pelo seu fácil manuseio, rápida aquisição de dados em campo e sua alta resolução, no qual se permite analisar bem a área de interesse. Tais aspectos importantes mais o seu caráter não invasivo, fazem com que o GPR seja amplamente utilizado em pesquisas de cunho arqueológico não somente no Brasil, mas também como no mundo (RODRIGUES, 2009).

Aguiar (2005) explica que as propriedades eletromagnéticas (condutividade, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética) são as que definem o meio de passagem da onda eletromagnética. Devido a isso, locais com baixa condutividade, o sinal de radar pode atingir profundidade superiores a 50m, em contrapartida, regiões mais condutivas, podem reduzir consideravelmente a penetração do sinal.

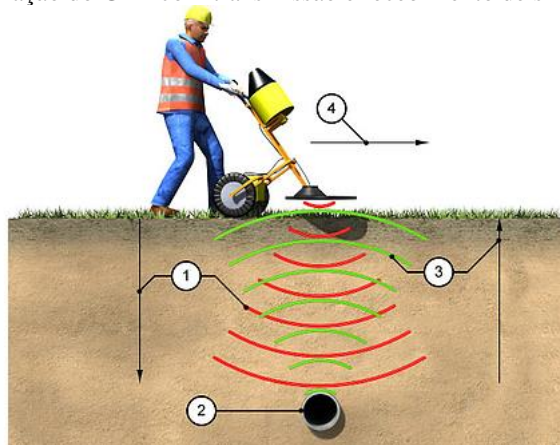
A frequência emitida pelo aparelho também contribui na penetração do sinal no meio. Frequências maiores não conseguem atingir grandes profundidades, mas apresentam melhores resoluções, de maneira inversa, frequências menores conseguem ir mais profundo no ambiente em que está sendo estudado, porém a resolução é sacrificada.

3.2 Princípios operacionais

O sistema do GPR é composto por duas antenas: Uma antena transmissora (Tx) na qual irradia ondas de alta frequência para a subsuperfície e uma antena receptora (Rx) onde é captado o sinal refletido que retorna à superfície. Essas antenas são alocadas a uma distância e orientação fixa em uma caixa blindada, no qual protege elas de interferências externas (torres de alta tensão, celulares, rádio e entre outros). O par de antenas é acoplado a uma unidade computacional onde é possível visualizar o radargrama gerado pelas ondas refletidas na subsuperfície no qual contém as informações do meio.

Por se tratar de um radar, o GPR utiliza ondas de rádio e os transmite em alta frequência (normalmente polarizada) no solo. Quando o sinal é irradiado no solo e encontra algum material de constante dielétrica diferente, parte desse sinal é refletido e suas variações de reflexão são captadas pela antena receptora (DANIELS, 1996).

Figura 3.1 – Esquema de utilização do GPR com transmissão e recebimento de sinais.



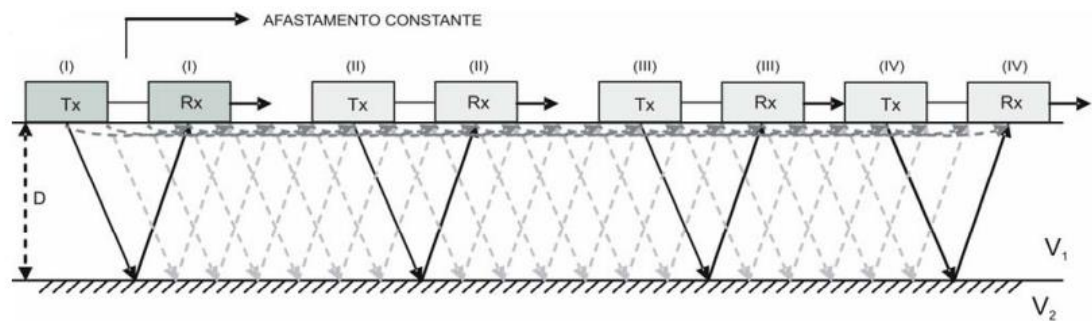
Fonte: Georadar (GPR) [entre 2015 e 2021]

- a) uma onda eletromagnética é emitida pelo transmissor do GPR;
- b) a onda percorre o meio até ser refletida devido à mudança de material (no caso das figuras, do solo para o cano metálico);
- c) geração de onda refletida, que é captada pelo receptor do GPR;
- d) Esse processo investigatório continua em sentido linear a medida que o operador move o equipamento GPR na superfície.

O modo de operação ou técnica de aquisição do GPR utilizado neste trabalho foi o de **Perfis com Afastamento Constante ou Common Offset**. Nesta técnica de aquisição se utiliza uma antena mono-estática ou então um par de antenas bi-estáticas separadas por uma distância

fixa, no qual serão transportadas ao longo de um perfil imageando as reflexões versus posição da antena (MELO, 2007). Os resultados obtidos formam um perfil de GPR, onde no eixo horizontal está a distância percorrida pelas antenas, e ao longo desse trajeto, é mostrado as variações das propriedades elétricas do meio em função do tempo duplo de onda do percurso do sinal refletido no eixo vertical.

Figura 3.2 – Técnica de aquisição de dados de GPR denominada Common Offset (afastamento comum).

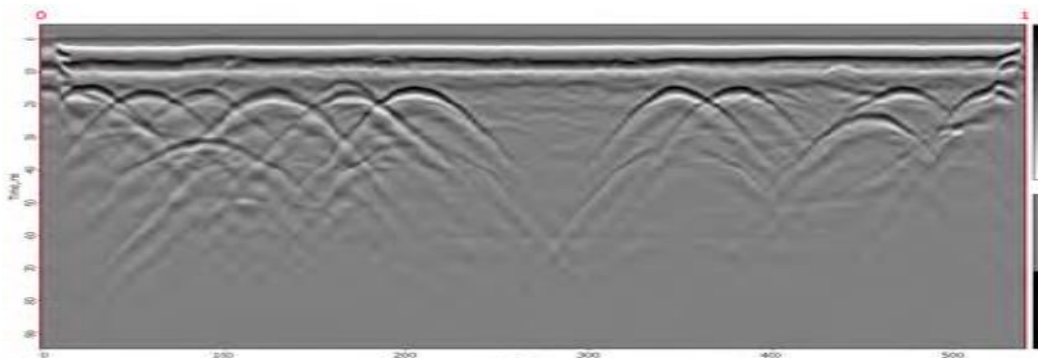


Fonte: Adaptada de Reynolds (2011)

A aquisição é realizada de maneira instantânea e o tempo que a onda eletromagnética leva para sair da antena transmissora até a antena receptora é da ordem de nanossegundos e é chamado de range (janela de tempo).

O radargrama formado após a aquisição é analisado e nele é apresentado a resposta da propagação da onda eletromagnética em cada ponto do terreno onde foi realizada a aquisição. Os contrastes elétricos dos materiais presentes no terreno são proporcionais às amplitudes dos seus traços formados a partir da propagação da onda, e ao serem colocados lado a lado, esse conjunto de traços formam uma imagem da subsuperfície.

Figura 3.3 – Radargrama obtido através da aquisição de dados com GPR



Fonte: Pomposiello (2012)

3.3 Estudos dos parâmetros geoeletricos

Por se tratar de um método eletromagnético, o GPR utiliza o princípio de transmissão e reflexão de ondas eletromagnéticas, diante disso, elas são baseadas nas equações de Maxwell, no qual se descreve o comportamento dos fenômenos elétricos no meio.

As equações de Maxwell descrevem o comportamento e reflexão de ondas eletromagnéticas em qualquer meio pela interação entre os campos elétricos e os magnéticos. Para que se obtenha informações sobre os materiais por onde os campos eletromagnéticos atuam é necessário utilizar as relações constitutivas do meio representadas pelas propriedades físicas dos materiais (condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética) (RODRIGUES, 2009).

3.3.1 Relações Constitutivas do Meio

Para relacionar as propriedades físicas do material aos seus respectivos campos eletromagnéticos, utilizamos as relações constitutivas do meio. São elas a condutividade elétrica (σ), permissividade dielétrica (ϵ) e permeabilidade magnética (μ).

a) condutividade elétrica;

– chamada também de Lei de Ohm, esta é a primeira relação em que o vetor densidade elétrica (\mathbf{J}) e o vetor campo elétrico (\mathbf{E}) são relacionadas. Elas são descritas como:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (1)$$

Essa relação é quase que linear em materiais geológicos simples, onde a constante de proporcionalidade é a condutividade elétrica (σ). De acordo com Keller e Trinkauss (1987), a condutividade elétrica de um material é a capacidade deste em conduzir corrente elétrica.

Dentre os fatores que podem alterar o valor da condutividade elétrica no meio, os principais são: A presença de minerais condutivos, salinidade, porosidade e o teor de argila.

Nos levantamentos utilizando o GPR, a unidade de medida é mS/m;

b) permissividade dielétrica;

– a Permissividade Dielétrica é a segunda relação na qual descreve a capacidade de um material armazenar e liberar energia eletromagnética no formato de carga elétrica e se relaciona com a capacidade de armazenamento de capacitores.

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (2)$$

É possível descrever a permissividade como a capacidade de restringir o fluxo de cargas livres ou grau de polarização (em F/m) exibido por um material em influência de um campo elétrico aplicado. Diante disso, temos a Permissividade relativa (ϵ_r) que é descrita por:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (3)$$

Onde:

ϵ : Permissividade no meio em (F/m);

ϵ_0 : Permissividade no vácuo $8,854.10^{-12}$ F/m;

c) permeabilidade magnética;

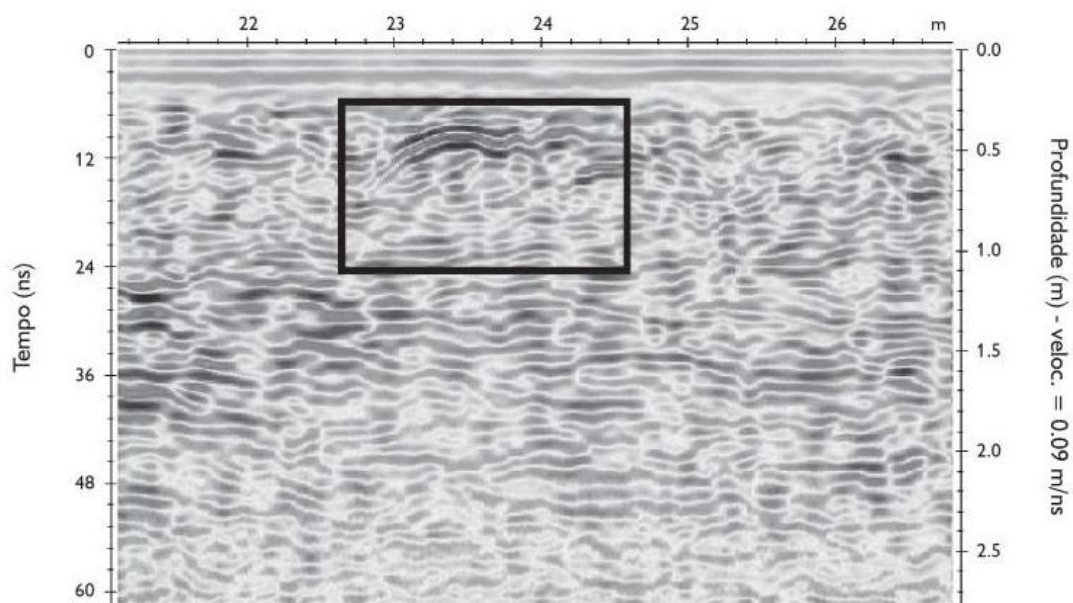
Essa propriedade relaciona o vetor intensidade de campo magnético (\mathbf{H}) ao vetor indução magnética (\mathbf{B}) sendo medida em Henry por metro (H/m), de acordo com a equação abaixo:

$$\vec{B} = \mu\vec{H} \quad (4)$$

É importante salientar que na maioria das situações geológicas os fatores que realmente controlam o sinal do GPR são as propriedades elétricas. Por essa razão, se supõe que a permeabilidade magnética é independente da frequência dos materiais geológicos e não varia de maneira significativa com a permeabilidade no vácuo (OLHOEFT, 1981; KELLER; TRINKAUS; 1987).

No radargrama a seguir, é mostrado a influência de um material cerâmico e como ele é apresentado no dado. (GOMES; LUIZ, 2013)

Figura 3.4 – Anomalia caracterizada por descontinuidade, destacada pelo retângulo



Fonte: Adaptado de Gomes e Luiz (2013)

Figura 3.5 – Foto de uma urna *in situ* escavada a partir de indicação da anomalia de GPR, evidenciada na figura 2.5



Fonte: Adaptado de Gomes e Luiz (2013)

3.3.2 Velocidade de Propagação no Meio

Ao substituir as relações constitutivas nas equações de Maxwell e aplicando identidades vetoriais, torna-se possível definir a velocidade de propagação da onda eletromagnética em um meio. Diante disso, pode-se estabelecer os parâmetros que influenciam na propagação e de atenuação da onda eletromagnética.

Em meios onde o sinal sofre baixa perda de energia o campo EM se propaga com uma velocidade de fase descrita por:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

Onde:

c : Velocidade da luz no vácuo, $2,99863 \cdot 10^8$;

ϵ_r : Permissividade ou constante dielétrica dos materiais

A Tabela a seguir mostra os valores de condutividade e a velocidade aproximada em alguns materiais. Esses valores geralmente são utilizados como referência na interpretação de litologia ou no processo de modelagem geofísica.

Tabela 3.2 - Condutividade elétrica (σ), velocidade (v) típicas de alguns materiais

Material	σ	v (m/ns)
Ar	0	0,30
Água destilada	0,01	0,033

(continuação)

(continuação)

Água fresca	0,5	0,033
Água oceânica	3000	0,01
Areia seca	0,01	0,15
Areia saturada	1-10	0,06
Calcário	0,5-2	0,12
Xisto	1-100	0,09
Siltito	1-100	0,07
Argilas	0,01-1	0,13
Granito	0,01-1	0,13
Sal seco	0,01-1	0,13
Gelo	0,01	0,16

Fonte: Adaptado de Annan (2005)

O comprimento de onda é dado pela relação entre a velocidade e a frequência $\lambda = v/f$. Ao substituir na expressão da velocidade para a onda eletromagnética, se obtém:

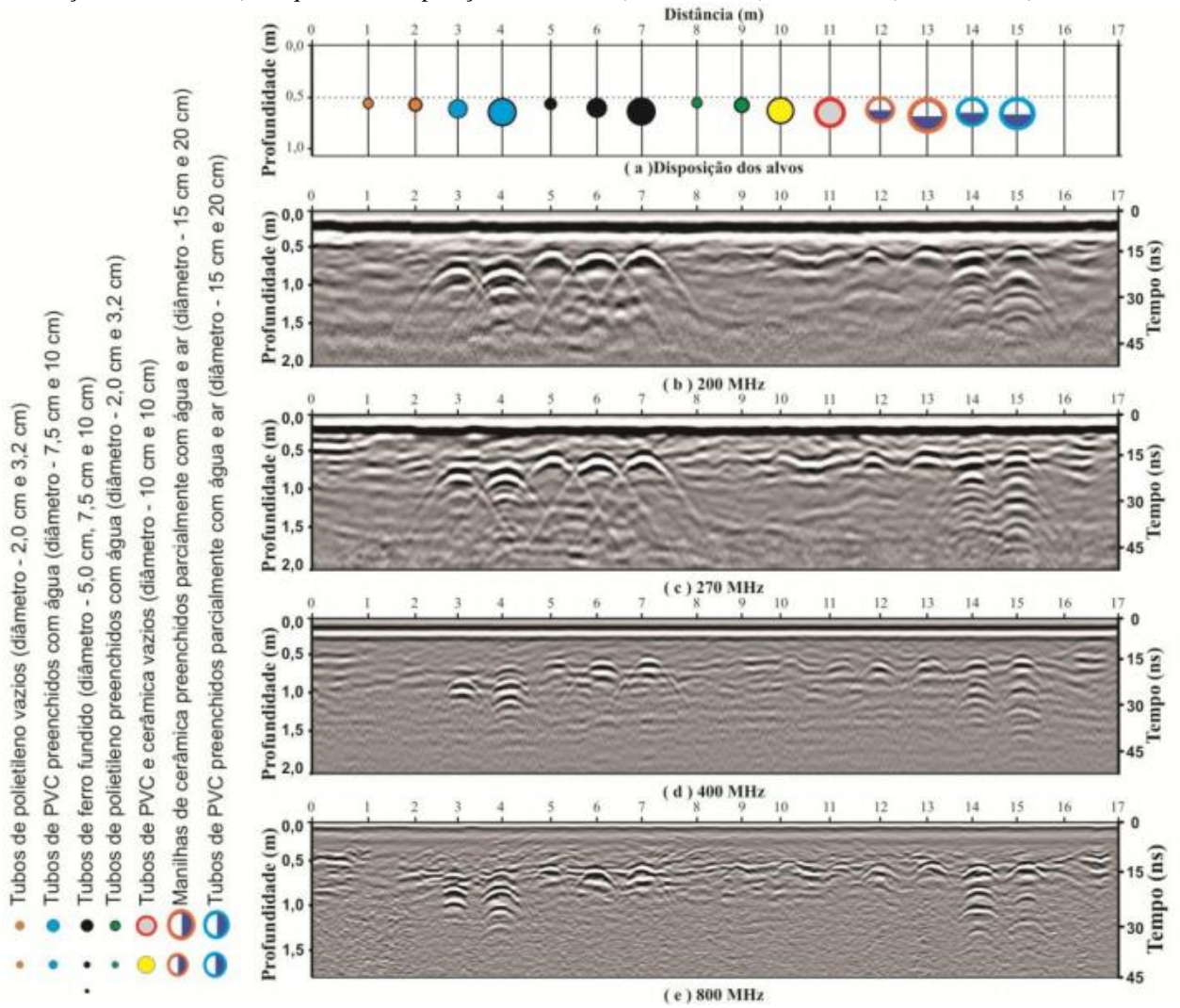
$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

A profundidade de penetração é limitada graças a um dos parâmetros do meio, a atenuação. Essa profundidade de penetração é controlada pela frequência de operação do GPR e a resistividade do meio, definido como Skin Depth (δ):

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \quad (7)$$

Poluha (2017) exemplifica a importância da frequência para a aquisição de dados. Através de um ambiente controlado, ele mostra no radargrama a seguir como a resolução do dado adquirido muda de acordo com a frequência utilizada no GPR e como os diferentes materiais reagem ao sinal emitido. Percebe-se que o radargrama de menor frequência obteve uma resolução melhor que os demais.

Figura 3.6 – Resultados GPR sobre os alvos instalados em 0,5 m de profundidade adquiridos com espaçamento de um traço a cada 2 cm. a) croqui com a disposição dos alvos. b) 200 MHz. c) 270 MHz. d) 400 MHz. e) 800 MHz



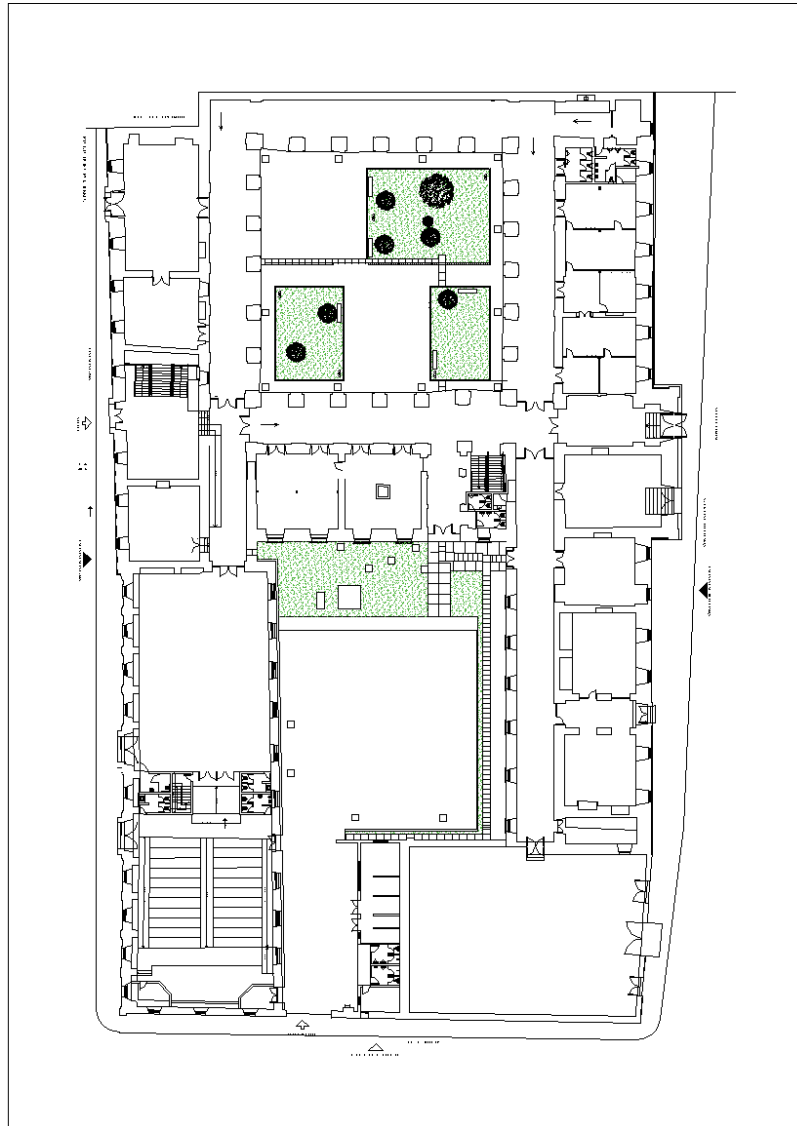
Fonte: Adaptado de Poluha (2017)

4 RESULTADOS

4.1 OPERAÇÕES DE CAMPO

No Convento dos Mercedários, foram realizados 130 perfis durante o período de 23/07/2020 a 25/08/2020, sendo 50 deles na direção Norte/Sul e 80 na direção Leste/Oeste. A figura 4.1 mostra a planta baixa do convento.

Figura 4.1 – Planta baixa do Convento dos Mercedários

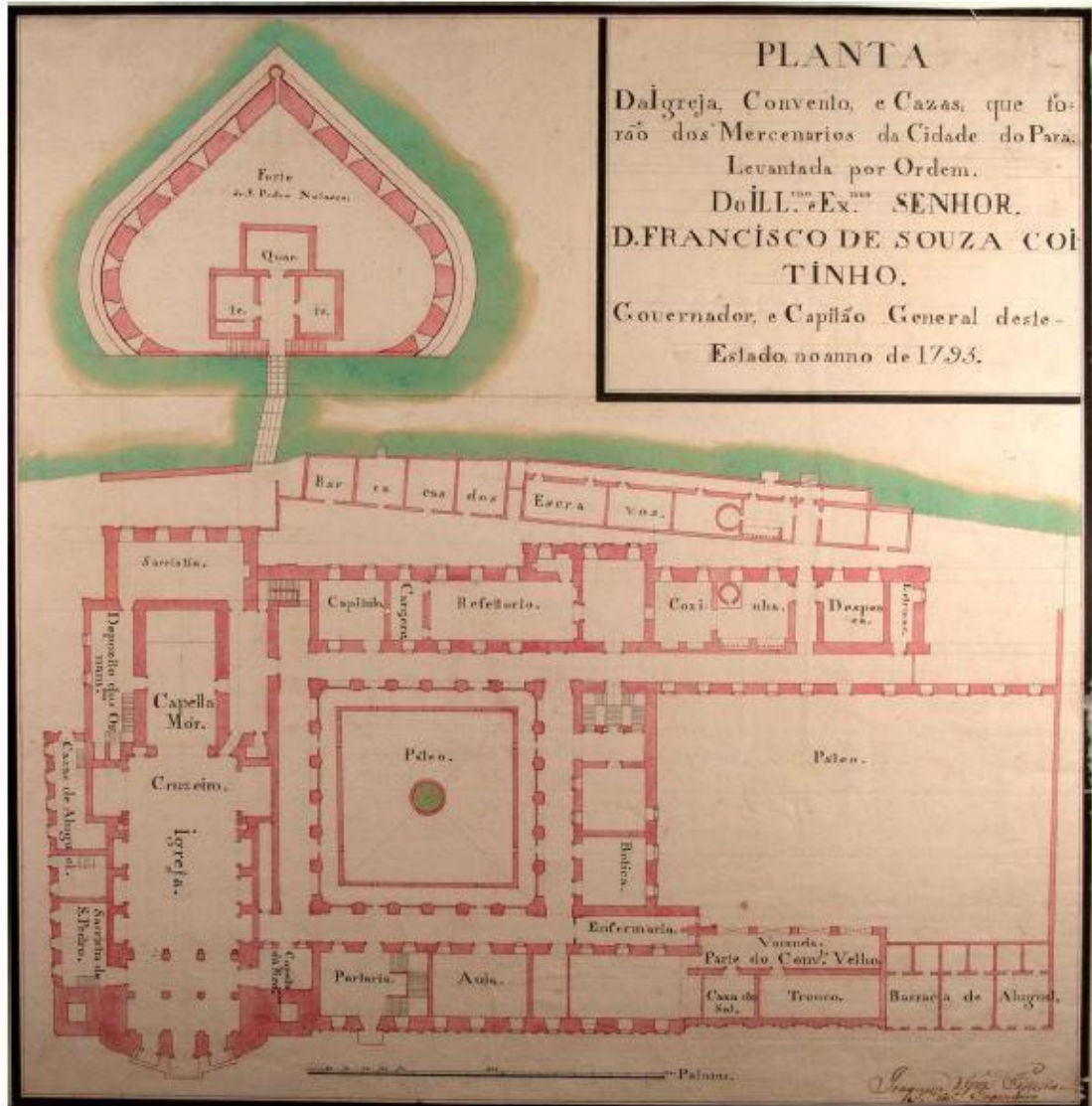


Fonte: Claudino (2020)

Destes perfis, os mais relevantes ao trabalho são os que foram realizados na área do pátio do convento, pois é constatado em uma planta datada de 1793 (Figura 4.2), que havia uma estrutura semelhante a um poço no centro dele. Como o convento passou por diversas reformas e muitas delas não foram catalogadas, tal estrutura não aparece nas plantas atuais (Figura 4.3)

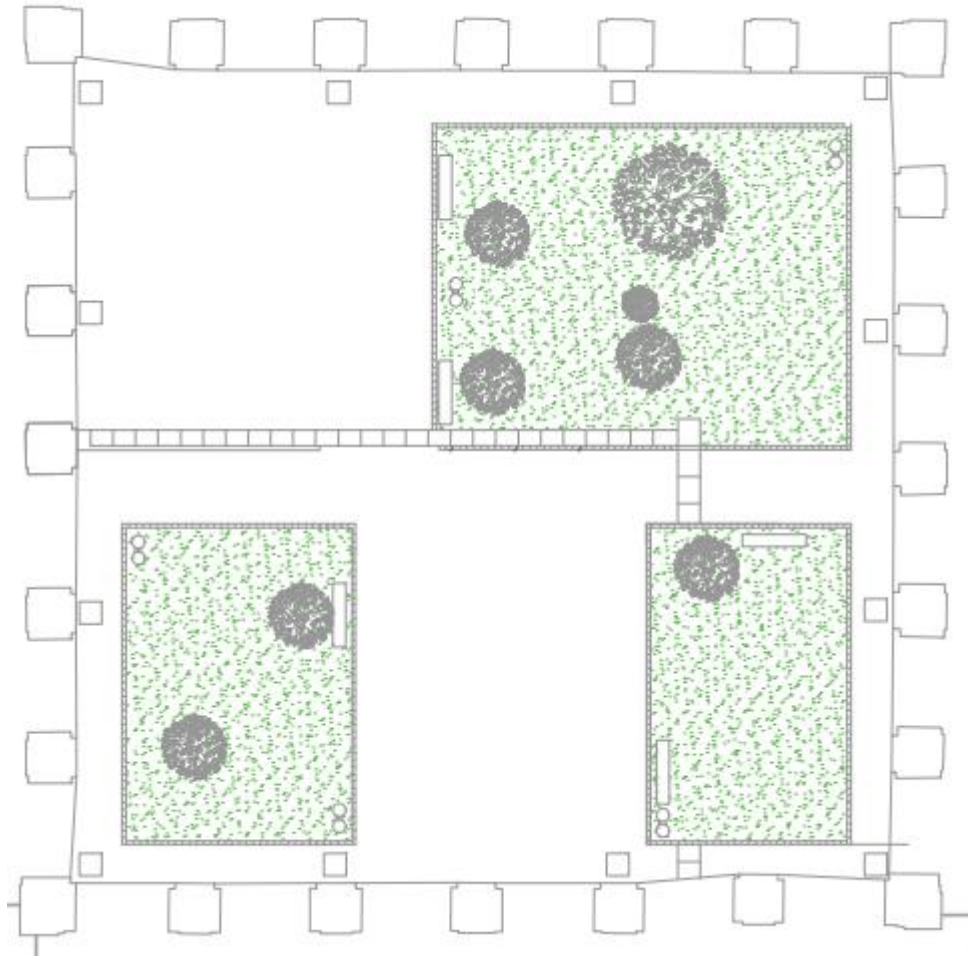
e nem no ambiente estudado (Figura 4.4), criou-se então uma dúvida a respeito se ela realmente existiu.

Figura 4.2 – Planta antiga. Área do pátio marcado em azul e possível poço marcado em círculo



Fonte: Planta..., (1793)

Figura 4.3 – Planta atual do pátio



Fonte: Araújo (2021a)

Figura 4.4 – Pátio atualmente. Sentido S/N



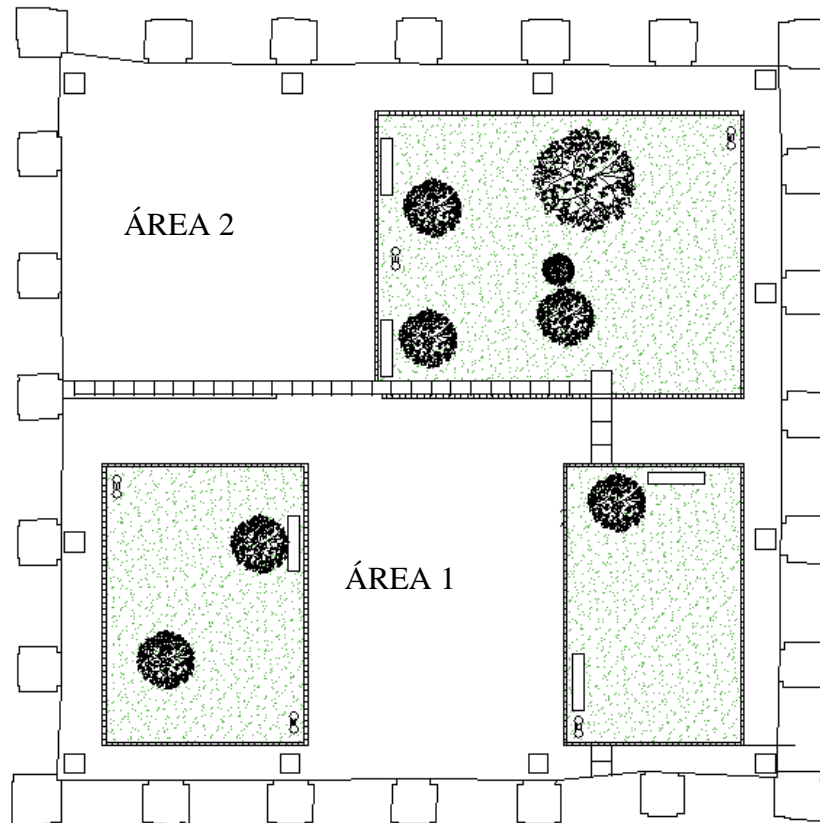
Fonte: Autor do trabalho (2021)

Os perfis realizados na área do pátio foram concentrados em duas áreas no qual chamaremos de área 1 e 2, com a finalidade de facilitar o entendimento.

Na área 1, foram realizadas 7 linhas no sentido S/N, sendo que cada linha tem 13,5m de comprimento e todas elas estão separadas a 1m. Ainda na área 1, no sentido L/O, foram realizados 10 perfis, onde eles apresentam 9m de comprimento e estão separadas a 0,5m cada.

A área 2 por sua vez, foram feitas 11 linhas no sentido N/S, cada uma medindo 11,5m de comprimento separados a 1m cada, sendo o sentido oposto do qual foi realizado na área 2. No sentido O/L, há 19 linhas com 9m de comprimento cada e espaçadas em 0,5m. A figura a seguir exemplifica o arranjo dos perfis.

Figura 4.5 – Respectivas áreas



Fonte: Araújo (2021b)

Em todas as aquisições, foi utilizada a antena de 400 Mhz biestática blindada utilizando o sistema SIR-3000 (Figura 4.6), produzido pela Geophysical Survey Systems, Inc (GSSI), o levantamento foi feito em common offset (afastamento comum).

Figura 4.6 – Aquisição com o GPR realizado no Convento



Fonte: Autor do trabalho (2021)

4.2 Radargramas

4.2.1 Processamento de dados

Após a aquisição de dados com a antena GPR, os radargramas são armazenados no computador portátil que é conectado a antena. O arquivo bruto passa por um processamento com a finalidade de melhorar visualização da informação obtida e revelar detalhes que não estavam visíveis quando foram adquiridas.

O processamento foi realizado com o software *Reflex-win version 7.2.3* seguindo uma ordem de ações.

- a) interpolação de marcas horizontais;
 - esse processo normaliza a escala horizontal do perfil coletado no modo tempo;
- b) correção estática;
 - em como objetivo de corrigir a topografia do terreno e eliminar o efeito da onda direta, além de fazer a correção do tempo zero;
- c) aplicação de ganho manual na direção Y;
 - esse filtro tenta compensar os efeitos de atenuação do sinal do radar com a finalidade de melhorar a observação de estruturas mais profundas;
- d) filtragem 1D;
 - é um conjunto de filtros que ajudam a eliminar ruídos de baixa e alta frequência, melhorando significativamente a relação sinal/ruído, contribuindo para facilitar a identificar os alvos;
- e) ganho linear.

4.2.2 Área 1

De todas as linhas feitas na área 1, destacam-se as linhas L/O (Figura 4.7), mais precisamente as linhas 11; 11,5; 12; 12,5; 13 e 13,5 pois estas foram realizadas onde provavelmente se encontra o antigo poço presente na planta de 1793 (Figura 4.2).

Todas as linhas apresentam o mesmo comprimento de 9 metros e estão separadas a uma distância de 50 centímetros cada.

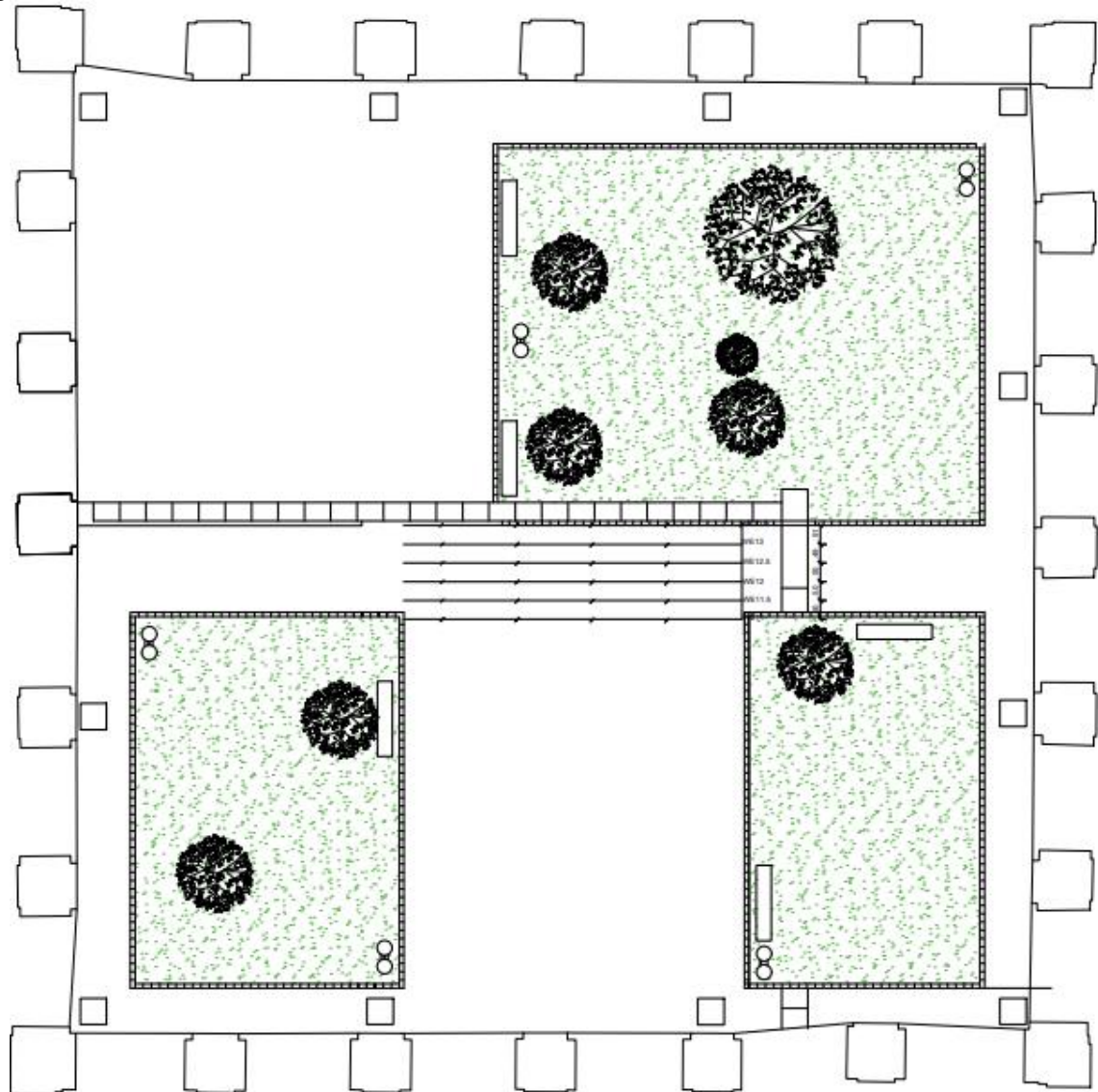
A linha 11 não apresenta quaisquer informações pertinentes do meio estudado, porém é considerado importante pois a partir da 11,5 é possível observar padrões hiperbólicos que indicam a presença de objetos pontuais no ambiente (Figura 4.9). A partir da linha 11,5; é possível perceber uma anomalia bem expressiva no metro 6 (Figura 4.9). Essa anomalia pode estar associada com a borda do poço.

Na linha 12, é possível observar que agora há a presença de duas anomalias, que são de menor intensidade que a vista na 11,5. As duas estão afastadas aproximadamente a 2,1m; sendo uma no metro 4,7 e a outra no metro 6,85; aproximadamente (Figura 4.10).

Na linha 12,5 é possível ver que essas duas anomalias se afastam mais um pouco, o que poderia indicar uma abertura de diâmetro de alguma estrutura circular. Ambas estão distantes em aproximadamente 2,9 metros. A primeira a esquerda da imagem está no metro 4,30 e a da direita, 7,20; aproximadamente (Figura 4.11).

Da linha 13 (Figura 4.12) a 13,5 (Figura 4.13), há uma aproximação entre essas duas anomalias, o que pode indicar que o aparelho passou pela segunda metade da estrutura circular e que seu diâmetro está diminuindo.

Figura 4.7 – Linhas L/O realizadas com aparelho GPR. Linhas 11 a 13,5 no sentido Sul a Norte



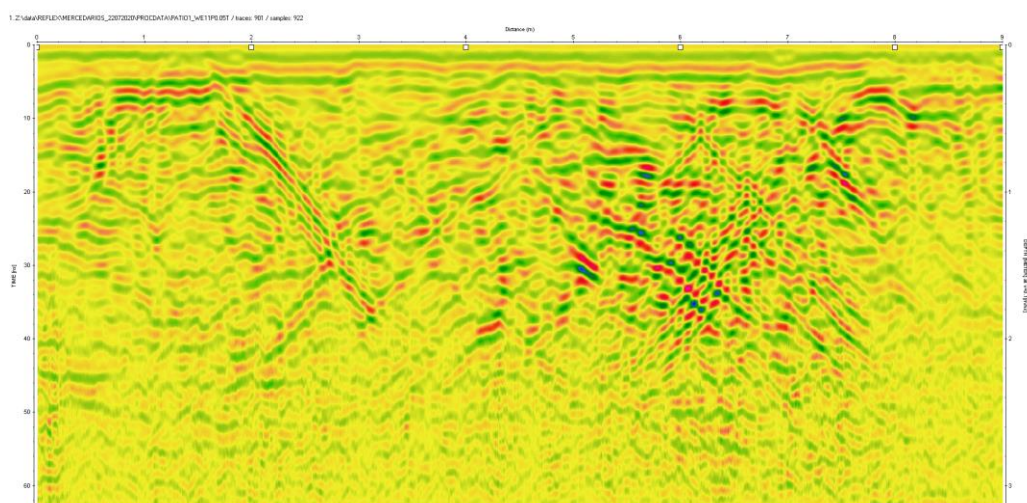
Fonte: ARAÚJO, 2021c

Figura 4.8 – Área I



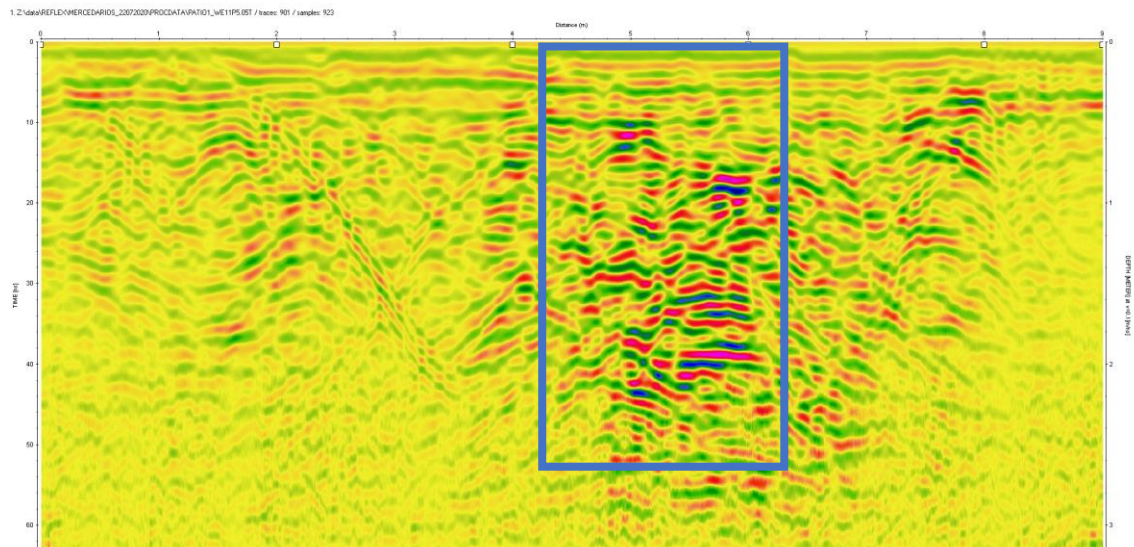
Fonte: Autor do trabalho (2021)

Figura 4.9 – Linha 11. Nesta linha, anomalias não são tão intensas como nas demais



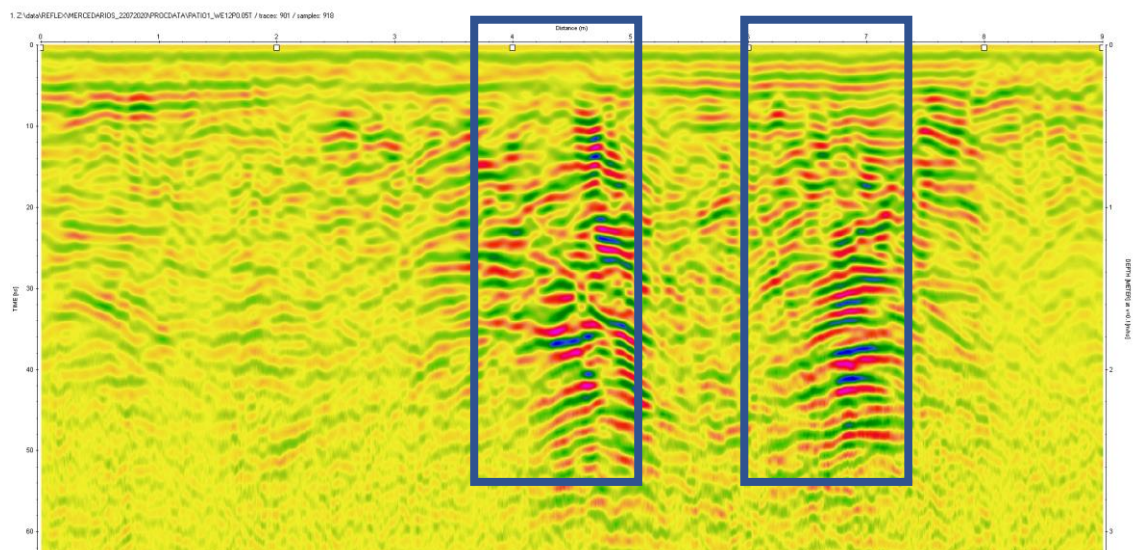
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.10 – Linha 11,5 com anomalia em destaque, indicando um objeto pontual



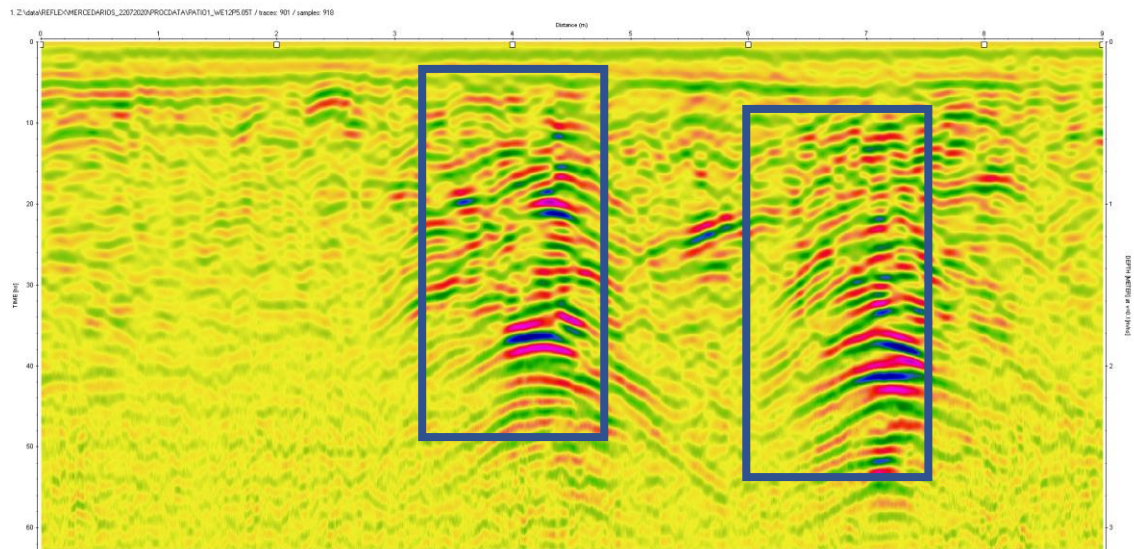
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.11 – Linha 12 com as duas anomalias destacadas e de menor intensidade que a vista anteriormente



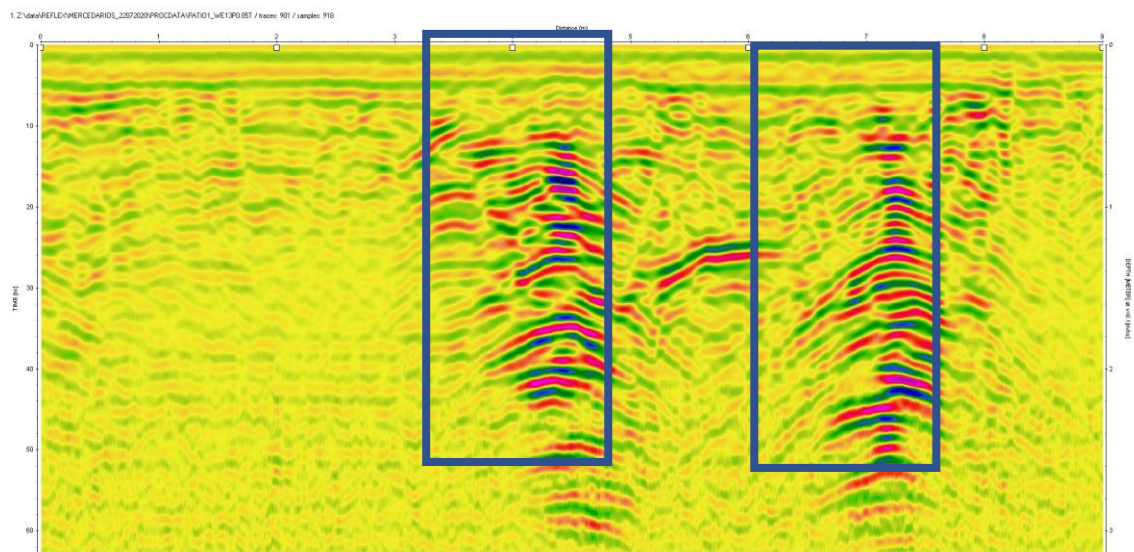
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.12 – Linha 12,5 com anomalias mais espaçadas



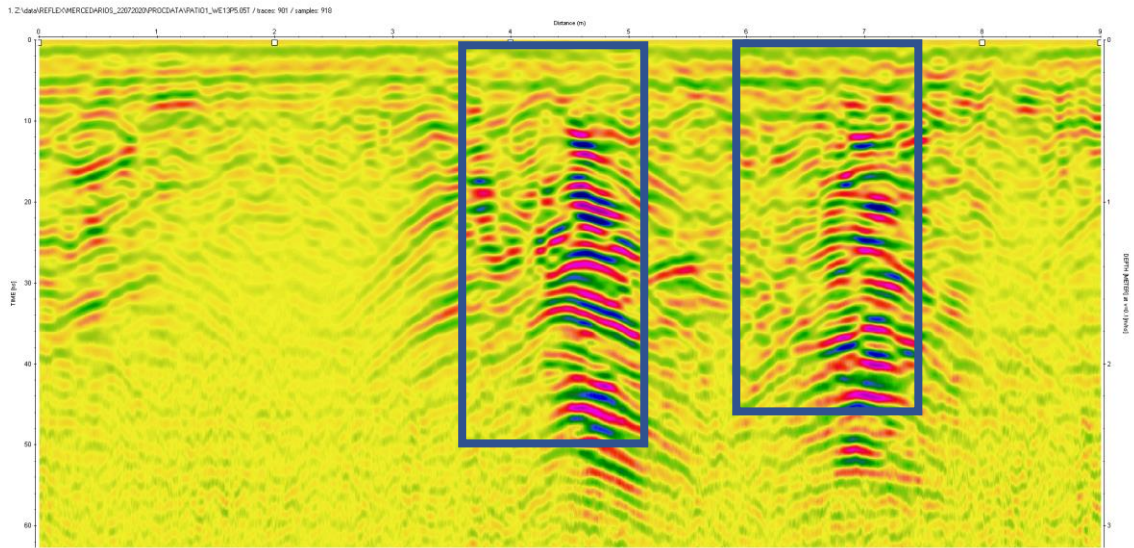
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.13 – Linha 13 com anomalias em aproximação, com uma distância de aproximadamente 2,8 metros. Primeira a esquerda no metro 4,4 e a segunda a 7,2



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

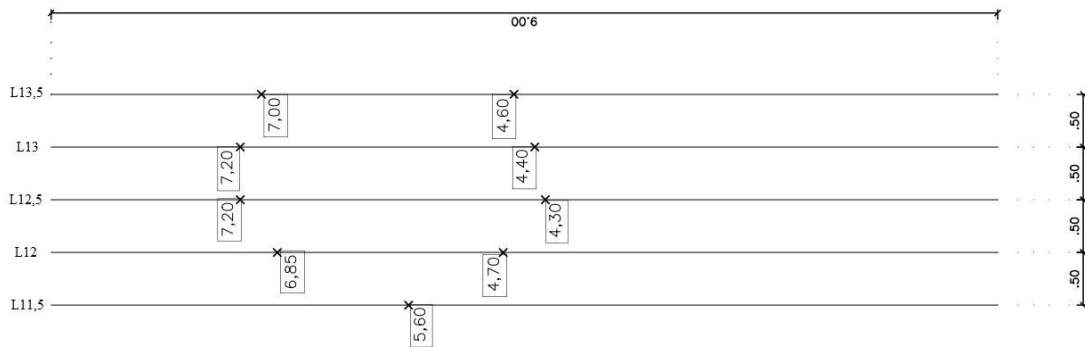
Figura 4.14 – Linha de 13,5 com anomalias mais aproximadas, agora com uma distância de 2,4 metros. A esquerda à 4,6 e a segunda à 7



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

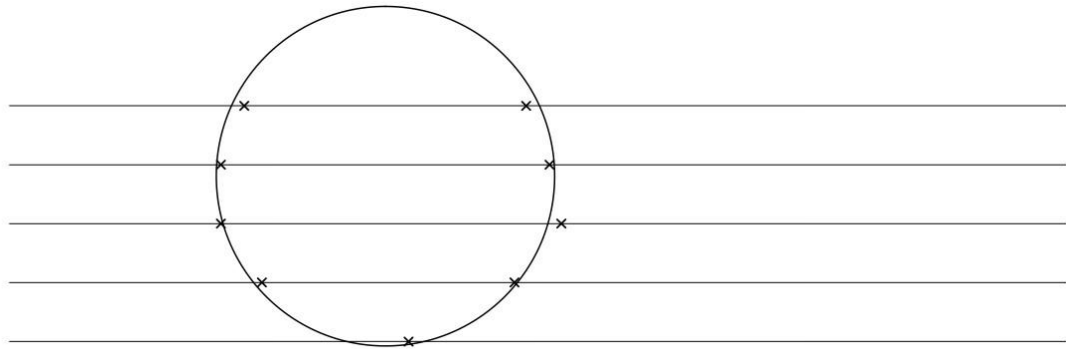
As anomalias em um primeiro momento se afastando e em seguida se aproximando, indicam uma estrutura semelhante a um círculo. O esquema a seguir exemplifica essa hipótese.

Figura 4.15 – Esquemas das linhas 11,5 a 13,5 com as anomalias



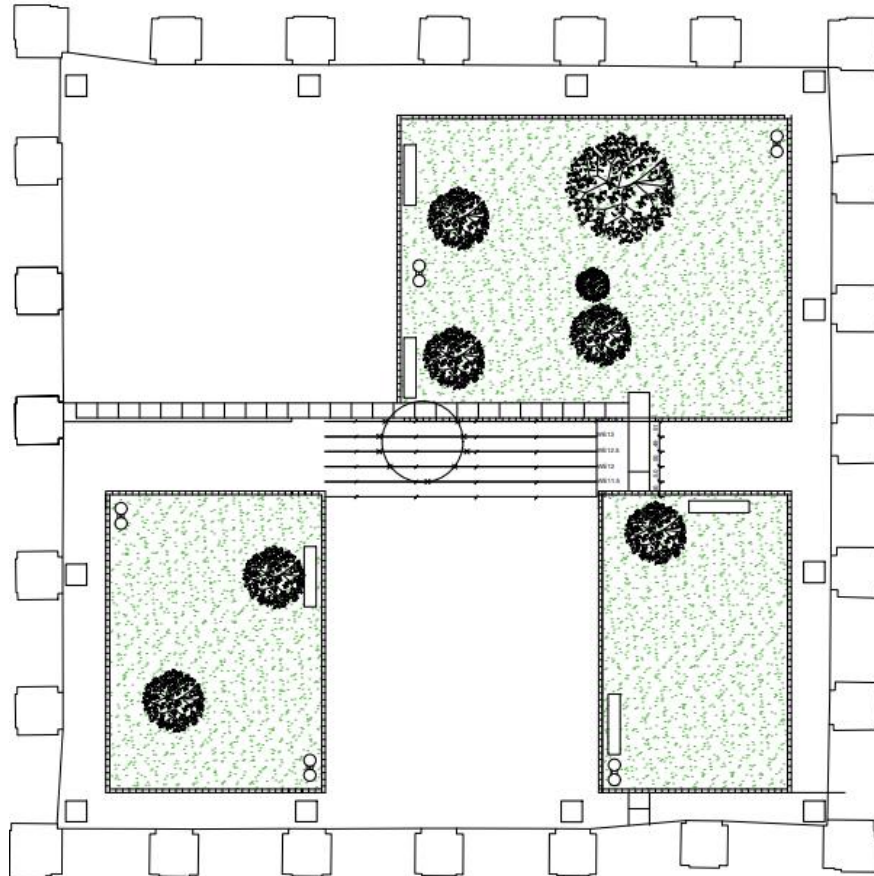
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.16 – Anomalias conectadas através de um círculo, fazendo a alusão ao poço



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.17 – Disposição da anomalia conectada ao círculo na planta do pátio



Fonte: Araújo (2021d)

Graças a esse resultado, foi iniciada uma escavação no local indicado pelas anomalias. Essa escavação busca averiguar a existência dessa estrutura no local.

Infelizmente devido a pandemia de COVID-19, as obras foram paralisadas, mas futuramente retornarão.

Figura 4.18 – Escavação iniciada no local indicado



Fonte: Autor do trabalho (2021)

Figura 4.19 – Escavação vista por outro ângulo



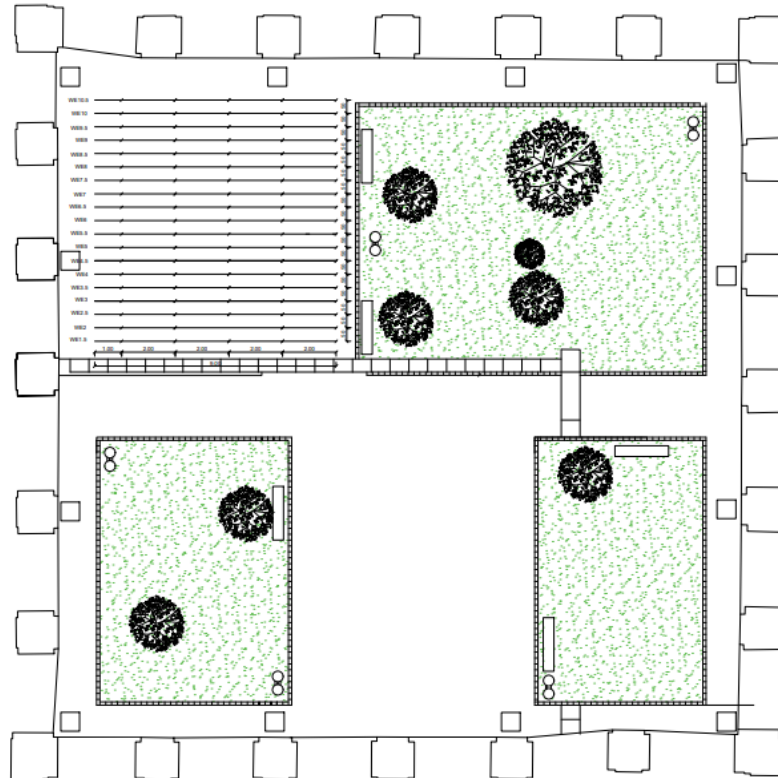
Fonte: Autor do trabalho (2021)

4.2.3 Área 2

Os radargramas da área 2 apresentaram diversas anomalias, porém estas anomalias não têm correlação histórica como as anomalias da área 1, que provavelmente estão associadas com a estrutura do poço. Apesar de não apresentarem essa correlação, elas são importantes pois podem indicar novas estruturas e artefatos que são desconhecidas e futuramente guiar novas escavações.

Das linhas feitas na área 2, destacam-se novamente as L/O, que por sua vez, foram realizadas no sentido O/L, diferente da área 1. Nesse sentido O/L, há 19 linhas com 9m de comprimento cada e espaçadas em 0,5m.

Figura 4.20 – Área 2 e suas linhas



Fonte: Araújo (2021e)

Figura 4.21 – Área 2 atualmente. Anomalias no começo dos perfis associados com os pilares dos arcos

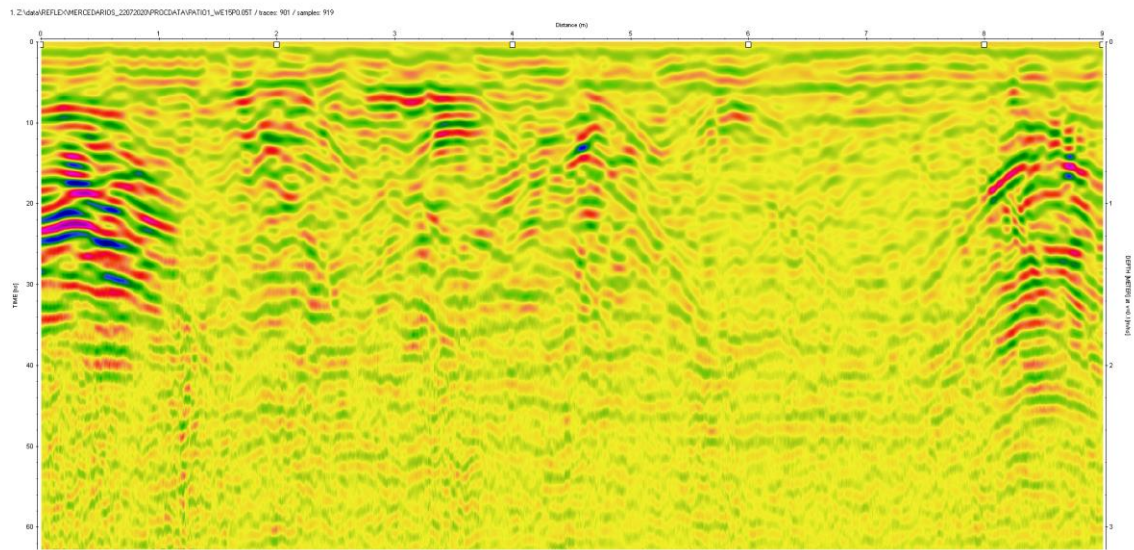


Fonte: Autor do trabalho (2021)

Algumas linhas dessa área apresentam uma anomalia em comum no começo do perfil, essa anomalia por sua vez, está provavelmente associada com a estrutura do próprio convento, sendo os pilares de sustentações. As linhas são 1,5; 2; 2,5; 3; 6 e 6,5.

Na linha 1,5 é possível perceber ao final do perfil (por volta de 8,50) uma anomalia hiperbólica que indica a presença de algum objeto pontual naquele local. Esse padrão hiperbólico se repete nas demais linhas daquela área, com exceção das linhas 9; 9,5; 10 e 10,5. As repetições variam de intensidade.

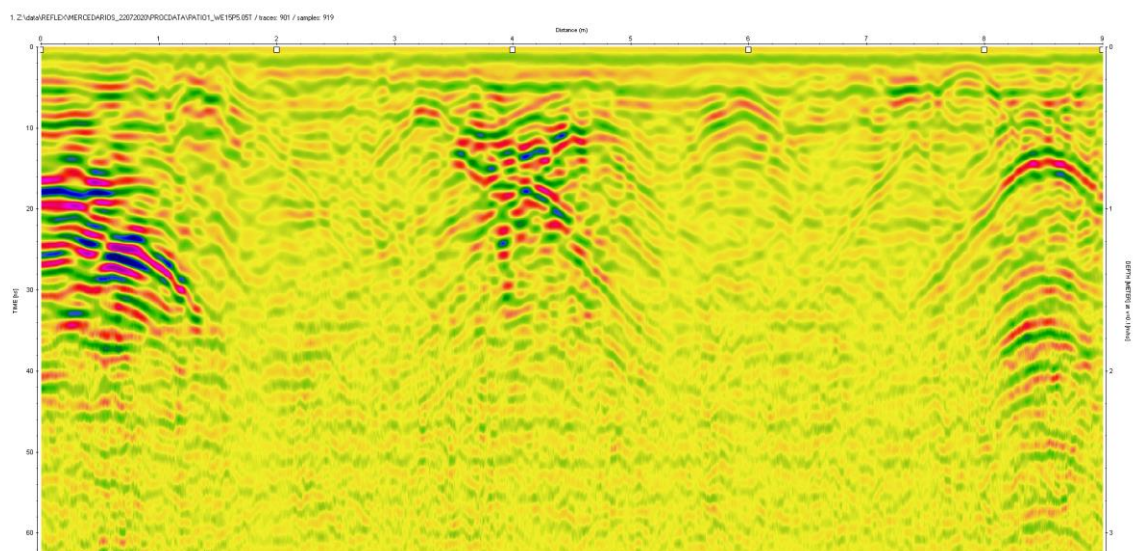
Figura 4.22 – Linha 1,5 com uma anomalia no fim do perfil, indicando a presença de algum objeto além de pequenas anomalias no decorrer do perfil



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

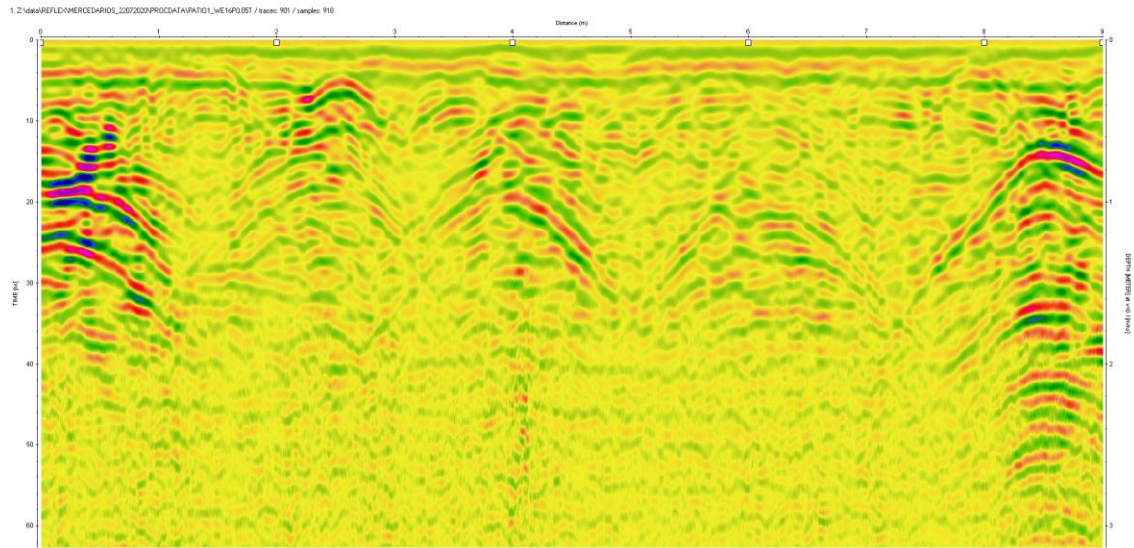
A linha 2 apresenta uma anomalia forte no metro 4, que por sua vez, na linha 2,5; diminui e intensidade. É possível perceber que no topo dessa anomalia, ela tem um formato de um vale, geralmente sendo associados com cavidades preenchidas por humus.

Figura 4.23 – Linha 2 com uma região anômala bem expressiva no metro 4. Ainda é possível visualizar a anomalia da linha 1,5 neste perfil



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

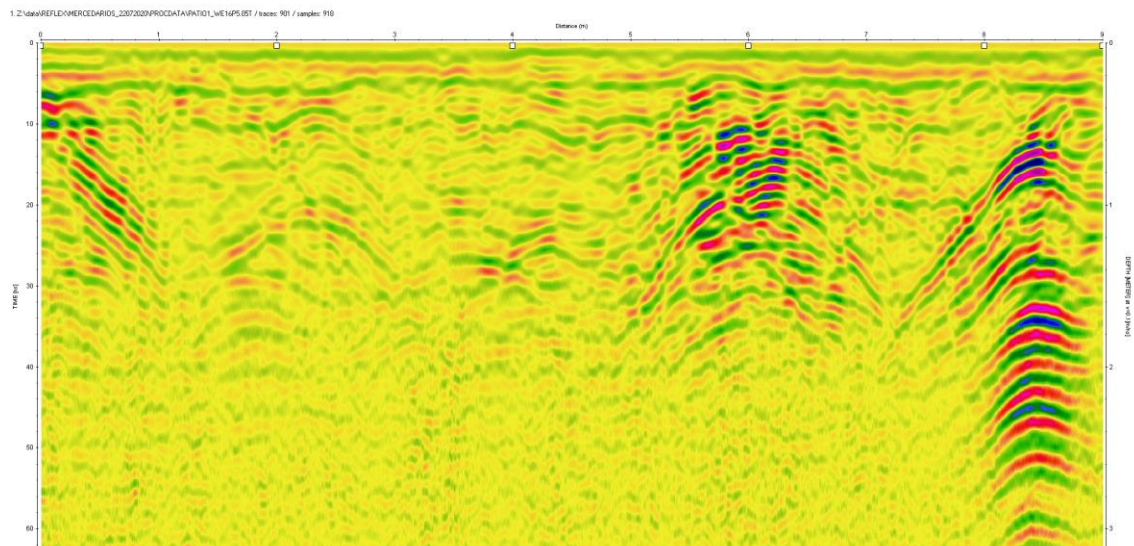
Figura 4.24 – Linha 2,5 ainda é presente a anomalia no fim do perfil. A zona anômala no metro 4 diminui de intensidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

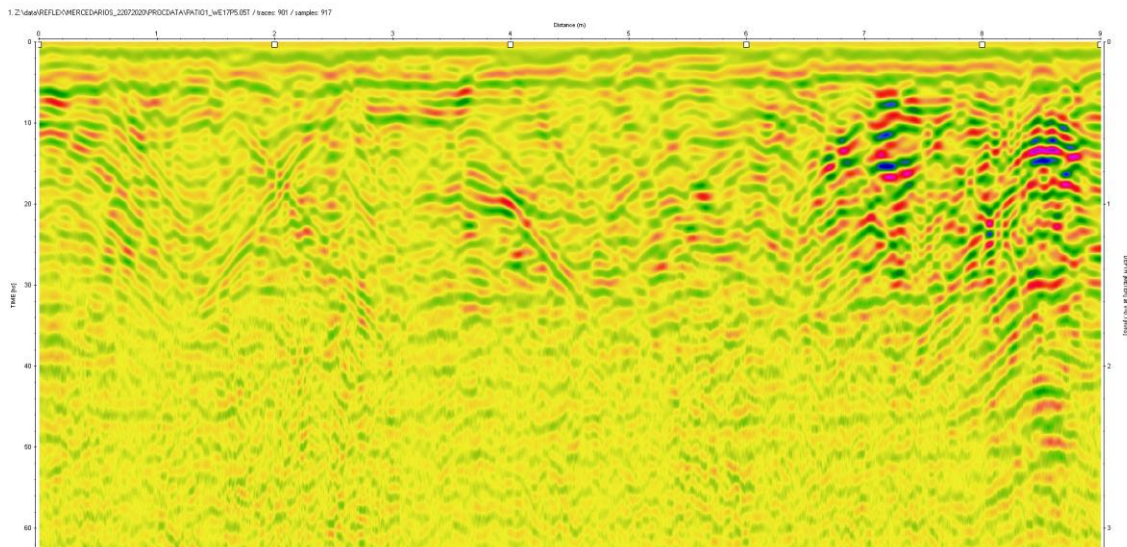
O perfil 3 apresenta uma forte anomalia por volta do metro 6, que se repete no perfil 3,5 mas com uma menor intensidade. Destaca-se também, a anomalia em comum as demais linhas, pois neste perfil ela apresenta a maior intensidade que nas demais.

Figura 4.25 – Linha 3 é possível verificar uma forte anomalia no metro 6 do perfil, além de uma forte hipérbole ao fim d



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

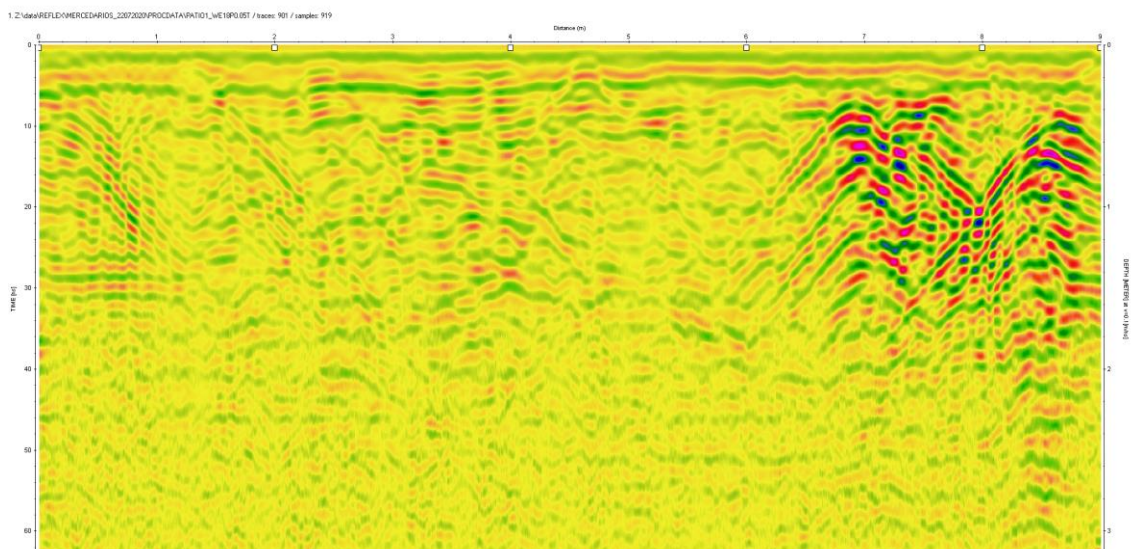
Figura 4.26 – Linha 4, ao final do perfil, duas anomalias se destacam, ambas de baixa intensidade e pouco definidas



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

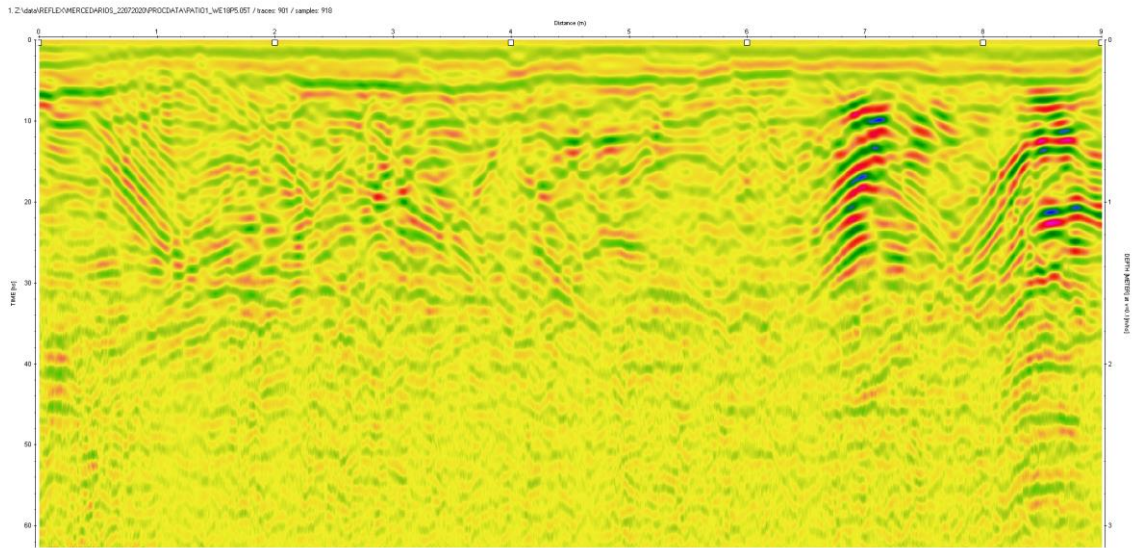
A linha 4 apresenta anomalias com formas irregulares no fim do perfil, porém, elas ficam mais perceptíveis no perfil 4,5.

Figura 4.27 – Linha 4,5 ao fim do perfil, os padrões hiperbólicos ficam mais expressivos nesse radargrama



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

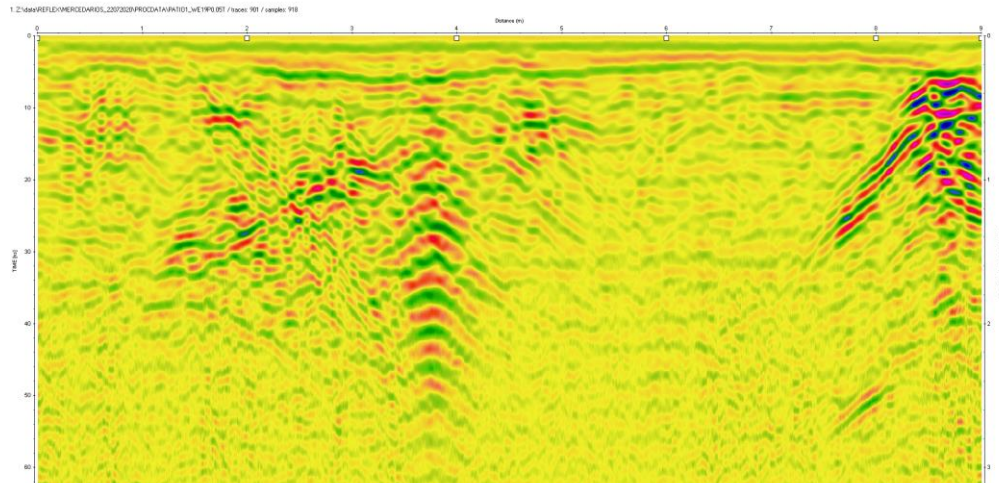
Figura 4.28 – Linha 5, a intensidade do sinal anômalo diminui no fim do perfil, diferente do que foi visto anteriormente



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

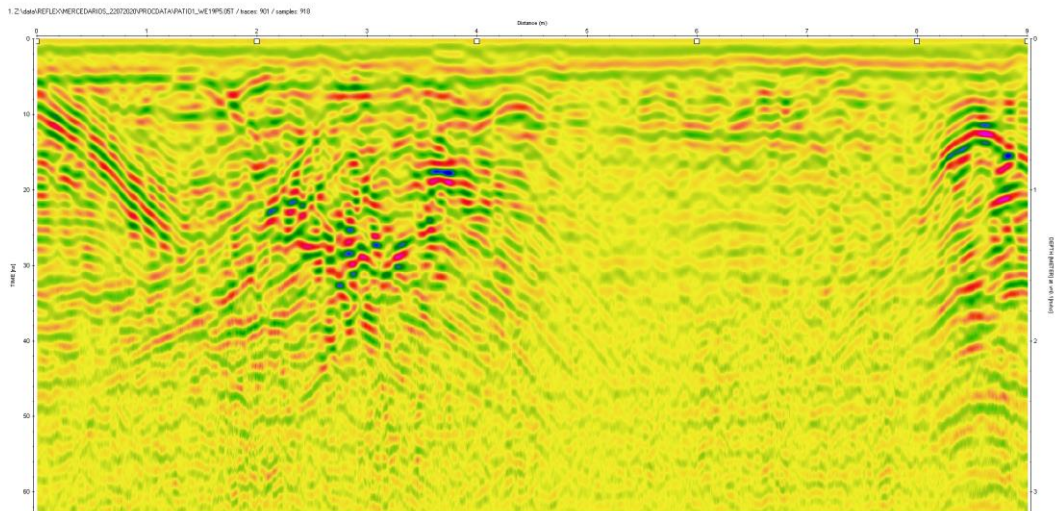
A linha 5 apresenta uma anomalia no metro 7. Essa por sua vez não se repete na 5,5 onde é possível perceber o surgimento de uma zona anômala, que se repete nas linhas 6; 6,5; 7; 7,5 e 8, se dissipando na linha 8,5. Ainda nas linhas 7 e 7,5; é perceptível anomalias próximas ao metro 6, estas não se repetem na linha 8 e 8,5.

Figura 4.29 – Linha 5,5 é possível observar uma zona anômala entre 1 e 4, sendo que próximo ao metro 4 há um padrão hiperbólico expressivo, assim como no fim desse perfil



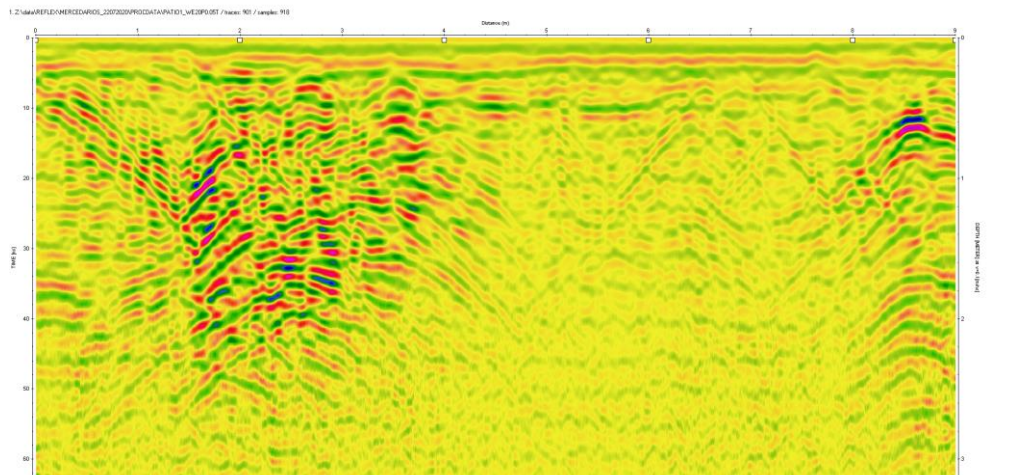
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.30 – Linha 6 é notável a zona anômala nos primeiros 4 metros do perfil



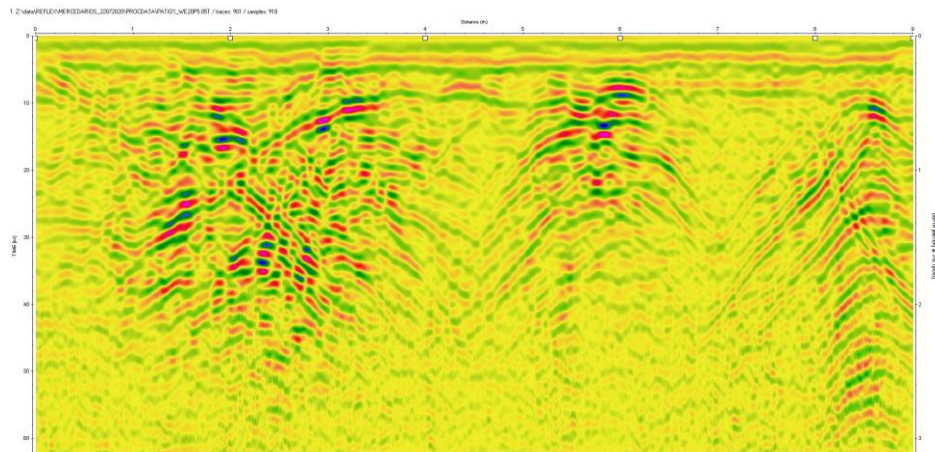
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.31 - Linha 6,5 a região anômala no começo do perfil tem um aumento de intensidade



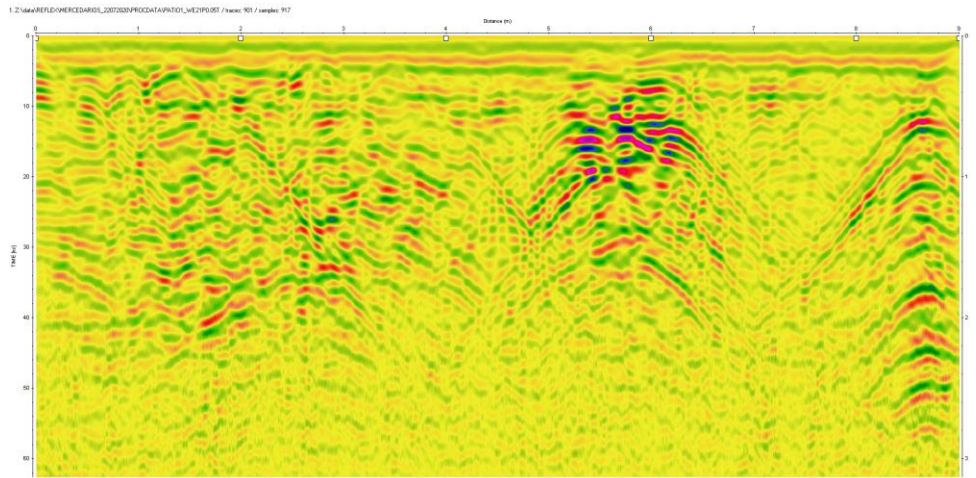
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.32 - Linha 7 a região anômala perde intensidade e surge uma anomalia no metro 6, em um local onde anteriormente não havia anomalias expressivas



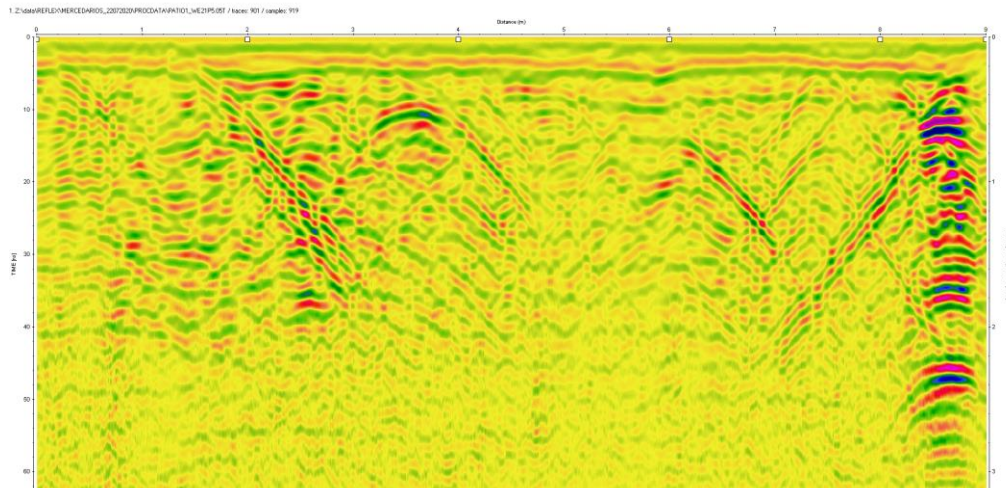
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.33 – Na linha 7,5 a região anômala perde mais intensidade e a nova anomalia vista anteriormente aumenta de intensidade



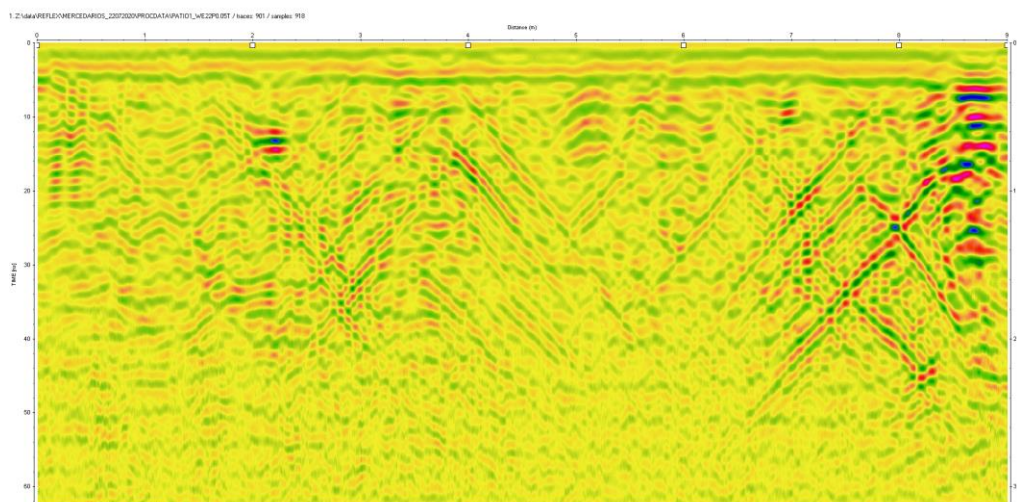
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.34 – Na linha 8 deste perfil se destaca o fim dele, onde é possível observar uma forte anomalia no fim



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

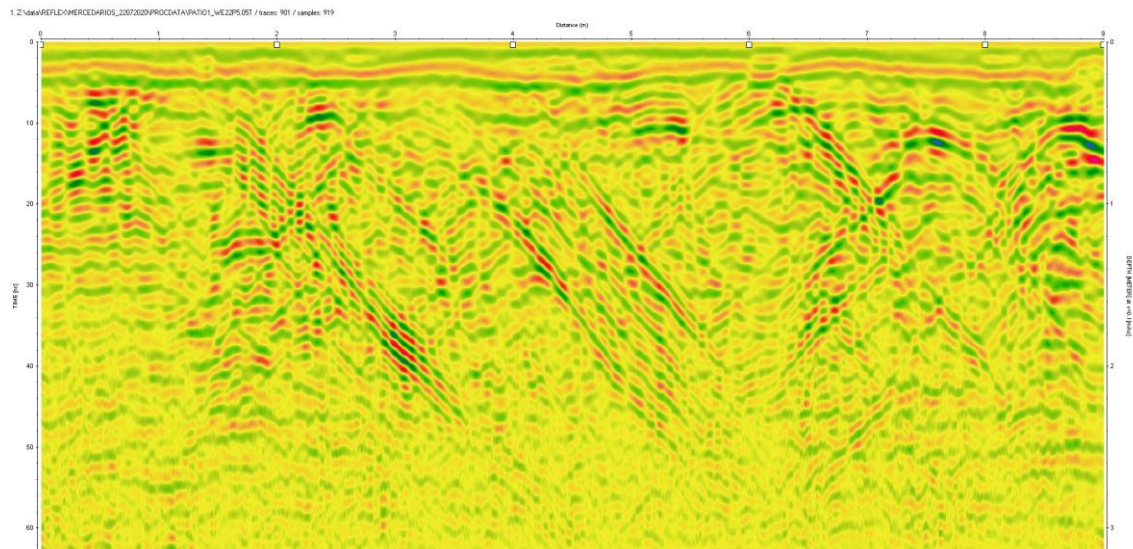
Figura 4.35 – A linha 8,5 apresenta padrões hiperbólicos sutis no decorrer do perfil



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

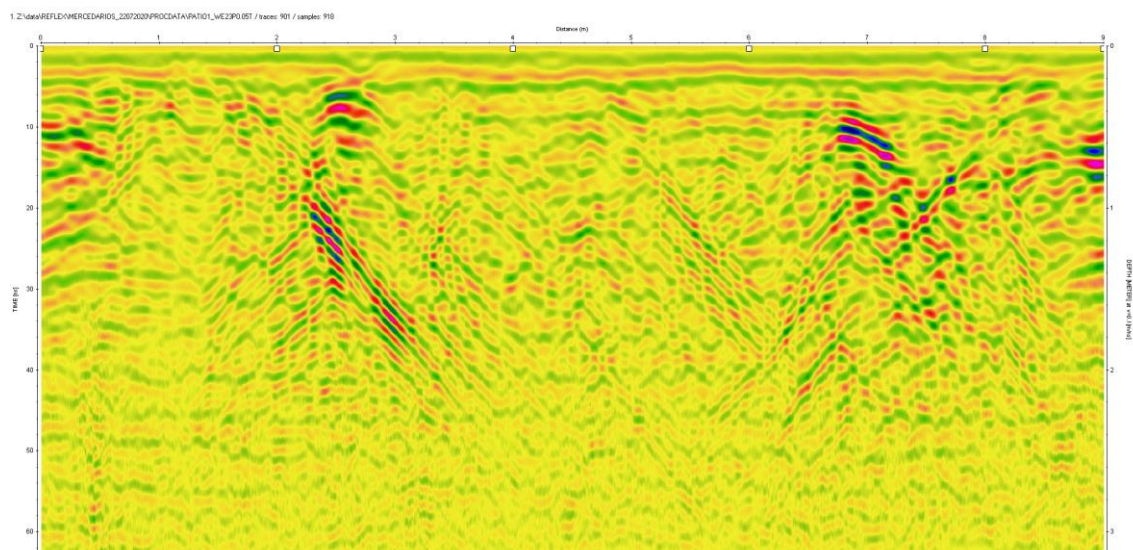
A linha 9 é peculiar por apresentar padrões diferentes que as demais, que é visto também na linha 9,5.

Figura 4.36 – A linha 9 apresenta padrões hiperbólicos mais intensos em algumas regiões



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

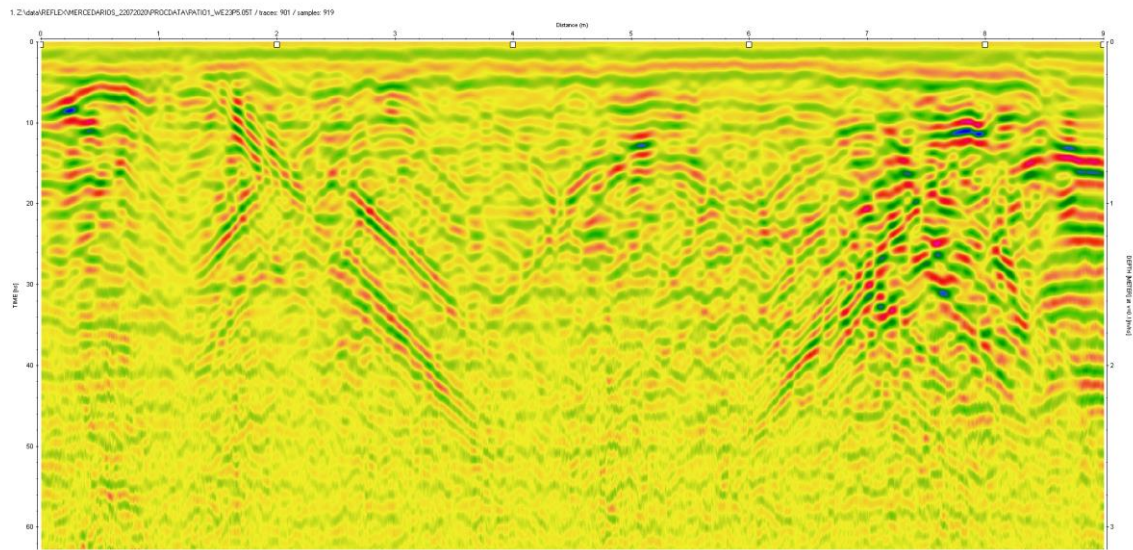
Figura 4.37 – Na linha 9,5 é possível observar o surgimento de uma perturbação do meio ao fim do perfil



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

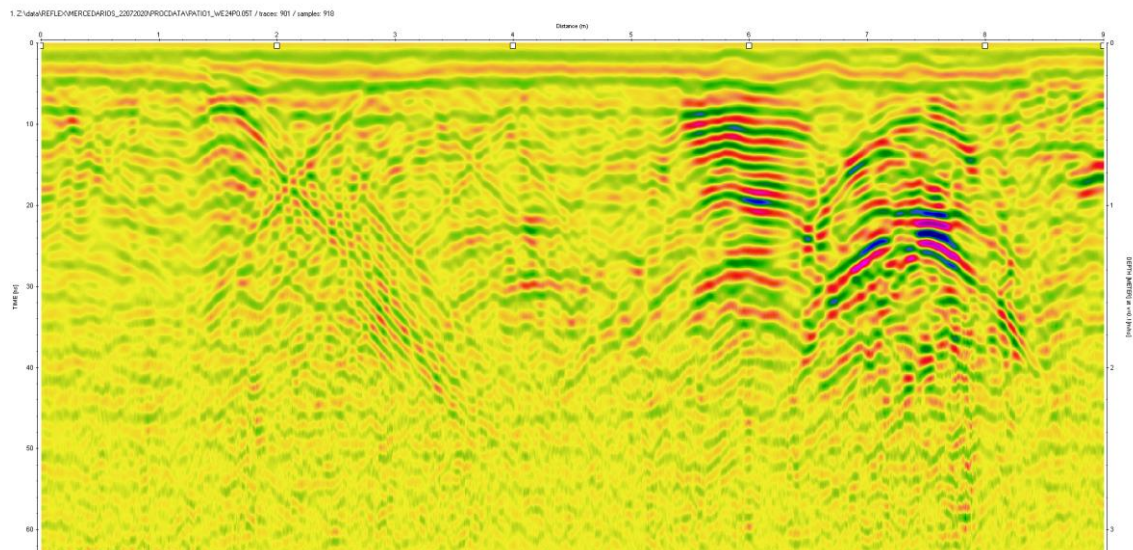
A linha 10 compartilha peculiaridades das linhas 9 e 9,5; porém de menor intensidade. É importante ressaltar a zona anômala nesta linha que começa por volta de 6 metros e se estende até o final do perfil. Essa zona diminui e se concentra em duas anomalias principais na linha 10,5; localizadas entre o perímetro 4,50 e 8.

Figura 4.38 – A linha 10 apresenta diversas anomalias hiperbólicas no perfil e é possível observar uma região anômala no fim do perfil



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 4.39 – A linha 10,5 apresenta descontinuidade entre os metros 6 e 8, sendo essas anomalias fortes



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5 CONCLUSÃO

A partir das seções que foram produzidos pelo aparelho GPR, foi possível identificar várias anomalias de interesse no ambiente do pátio do Convento dos Mercedários. E a análise dos radargramas permitiu a direção do Convento a iniciar as obras de escavação naquele local.

Anomalias do tipo hiperbólico foram identificadas nos radargramas obtidos no pátio do Convento dos Mercedários, tanto na área 1, quanto na área 2. Estas anomalias podem indicar a presença de objetos pontuais na subsuperfície, sendo que tais objetos podem estar associados a atividade humana.

Na área 1 do pátio, as anomalias apresentadas nos radargramas indicaram a localização de uma possível estrutura circular. Essa estrutura pode estar relacionada com o poço presente na planta de 1793. Diante desses dados obtidos, foi iniciado uma escavação no local indicado pelo GPR, porém devido a pandemia de COVID 19, a escavação foi paralisada e será retomada no futuro.

Na área 2, foi possível observar diversas anomalias, porém essas não estão relacionadas a alguma estrutura, como a da área 1. Apesar de não haver essa correlação, essas anomalias são importantes pois podem indicar artefatos de atividades antrópicas, além de delimitar a área naquele local para uma possível escavação.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, M. J. Physics applied to archaeology. **Contemporary Physics**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 161-176, 1962.
- ALVES, J. J. A. **Métodos geofísicos aplicados à arqueologia no estado do Pará**. 1979. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geofísicas e Geológicas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1979.
- ANNAN, A. P. Ground-penetrating radar. *In*: ANNAN, A. P., *et al.* **Near-surface geophysics**. Houston: Society of Exploration Geophysicists, 2005. cap. 11.
- ARAÚJO, R. S. Planta atual do pátio. 06 dez. 2021a. 1 ilustração.
- ARAÚJO, R. S. Respectivas áreas. 06 dez. 2021b. 1 ilustração.
- ARAÚJO, R. S. Linhas L/O realizadas com aparelho GPR. Linhas 11 a 13,5 no sentido Sul a Norte. 06 dez. 2021c. 1 ilustração.
- ARAÚJO, R. S. Disposição da anomalia conectada ao círculo na planta do pátio. 06 dez. 2021d. 1 ilustração.
- ARAÚJO, R.S. Área 2 e suas linhas. 06 dez. 2021. 1 ilustração.
- AGUIAR, J. C. M. **Radar de Penetração no Solo (GPR): Aspectos Geofísicos e Geodésicos, Processamento e Análise em Pavimento Flexível**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.
- CLAUDINO, A. P. Planta baixa do Convento dos Mercedários. 29 jul. 2020. 1 ilustração.
- DANIELS, D. J. Surface-penetrating radar. **Electronics and Communication Engineering Journal**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 165-182, ago. 1996.
- FERRAZ, E. **Convento dos Mercedários de Belém do Pará: breve histórico e registro de sua recuperação**. Belo Horizonte: Santa Hefigênia, 1990. 207 p.
- GEORADAR (GPR). **Geoview**, Pinheiros, [entre 2015 e 2021]. Disponível em: <https://www.geofisica-view.com/georadar>. Acesso em: 06 nov. 2021
- GOMES, D. M. C.; LUIZ, J. G. Contextos domésticos no sítio arqueológico do Porto, Santarém, Brasil, identificados com o auxílio da geofísica por meio do método GPR. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém do Pará, v. 8, n. 3, p. 639-656, set./dez. 2013.
- KELLER, R. E.; TRINKAUS, J. P. Rearrangement of enveloping layer cells without disruption of the epithelial permeability barrier as a factor in *fundulus* epiboly. **Developmental Biology**, [s.l.], v. 120, n. 1, p. 12-24, mar. 1987.

MELO, M. S. **Geofísica aplicada à arqueologia: investigação no sítio histórico Engenho Murutucu, em Belém, Pará.** 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

OLHOEFT, G. R. Electrical properties of granite with implications for the lower crust. **Solid Earth**, [s.l.], v. 86, n. B2, p. 931-936, fev. 1981.

PANTOJA, P. A. V. **A termografia infravermelha na salvaguarda de monumentos culturais como método não destrutivo de diagnóstico.** 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

PLANTA da Igreja, Convento e Casas que foram dos Mercenários da Cidade do Pará. Levantada por Ordem do III^{mo}. e Ex^{mo}. Senhor D. Francisco de Souza Colinho. Governador e Capitão General deste Estado ao anno de 1793. Belém: [s.n], 1793.

POLUHA, B. **Mapeamento GPR 2D/3D de interferências enterradas no SCGR-II do IAG: aplicações no planejamento urbano.** 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

POMPOSIELLO, C. *et al.* **Example of a GPR radargrama.** 2012. 1 ilustração. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-GPR-radargrama_fig4_224830046. Acesso em: 06 nov. 2021

PORSANI, J. L. **Ground penetrating radar (GPR): proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado - SP.** 1999. 145 f. Tese (Doutorado em Geofísica). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

REYNOLDS, J. M. **An introduction to applied and environmental geophysics.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2011. 806 p.

RODRIGUES, S. I. **Contribuições dos métodos GPR e eletromagnético indutivo em estudos de sítios arqueológicos de sambaquis costeiros no Estado de Santa Catarina.** 2009. 246 f. Tese (Doutorado em Geofísica Aplicada) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SOUZA, D. M. **GPR aplicado à arqueologia nas áreas do Porto da Cargill (Santarém/PA) e no Palacete Facíola (Belém/PA).** 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

UFPA ocupará prédio do antigo Convento dos Mercedários. **Universidade Federal do Pará,** 2018. Disponível em: <www.portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/8165-ufpa_occupara-predio-do-antigo-convento-dos-mercedarios>. Acesso em: 17 jan. 2022