



GPR aplicado na localização de objetos forenses ocultados atrás da parede de alvenaria

Rafael Espindola Canata, Marcelo Peres da Rocha, Welitom Rodrigues Borges, Universidade de Brasília
Fábio Augusto da Silva Salvador, Marcelo de Lawrence Bassay Blum, Caio Tadao Joko e Daniel Russo, Polícia Federal

Copyright 2022, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IX Simpósio Brasileiro de Geofísica, Curitiba, 04 a 06 de outubro de 2022. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IX SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

A realização de perícias criminais necessita de uma análise detalhada do local do crime em diferentes ambientes. Em crimes que envolvem a ocultação de vestígios (corpos, materiais, bens de valores, drogas, desvios em obras públicas), o sucesso da perícia depende principalmente da experiência do perito, da infraestrutura técnico-científica disponível e do tempo viável para a realização da perícia. Dessa forma, os métodos não destrutivos são assiduamente usados para localizar provas em diferentes cenários. Através dessa pesquisa, pode-se simular a ocultação de diferentes materiais forenses atrás de uma parede de alvenaria e averiguar a eficiência do GPR na localização desses objetos.

Introdução

No Brasil, nos últimos anos, o crime organizado tem atuado com sofisticação na prática de ocultar provas materiais relacionados a crimes financeiros, tráfico de drogas, armas e até contra a vida. Um dos artifícios utilizados para este tipo de finalidade são as “casas cofres”, ou seja, imóveis alugados pelo crime com objetivo de modificá-los criando compartimentos secretos em paredes/pisos com intuito de esconder as provas materiais. Para contrapor este tipo de artifício os especialistas forenses se utilizam de métodos não destrutivos (NDTs), como a geofísica, cuja finalidade é localizar as provas materiais preservando o local de crime (Pye & Croft 2004, Ruffell & McKinley 2008, Ruffell 2014). Dentre os métodos geofísicos aplicado na área forense destaca-se, o *ground penetrating radar* (GPR) que permite o imageamento de extensas áreas em um curto espaço de tempo, obtendo imagens bidimensionais e tridimensionais com alta resolução. Entretanto, para alcançar a sua eficiência alguns fatores devem ser considerados, tais como: as características do ambiente de investigação, os objetos em estudo e da expertise do investigador forense. Nesta pesquisa, apresentamos os resultados obtidos através do GPR aplicado em dois experimentos que simularam locais de crime relacionados a ocultação de objetos forenses alojados atrás da parede de alvenaria. Todos os experimentos foram realizados dentro das instalações do Instituto Nacional de Criminalística, localizado em Brasília.

Metodologia

O método GPR consiste no registro de propriedades físicas do meio e consequente transformação dos dados em imagens georreferenciadas que possibilitam a localização de alvos através do contraste de impedância. Para almejar o objetivo a pesquisa foi dividida em duas etapas: (i) criação de uma modelagem numérica simulando um conjunto de cofre ocultado atrás de uma parede de alvenaria; (ii) ocultação de diferentes materiais forenses atrás da parede de alvenaria recriando um local de crime, figura 1. As modelagens numéricas foram realizadas em três etapas distintas, as quais possibilitou verificar a resposta da onda eletromagnética no meio investigado: (i) apenas por um tijolo de seis furos (9 cm x 14 cm x 19 cm) com argamassa nas suas extremidades (2,5 cm); (ii) uma parede de alvenaria (2 m x 14 cm) correspondendo ao *background* do experimento; (iii) e a terceira modelagem representa a ocultação de um conjunto de cofres atrás da parede de alvenaria. Os parâmetros aplicados nas modelagens foram: x : 0,003 m, t : 0,005 ns, T_{max} : 15 ns, *boundary contours*: *exponential absorbing-range*, tipo de fonte: onda plana, tipo de sinal: *Kuepper*, e excitação do campo eletromagnético na direção do campo elétrico perpendicular à simulação (E_y). Na segunda etapa da pesquisa, as aquisições foram realizadas com o Sistema SIR 3000 (GSSI) com antenas blindadas de 1600 MHz e 2600 MHz. E para orientar as leituras nos eixos (X e Y) e realizar a construção de dados 3D foram fixados na parede grids (*Structure Scan 2' x 2'*), obtendo perfis espaçados a cada 0,05 m no modo *constant offset*. Os parâmetros aplicados em campo foram: espaçamentos entre os traços de 0,005 m e 0,003 m, amostra por traços de 512 e 1024, intervalo temporal 0,017 e 0,04, janela temporal de 10 ns e 20 ns. Os dados adquiridos foram processados no software ReflexW®, com a seguinte rotina de processamento: correção do tempo zero; remoção de ganho; remoção do background; decaimento de energia; *dewow*; passa banda; Migração 3D (*fk migração-stolt*) e conversão de tempo/profundidade. A velocidade da onda eletromagnética do meio (v) foi calculada a partir do ajuste hiperbólico de difração e variou de 0.155 m/ns a 0.17 m/ns.

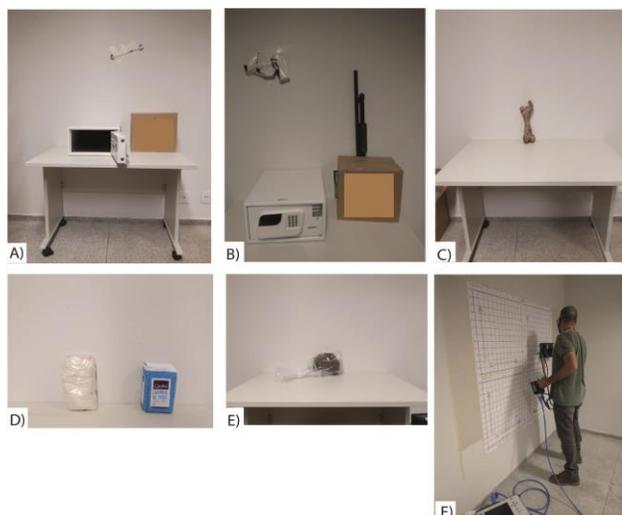


Figura 1. Fotos das simulações de cenas de crime com objetos ocultados: A) Cofre, chave de boca, documentos; B) Cofre, revólver e escopeta; C) Osso de equino; D) Simulacro de drogas (farinha); E) Ossada do crânio; F) Aquisição com a antena de 1600 MHz na parede de alvenaria.

Resultados

Modelagem Numérica

As modelagens numéricas possibilitaram verificar a interação da resposta da onda eletromagnética com o tijolo, rejunte, ar e cofre. As diferentes interfaces apresentaram as seguintes assinaturas de refletores: (i) tijolo/furo estão associados a refletores retilíneos com média a alta amplitude; (ii) tijolo/rejunte assinalam refletores hiperbólicos de baixa amplitude; (iii) tijolo/ar está associado a reflexões múltiplas resultantes da mudança de velocidade do meio e diminuem a sua intensidade do sinal ao longo do tempo. As assinaturas das reflexões sob o modelo de parede alvenaria-cofre: (i) refletores retilíneos com média amplitude de sinal observados no tempo de 0,5 ns estão associados aos tijolos; (ii) refletores hiperbólicos com baixa a média amplitude de sinal no tempo de 0,5 ns correspondem ao rejunte; (iii) refletores quase linear contínuo com alta amplitude de sinal observados no tempo de 2 ns, entre as distâncias de 0,5 m e 1,73 m, correspondem ao conjunto de cofres.

Experimento sob o conjunto de cofres

Os resultados das seções GPR 2D e 3D obtidos sob o conjunto de cofres ocultados possibilitaram identificar as estruturas da parede de vedação e o conjunto de cofre. Nas seções 2D os refletores lineares com média amplitude de sinal representam os tijolos de cerâmicas, logo os refletores hiperbólicos com amplitude de sinal baixa correspondem ao rejunte, ambos os refletores foram identificados aproximadamente nos tempos de 0.10 ns (1600 MHz) e 0.16 ns (2600 MHz). O conjunto de cofres possuem respostas com refletores quase lineares e contínuos com alta amplitude de sinal evidenciados nos

tempos de 1.54 ns (1600 MHz) e 1.75 ns (2600 MHz) e situados entre as posições 0.3 m a 1.4 m (distância X). A interpolação dos dados 2D possibilitaram a criação de um imageamento 3D nas direções horizontais (X) e verticais (Y) permitindo a visualização do dado ao longo do tempo e profundidade. Através da visualização no modo *depth slice* em diferentes profundidades/tempo pode-se imagear a estruturação da parede de alvenaria, ou seja, distinguir nitidamente os tijolos de cerâmicas dos rejuntos e estão assinalados no tempo de 0,071 ns, figuras 2A e 2C. No eixo Y pode-se verificar texturas horizontais de diferente intensidade de amplitude nos tijolos que indicam as cavidades existentes no material, figura 2C. O conjunto de cofre foi observado no 1,98 ns por meio de uma zona anômala de alta amplitude de sinal, figura 2B e 2D. As respostas obtidas com a antena de 2600 MHz evidenciaram com maior nitidez as estruturas da parede de alvenaria e o conjunto de cofre, figura 3.

Experimento sob objetos forenses

Neste experimento as respostas das seções 2D e 3D referentes a parede de vedação foram idênticas as obtidas sob o experimento de conjunto de cofres. Quanto aos objetos forenses, as respostas nas seções 2D, evidenciaram assinaturas de reflexões hiperbólicas que variaram quanto ao tamanho e amplitude de sinal, decorrência do tipo de objeto. Os resultados dos *depth slice* possibilitaram visualizar, quando possível, a geometria, o tamanho e a posição espacial dos objetos que foram evidenciados por zonas anômalas de alta reflectância, cujos tempos correspondem a 2,22 ns, 2,34 ns, 2,51 ns, 2,74 ns (figura 4). Na figura 4A, são observadas duas zonas anômalas que apresentam média a alta amplitude de sinal e estão associadas ao cofre e a chave de boca, em contrapartida a caixa de papelão com documentos não indica reflexão e isso se deve a baixa impedância entre o material e a parede. Na figura 4B, as armas e o cofre estão indicados pela alta reflectância de amplitude, neste caso a fácil detecção ocorre devido a composição metálica dos materiais. Na figura 4C, a zona anômala de média amplitude corresponde ao pacote de farinha modificado (revestido com fita adesiva), e quanto ao pacote de farinha não houve reflexão provavelmente devido a compactação do material. A figura 4D, a zona anômala com média a alta refletância de sinal corresponde a parte do fêmur de um equino.

Discussão e Conclusões

O presente estudo demonstrou a versatilidade e a eficiência do método GPR na investigação forense. A modelagem numérica evidencia uma ferramenta importante na etapa pré-aquisição, pois orienta a escolha dos melhores parâmetros e a resposta esperada durante a investigação. A visualização dos dados 3D simplifica a análise e diminui a ambiguidade dos resultados obtidos, entretanto a interpretação conjunta com os dados 2D não devem ser desprezadas durante a análise dos resultados. As estruturas que constituem as paredes podem influenciar e dificultar na busca por objetos de pequenas dimensões. Outro fator relevante, é a composição e

densidade do material que influencia no contraste de impedância, conforme visto nas respostas entre o fêmur e o crânio. Ao realizar investigações em locais fechados devem ser considerados alguns aspectos como a escolha do melhor método não destrutivo compatível com o objeto de estudo, o tipo de parede/piso existente no local, as instalações presentes e a expertise do investigador, pois todas estas condicionantes influenciam no sucesso da perícia.

Agradecimentos

O pesquisador agradece a Universidade de Brasília, ao Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Forense no auxílio e desenvolvimento da pesquisa. A CAPES pelo

fomento da bolsa do pesquisador Dr. Rafael Espindola Canata.

Referências

Pye, K., Croft, D.J., 2004. Forensic Geoscience: principles, techniques and applications. Geology Society, London, Special Publications, vol. 232: 215-236.

Ruffell, A., McKinley, J., 2008. Geoforensics. 1nd ed., John Willey & Sons, UK, England.

Ruffell, A., Pringle, J. K., Forbes, S. 2014. A search methodology for objects below and behind brick and concrete. Forensic Science International, vol. 237: 137-145.

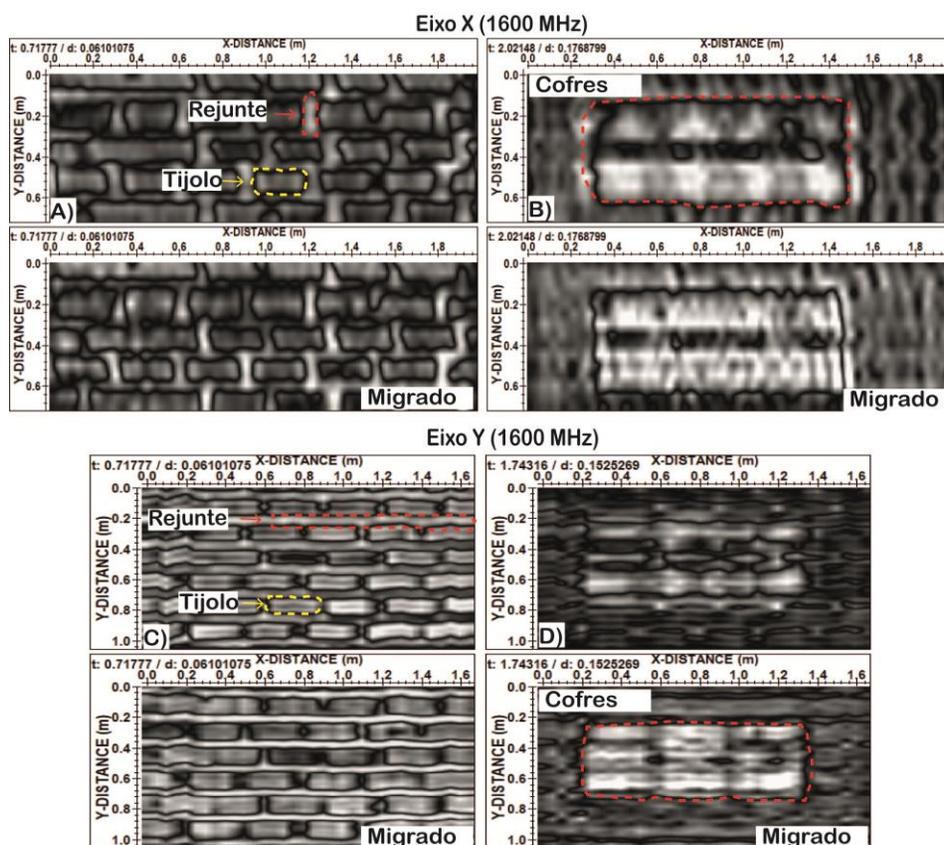


Figura 2: Visualização 3D (*depth slice*) nos eixos X e Y ilustrando: A-C) Os tijolos e rejuntas da parede de alvenaria; B-D) o conjunto de cofres atrás da parede.

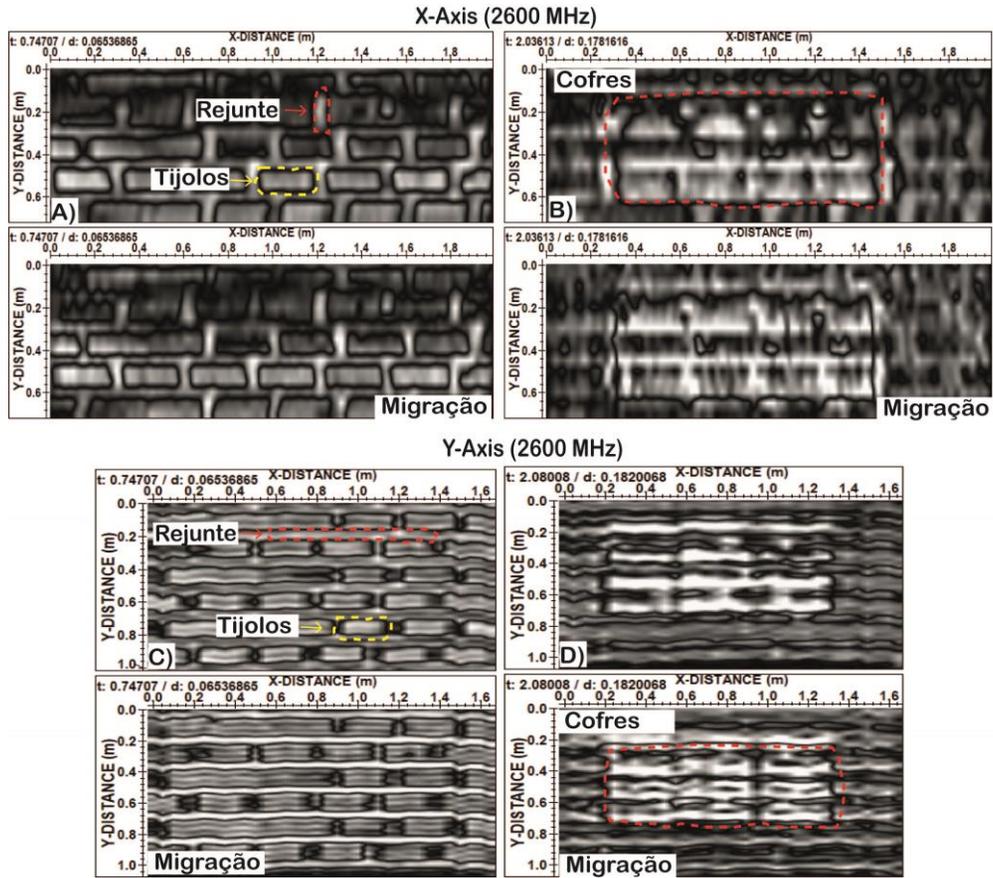


Figura 3: Visualização 3D (*depth slice*) nos eixos X e Y ilustrando: A-C) Os tijolos e rejuntos da parede de alvenaria; B-D) o conjunto de cofres atrás da parede.

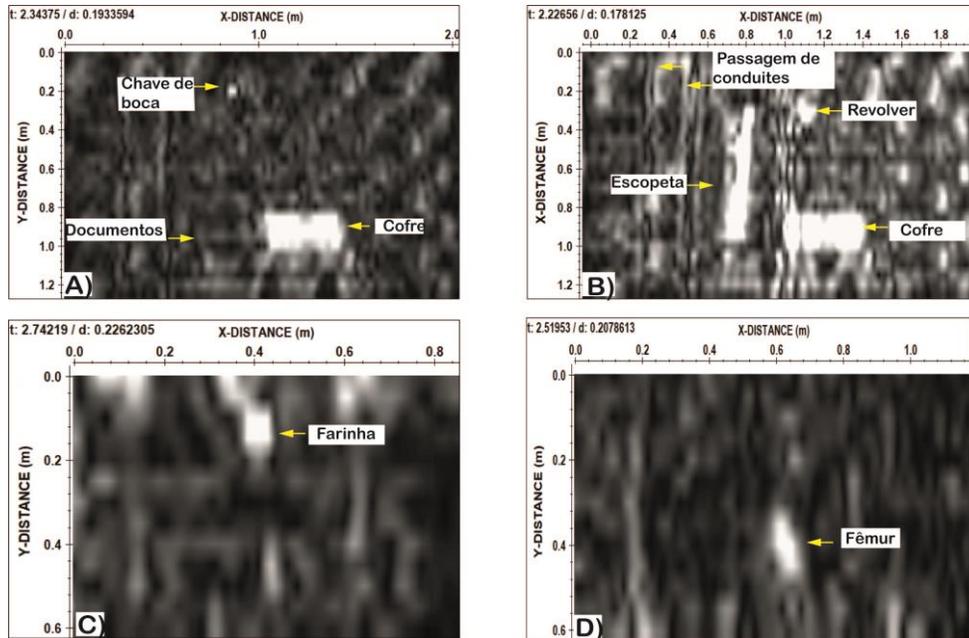


Figura 4: Visualização 3D (*depth slice*) dos objetos forenses imageados: A) Chave de boca, documentos e cofre; B) Revólver, Escopeta, cofre; C) Simulacro de drogas (farinha); D) Fêmur de um equino.