

## Testes com os arranjos Wenner-Schlumberger e dipolo-dipolo para imagear alvos forenses no Sítio Controlado de Geofísica Forense da Universidade de Brasília

Kimberly Coutinho Paes Leme de Castro\*, Márcio Maciel Cavalcanti, Marcelo Peres Rocha, Universidade de Brasília - UnB

Copyright 2016, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VII Simpósio Brasileiro de Geofísica, Ouro Preto, 25 a 27 de outubro de 2016. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VII 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

This paper presents the results of a shallow investigation where were compared arrangements Wenner-Schlumberger and dipole-dipole. The survey was carried out in two profiles. In both arrangements were used spacings of 1 m and 0,5 m. The objective of the survey was detect shallow graves, around 2 m, and acquire detailed information on a controlled area. The shallow geophysical method is an useful tool to locate this type of target because allow investigate extensive areas in short time. Both arrangements proved efficient for forensic studies to detect shallow graves.

### Introdução

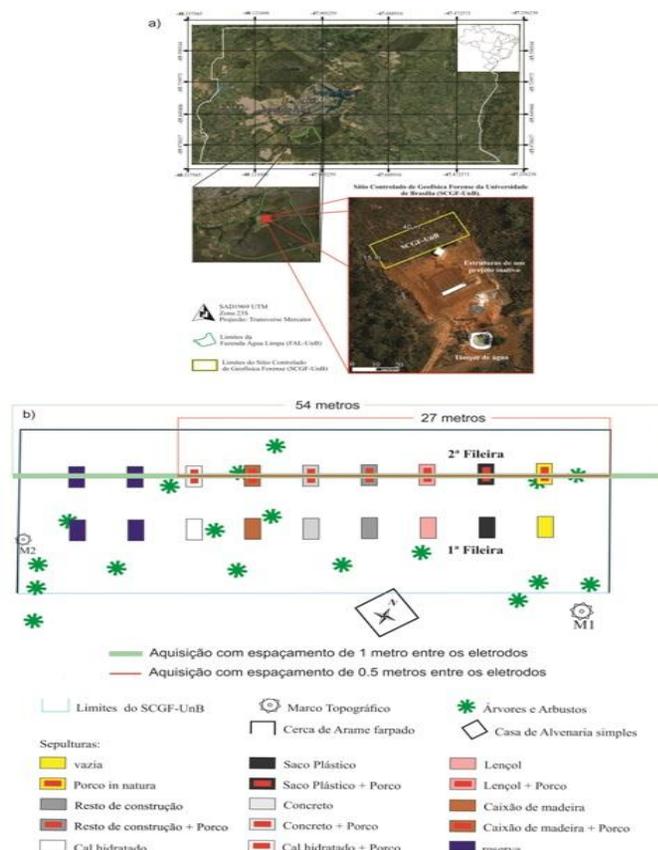
No Brasil e como em outros lugares do mundo não são raros os casos de sepultamento clandestino de pessoas e o soterramento relacionado a desastres naturais ou acidentes em obras civis. Para investigar esse tipo de alvo são utilizados os métodos geofísicos rasos, pois são ferramentas úteis para investigar áreas extensas em curto espaço de tempo.

Para o estudo da localização de covas clandestinas bem como de corpos humanos soterrados, destacam-se as simulações realizadas com animais (porcos devido as suas características físico-biológicas serem as mais próximas dos seres humanos) (DAVENPORT ET AL., 1992; STRONGMAN, 1992, POWELL, 2004, SCHULTZ; COLLINS; FALSETTI, 2006 e NUZZO ET AL., 2007). A Geofísica Forense utiliza vários métodos geofísicos (magnético, eletromagnéticos, sísmico de refração e microgravimétrico) para buscar evidências ou pistas de delitos (PIRES, 2001). Estudos forenses têm a necessidade do uso de métodos que não destruam e nem afetem significativamente a área investigada. Além disso, é sempre desejada a obtenção de dados a baixo custo e com rapidez. Na maioria dos casos, os métodos de prospecção geofísica são não intrusivos ou não destrutivos, desse modo, a vantagem de usar a tecnologia geofísica para as pesquisas forenses e antropológicas é a condição de preservação do local, pois o solo não é perturbado (DUPRAS et al., 2006).

Neste trabalho utilizou-se o método da eletrorresistividade, com os arranjos dipolo-dipolo e

Wenner-Schlumberger para identificar a localização de sepulturas com diferentes cenários de sepultamento.

A área de estudo está localizada na Fazenda Universitária Água Limpa, onde foi construído o Sítio Controlado de Geofísica Forense da Universidade de Brasília (SCGF/UnB) (figura 1a). A área possui duas fileiras com sete sepulturas. As linhas de eletrorresistividade foram adquiridas sobre a fileira, contendo a presença de carcaças de porcos, em seis tipos de sepultura: solo remexido, saco plástico, lençol, concreto, resto de construção e urna de madeira (figura 1b). A geologia presente no SCGF/UnB é representada por um substrato de ardósia e metarritimitos argilosos do grupo Paranoá, onde o solo predominante é o Latossolo vermelho.



## Metodologia/ Teoria

Os dados desse trabalho foram obtidos ao longo dos dias 1 e 2 de outubro de 2015, época de seca na região. O método da eletrorresistividade consiste basicamente em injetar correntes elétricas no solo e medir a diferença de potencial elétrico gerado pelo fluxo da corrente. A técnica de aquisição de dados utilizada foi a do caminhamento elétrico ou tomografia elétrica que faz investigações laterais a partir de pontos na superfície do terreno, com uma ou mais profundidades constantes. Os arranjos eletródicos escolhidos foram o Wenner-Schlumberger (WS) e o dipolo-dipolo (DD) com espaçamentos dos eletrodos de 1 metro e 0,5 metros. O arranjo Wenner-Schlumberger é a combinação entre os arranjos Wenner e Schlumberger e apresenta a configuração de uma sondagem elétrica vertical (SEV), ou seja, com o par de eletrodos de potencial no centro e os de corrente nas extremidades. O espaçamento entre os eletrodos  $AM=BN$  é um fator “n” do espaçamento “a” entre os eletrodos MN. Depois de realizadas as leituras no primeiro nível de investigação ( $n=1$ ), para se investigar níveis mais inferiores aumenta-se o fator “n”. No arranjo dipolo-dipolo, os eletrodos de corrente A e B e os eletrodos M e N de potencial ou de recepção são alinhados sobre um mesmo perfil. O arranjo é definido pelos espaçamentos  $X=AB=MN$ . A profundidade de investigação cresce com R e teoricamente corresponde a  $1/2 R$  (BERTIN & LOEB, 1976).

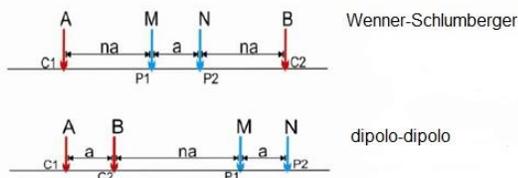


Figura 2: Arranjos Wenner-Schlumberger e dipolo-dipolo

Neste trabalho utilizou-se o equipamento multicanal Syscal Pro 72 (fabricado pela Iris Instruments), de propriedade do Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/IG/UnB). Foram adquiridos seções de eletrorresistividade, com 48 eletrodos de aço inox e a rotina de protocolo dos arranjos DD e WS são representados na **Tabela 1**.

**Tabela 1** – Protocolo da Rotina de Aquisição dos Arranjos Dipolo-dipolo (DD) e Wenner-Schlumberger (WS)

	DD 1m	DD 0,5m	WS 1m	WS 0,5m
Eletrodos	48	54	48	54
Níveis	15	15	15	15
Pontos	587	677	556	646

## Resultados

A modelagem dos dados de resistividade elétrica foi realizada no software Res2dinv (GEOTOMO, 2003). A rotina de inversão utilizada foi a de suavização por mínimos quadrados (SASAKI, 1989), e posteriormente aplicado o método de inversão robusta, para minimizar a diferença absoluta entre os valores de resistividade aparente medidos e calculados, comumente aplicado a variações abruptas de resistividade (LOKE et al., 2003). O arranjo dipolo-dipolo com espaçamento de 0,5 metros (figura 3a) apresenta o valor de inversão robusta (Abs) com 2,6%, após 05 iterações. O arranjo DD apresenta uma profundidade máxima de 1,35 metros. O arranjo Wenner-Schlumberger com espaçamento de 0,5 metros (figura 3b) apresenta o valor de inversão robusta (Abs) com 2,2%, após 05 iterações. O arranjo WS apresenta uma profundidade máxima de 1,98 metros.

As pseudo-seções de resistividade (DD e WS), apresentam três horizontes geoeletricos distintos. O primeiro horizonte é representado por valores de resistividade entre 100 Ohm.m a 3937 Ohm.m, e está relacionado ao solo perturbado com presença de alvos geométricos de baixa resistividade (100 – 1379 Ohm.m), predominando até a profundidade de 0,95 metros. O segundo horizonte é representado por valores de alta resistividade, acima de 4000 Ohm.m. presente entre as profundidades de 0,95 a 2,0 metros. Está relacionado ao solo natural.

Na pseudo-seção DD é possível visualizar a presença de seis sepulturas, com aceitável identificação dos limites laterais, com os valores de baixa resistividade (100–1379 Ohm.m), presentes no centro da pseudo-seção; e com os valores de resistividade entre 1379 – 2330 Ohm.m, presentes nas extremidades (Figura 4). As sepulturas presentes nas extremidades não apresentam uma boa delimitação lateral.

A pseudo-seção WS (Figura 4) apresenta 4 sepulturas com valores de resistividade entre 100 – 1379 Ohm.m, presentes no centro da pseudo-seção. Foi possível delimitar, com certa incerteza, a presença de duas sepulturas nas extremidades, com valores entre 1379 – 2330 Ohm.m.

## Discussão e Conclusões

Comparando os resultados encontrados entre as pseudo-seções. O arranjo DD apresenta uma melhor delimitação das sepulturas, em relação às perdas laterais presentes no arranjo WS. O arranjo WS apresentou um melhor ajuste de inversão entre a seção elétrica de campo e o dado sintético, tendo uma profundidade de investigação superior ao arranjo DD.

As delimitações das sepulturas podem estar relacionados aos tipos de envoltório utilizados no sepultamento, já que as anomalias geoeletricas de baixa resistividade (100 – 1379 Ohm.m) são respectivamente (saco plástico, lençol, concreto e resto de construção), respectivamente (figura1). As sepulturas presentes nas extremidade apresentaram valores de resistividade entre 1379 – 2330

Ohm.m, possivelmente devido as sepulturas serem respectivamente: porco in natura e porco em cal virgem. Os resultados aqui mostrados evidenciaram que o método geofísico de eletrorresistividade foi eficiente na sua aplicação para trabalhos forenses. Ambos os arranjos foram capazes de identificar os alvos com alguma variação em profundidade e resolução, mas na área controlada em questão onde o estudo foi feito o arranjo dipolo-dipolo com espaçamento de 0,5 m se mostrou melhor.

### Agradecimentos

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA), pelo empréstimo dos equipamentos, ao Observatório Sismológico pelo apoio logístico e ao Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges pelo apoio e auxílio nesse presente trabalho.

### Referências

FACHIN, S. J. S. Ensaio geoeletricos 2D no antigo lixão de Ribeirão Preto – SP: avaliação de parâmetros de aquisição e monitoramento ambiental do problema. Dissertação (Mestrado). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG. Universidade de São Paulo – USP. 142 p. 2007.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. Geofísica de exploração. Tradução Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de Texto, 438p. 2009.

LOKE, M. H., ACWORTH, I., DAHLIN, T. A comparison of smooth and block inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics*, 34, p. 182-187, 2003.

REYNOLDS, J. M. An introduction to applied and environmental geophysics. Ed. John Wiley Sons. 796p. 1997.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. Applied geophysics. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 770p. 1990.

SASAKI, Y. 1989. Two-dimensional joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, Vol. 54(2):254-254.

EDWARDS, L. S., 1977. A modified pseudo-section for resistivity and induced-polarization. *Geophysics*, 42: 78-95.

PIRES, A. C. B. Pesquisando em subsuperfície: Geofísica Forense. *Revista Perícia Federal*, Brasília, v. 3, n. 10, p. 24-29, 2001

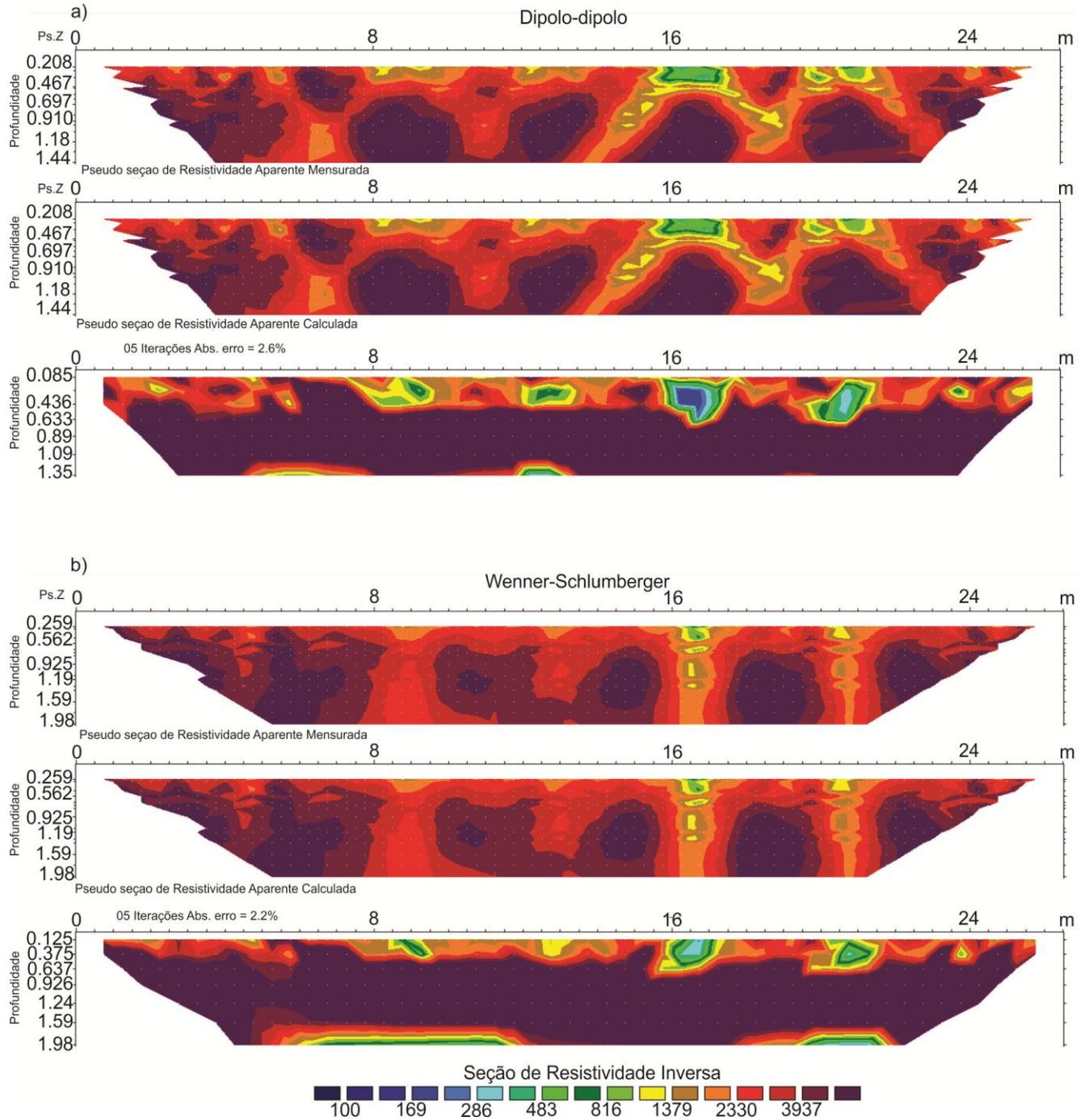


Figura 3: Seções de eletroresistividade sobre as sepulturas: a) Pseudo-seções de eletroresistividade (Arranjo Dipolo-diplo), b) Pseudo-seções de eletroresistividade(Arranjo Wenner-Schlumberger).

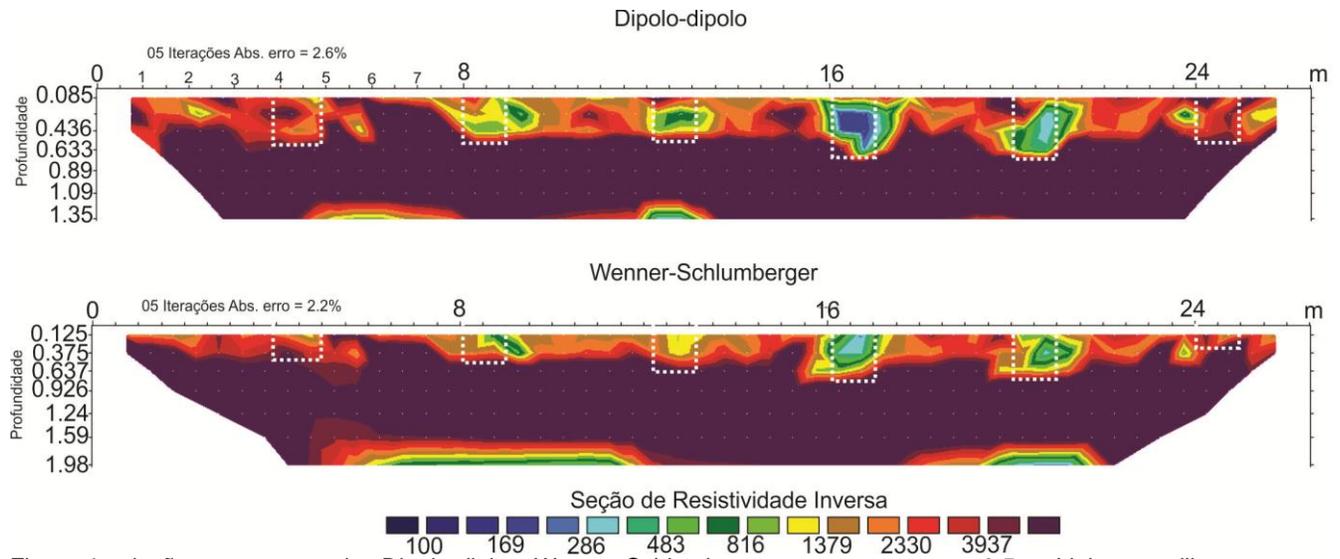


Figura 4: relação entre os arranjos Dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger com espaçamento 0,5 m. Linhas pontilhadas em branco simbolizam o posicionamento das sepulturas na área do SCGF.