



Influências de estruturas metálicas na aquisição de dados eletromagnéticos obtidos com condutivímetro EM34

Caroline Urenha Silva¹, Pedro Henrique da Silva Chibane¹ e Carlos Alberto Mendonça¹
Departamento de Geofísica (IAG/USP).

Copyright 2019, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 16th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 August 2019.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 16th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Metal structures (fences, wires, constructions) are sources of interference when using electromagnetic methods (EM) in environmental or mineral prospecting studies. With the objective of dimensioning the interference caused by metallic wires, a three-wire fence simulating, we conducted a study in two areas located in the University of São Paulo (USP), where each area with different values of conductivity used the EM34 equipment. The measurements were performed in the same positions (HCP and VCP configuration loops), initially without the fence, then placing the fence. Two scenarios were simulated, first with the wires not connected to each other (not forming turns) and another with the wires connected, simulating reinforcement structures normally used in farms with animal husbandry. The results show that EM34 is sensitive to the presence of the fence for HCP loop in both areas studied. For the VCP loop, the distortions caused by the fence were larger in the area with higher conductivity. A simple field test is proposed to verify whether a fence can cause (or not) interference with the apparent conductivity measurements with EM34.

Introdução

Métodos EM do tipo Slingram são constituídos por duas bobinas, uma transmissora (Tx) que produz um campo magnético primário e induz corrente no substrato. A segunda, receptora (Rx), mede o campo EM que se estabelece em resposta (sobreposição do primário com o secundário). Sistemas EM operando em número baixo de

indução (tal como o EM34) determina a condutividade do meio a partir da resposta EM medida em quadratura.

As aplicações dos métodos EM são diversas: prospecções minerais (Ellert, 1971), hidrogeológica (Christensen&Sørensen, 1994), estudos ambientais (da Cunha, 2006). Em estudos ambientais para áreas contaminadas, os levantamentos são realizados em ambientes urbanos ou áreas conurbadas, nas proximidades de estruturas ou construções contendo metais, que geram sinais interferentes nas medidas geofísicas. Na avaliação de áreas contaminadas, os levantamentos são executados em ambientes urbanos ou conturbados, principalmente próximos a estruturas ou construções compostas de metais, resultando em sinais interferentes nas medidas geofísicas. Alguns autores discutem aspectos dessas interferências como Szarka (1988) que estudou a interferência causada por diferentes fontes de ruídos em dados EM e relações de sinal-ruído. Junge (1996) caracterizou esses efeitos e propôs um procedimento para a correção do ruído cultural por processamento dos dados. De Souza Filho (2014) constatou a interferência de cercas de arame farpado até 50m para medidas feitas com o equipamento PROMIS-10 empregando uma separação entre bobinas de 20 m, recomendando limites de operação para o levantamento de campo.

Neste trabalho serão apresentados os resultados de uma metodologia experimental para avaliar quantitativamente as distorções causadas por uma estrutura metálica nas medidas de condutividade elétrica com o equipamento GEONICS-EM34. No estudo em questão, a estrutura metálica será instalada nas proximidades do equipamento EM, permitindo que as respostas geofísicas na presença e na ausência do alvo interferente sejam precisamente medidas. Duas configurações de cerca foram investigadas: a primeira com fios não conectados e a

segunda com os fios conectados. Em termos práticos, as duas situações são encontradas em cercas utilizadas no meio rural, sendo a primeira em pequenas propriedades com agricultura e a segunda em áreas mais extensas com criação de gado. A segunda configuração faz com que a cerca responda como uma espira, experimentando indução eletromagnética pelo campo da bobina transmissora. Os testes foram replicados em duas áreas de teste para verificar a dependência da condutividade do meio nos sinais interferentes e efeitos dependentes de ruídos locais (antenas, rede de distribuição, etc).

Caracterização das áreas de teste

A Figura 1 apresenta a localização das duas regiões na Cidade Universitária para a realização dos testes iniciais. A Área 1 está situada em frente ao IAG/USP, próxima aos prédios e à rua. A Área 2 está estabelecida próxima ao Instituto de Odontologia da USP (Odonto/USP). A primeira área de teste define uma janela livre de interferências de aproximadamente 20 m², a segunda de 80 m².

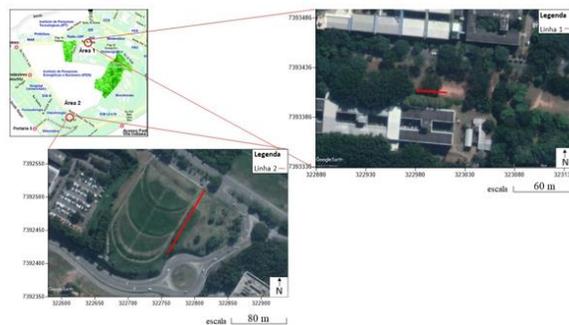


Figura 1: Linhas de caminhamento elétrico e eletromagnético (linhas vermelhas) para o reconhecimento e instalação dos locais de teste nas Áreas 1 (Linha 1) e 2 (Linha 2).

O reconhecimento das áreas de teste foi realizado com a técnica de caminhamento elétrico. A Área 1 foi investigada com o Syscal R2 (IRIS Instruments[®]) e a Área 2 foi estudada com o resistivímetro SuperSting R8 1P (AdvancedGeosciences, Inc[®]). Os dados das duas áreas foram analisados com o programa EarthImager[®], fornecendo os modelos de resistividade apresentados na

Figura 2.

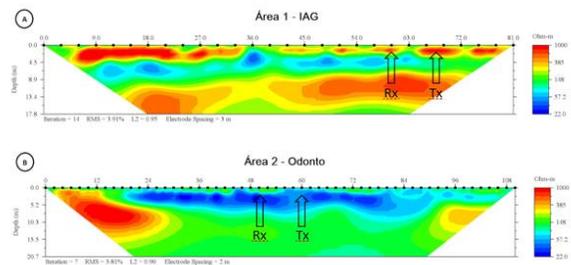


Figura 2: Seções de resistividade elétrica das Áreas 1 e 2, posicionando as bobinas de forma fixa (setas pretas).

No contexto do presente estudo, essas seções serviram como reconhecimento preliminar, com o propósito de evitar a instalação dos testes de campo em locais perturbados por escavações ou construções subterrâneas. Em termos de geologia local, a Área 1 situa-se em região com sedimentos cenozoicos da Bacia de São Paulo, com embasamento cristalino a 55 m de profundidade. Nessa área, o modelo de resistividade mostra uma camada superficial com até 1000 Ω .m, correspondente ao solo seco, areno-argiloso até a profundidade de 4,5 m. O nível d'água situa-se a cerca de 5 m de profundidade, o horizonte saturado com resistividade por volta de 20 Ω . m, atenuando a penetração da onda EM e diminuindo a profundidade de investigação. Uma terceira camada a partir dos 9 m, com resistividade de 400 Ω . m é identificada. Esse modelo com três camadas foi identificado na área de estudo (embora com diferentes valores de espessura e resistividade) por Iritani (1993) e Porsani *et al* (2004).

A Área 2, situada em área com afloramento do embasamento cristalino, é bem representada por um modelo de duas camadas, a primeira representando a rocha alterada (regolito), a segunda compatível com rocha cristalina com menor grau de alteração. A primeira camada tem resistividade em torno de 22 Ω . m, a segunda camada com resistividade média de 150 Ω .m. Observa-se que, no geral, a Área 2 é mais condutiva que a Área 1. Também visando a caracterização das áreas para a instalação dos locais de teste, foram realizados perfis EM34 (bobinas com separação de 10 m). Por se tratar de um local mais

estudado, o intervalo entre medidas na Área 1 foi de 5 m (perfil de 30 m) e, na Área 2 de 1 m (perfil de 40 m).

A **Figura 3** apresenta o perfil de condutividade aparente nas áreas de estudo, para os arranjos VCP e HCP. Os pontos para teste foram escolhidos em locais com menor variação de condutividade. Para a Área 1, esse local foi determinado na posição de 20 m, na Área 2 na posição de 25 m.

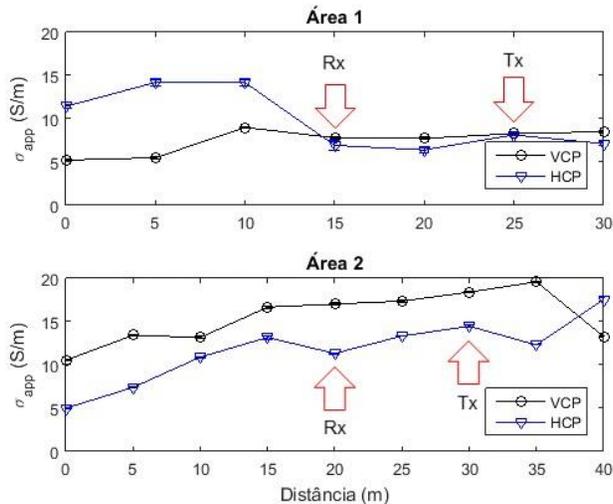


Figura 3: Dados de caminhamento eletromagnético na Área 1 e na Área 2, segundo arranjos VCP (bolhas pretas) e HCP (triângulos azuis). Intervalo de medida de 5 m. Posicionando as bobinas de forma fixa (setas vermelhas).

Procedimentos de investigação

Para simular cercas com fios metálicos (conectados ou não) utilizamos fios de material galvanizado (1,65 mm de diâmetro), comumente utilizado na construção de cercas. Ao todo, foram dispostos três fios com 30 m de comprimento e separação de 20 cm entre fios, mantidos na posição horizontal por meio de suportes verticais de madeira a cada 10 m, sendo que cada suporte era sustentado por uma base de cimento para manter a posição durante as medidas (**Figura 4**).

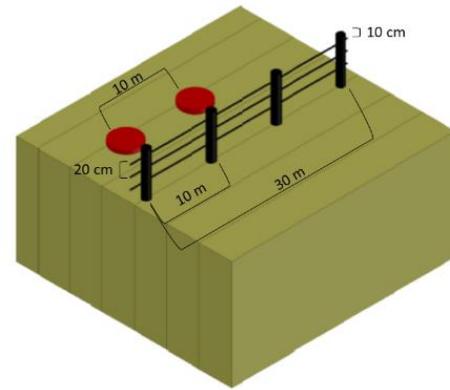


Figura 4: Esquematização da dinâmica de campo realizada neste trabalho. As bobinas transmissora e receptora são representadas pelos círculos vermelhos e a cerca está paralela a este arranjo.

Dois tipos de cerca foram simuladas: a primeira com os fios sem conexão vertical ("tirantes"), a segunda com conexão vertical (e elétrica) a cada 10 m, fazendo com que a cerca funcionasse semelhante a um conjunto de três espiras. O tamanho da cerca foi planejado de modo a ter uma estrutura equivalente a três vezes a distância de separação entre as bobinas. Os locais de teste foram escolhidos com base nos caminhamentos elétricos (**Figura 2**) e eletromagnéticos (**Figura 3**), evitando locais com indícios de alvos enterrados ou variação lateral expressiva de condutividade.

Uma vez escolhido o local, as bobinas do EM34 foram fixadas de modo a evitar movimentos relativos nas medidas subsequentes com e sem a cerca em diferentes distâncias em relação ao centro do arranjo. A fixação das bobinas permitiu também uma orientação mais acurada entre as bobinas Tx e Rx nos arranjos sob teste (HCP e VCP). Uma operação para controle de deriva experimental foi medir a condutividade aparente no início e ao final do teste, sem que a cerca estivesse nas imediações do sensor. O intervalo entre a medida inicial e final foi da ordem de 2 horas. Cada medida foi repetida seis vezes para a obtenção da média e do desvio padrão. As bobinas foram posicionadas no centro do arranjo com separação de 10 m entre si. As medidas de condutividade aparente foram realizadas variando a posição da cerca, inicialmente afastando-a em distâncias previamente

definidas de (0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14 m) e em seguida repetindo as leituras na ordem inversa de aproximação, mantendo a orientação da cerca sempre paralela à direção do par Tx-Rx. Esse procedimento permitiu a estimativa de erros de deriva, bem como efeitos decorrentes de erros de posicionamento na repetição das medidas. O mesmo procedimento experimental foi aplicado nas Áreas 1 e 2.

Utilizaremos o termo “teste de detectabilidade” para descrever o procedimento proposto, já que o mesmo permite detectar acuradamente os efeitos causados pela

proximidade da cerca. A variação nas medidas é feita em relação aos valores tomados nos estágios iniciais e finais do experimento. Podemos considerar como “detectável” um afastamento no qual as duas medições (com e sem a cerca) se distinguem acima da margem de erro das medidas.

Resultados

A Figura 5 apresenta os resultados do teste de detectabilidade efetuado nas Áreas 1 e 2 considerando uma cerca com os fios não-conectados, empregando os arranjos HCP e VCP.

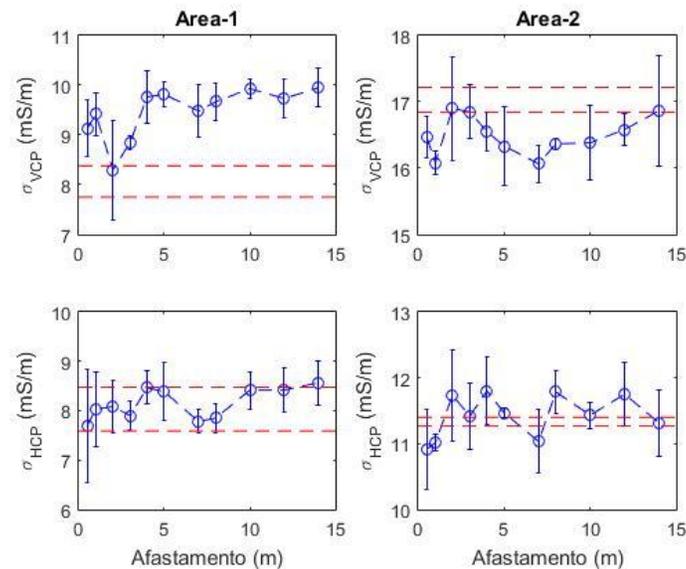


Figura 5: Resultados das medidas de condutividade elétrica aparente (círculos azuis) no teste de detectabilidade para a cerca com os fios sem conexão, nas áreas 1 e 2, com arranjos VCP (superior) e HCP (inferior). Margem de erro para a condutividade de fundo (linha tracejada vermelha), referente ao valor de condutividade no ponto de teste sem a presença da cerca.

A **Figura 6** mostra os resultados do teste de detectabilidade realizados nos mesmos locais, porém com a cerca constituída de fios conectados.

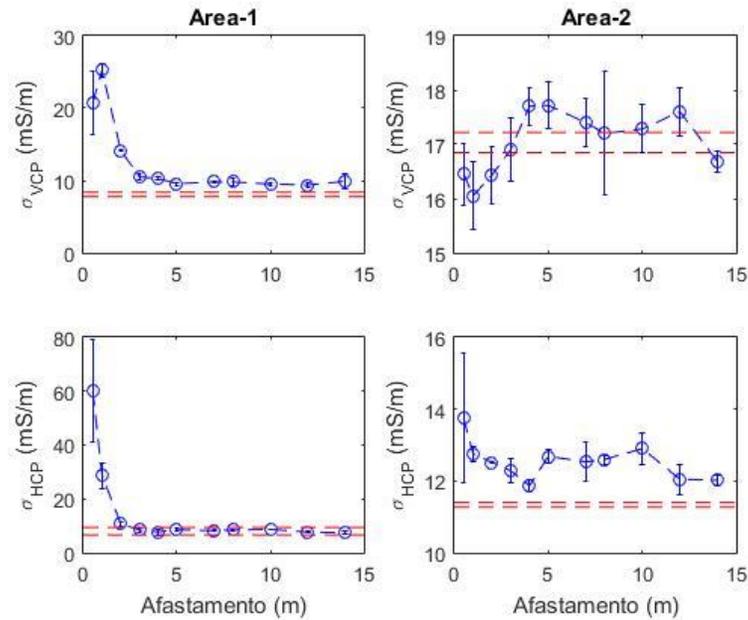


Figura 6: Resultados das medidas de condutividade elétrica aparente (círculos azuis) no teste de detectabilidade para a cerca com os fios conectados, nas áreas 1 e 2, com arranjos VCP (superior) e HCP (inferior). Margem de erro para a condutividade de fundo (linha tracejada vermelha), referente ao valor de condutividade no ponto de teste sem a presença da cerca.

Discussão e Conclusão

Neste trabalho, o estudo da interferência das cercas em dados adquiridos com o EM 34 foi realizado no contexto de um teste de detectabilidade, no qual uma composição de fios metálicos simulando cercas foram colocadas na vizinhança de um par Tx-Rx com separação de 10m. Os locais de teste (Áreas 1 e 2) foram escolhidos segundo características geológicas (sedimentos e embasamento alterado) e geoeletricas. A condutividade aparente da Área 1 é ligeiramente maior que a da Área 2. Para a componente vertical, a condutividade elétrica aparente varia de 5-10mS/m na Área 1 e de 10-20 mS/m na Área 2. Para a componente horizontal varia entre 5-15 mS/m na Área 1 e de 5-20 mS/m na Área 2. A condutividade ligeiramente maior pode ser confirmada através dos dados de caminhamento elétrico quando analisadas a relação inversa entre a resistividade e a condutividade.

Para a cerca com os fios não conectados (Figura 5), a cerca não é detectada pelo EM34 no arranjo HCP, nas duas áreas. A cerca torna-se perceptível no arranjo VCP

na Área 1 (mais resistiva), mas praticamente na margem de erro experimental na Área 2. Considerando que o mesmo procedimento experimental foi aplicado nas duas áreas, pode-se inferir que a interferência da cerca é maior na Área 1, mais resistiva, sugerindo que esse tipo de interferência seja mais pronunciado em meios resistivos. Essa hipótese é difícil de ser verificada experimentalmente, mas define um tópico importante para estudos baseados em simulação numérica. A possibilidade dos campos interferentes dependerem da condutividade do terreno é um resultado importante do presente estudo que merece investigação na sequência do trabalho.

Para a cerca com os fios conectados (Figura 6), o EM 34 mostrou-se bem mais sensível à presença da cerca. Para o arranjo VCP, a condutividade EM34 varia entre 10-20mS/m na Área 1 e 16-18 mS/m na Área 2. Para o arranjo HCP varia entre 10-60 mS/m na Área 1 e 12-14 mS/m na Área 2. Para os arranjos VCP e HCP, a Área 1, além de sua maior variação de condutividade aparente, apresenta um decaimento rápido em relação a detectabilidade da

cerca conforme seu distanciamento em relação às bobinas. Após uma distância de 3 m da cerca, a influência diminui e a cerca passa a não ser detectada. Na Área 2, a percepção da cerca tem amplitudes menores, porém existe a detectabilidade nos arranjos VCP e HCP.

Considerando o mesmo procedimento experimental ao longo de toda a campanha, a perturbação dos dados dos dados para a cerca conectada (Figura 06), apresenta uma detectabilidade da cerca mais evidente nos arranjos VCP e HCP, se comparada ao modelo de cerca não conectada. Por se tratar de um arranjo diferente em relação à estrutura, existe a possibilidade de as conexões influenciarem no aumento da interferência da cerca.

O geofísico, ao escolher o EM34, e adotar uma área, deve incluir em seu estudo a geologia local e estruturas que possam gerar interferências que estejam presentes na área. No caso das cercas, um procedimento indicado é de verificação da conexão elétrica entre os fios da cerca, o que pode ser realizado com multímetros portáteis. Cercas com fios não-conectados devem causar interferências praticamente desprezíveis nas medidas. Para cercas conectadas, a distância que a cerca deve estar para interferir nas medidas parece ser menor que as indicadas pelos fabricantes. Assume-se em geral distâncias entre 15 e 30 metros o que, conforme nosso estudo, pode ser menor, pelo menos para as configurações de cerca utilizadas.

Agradecimentos

A seção de resistividade na Área 1 foram realizadas por colegas do curso de geofísica do IAG. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradecemos ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas por fornecer a infraestrutura necessária durante esta pesquisa.

Referências

Christensen, N. B. & Sørensen, K. I., 1994. Integrated use of electromagnetic methods for hydrogeological investigations. Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, 1994, 163-176.

da Cunha, L. F. J., Shiraiwa, S., & São João, A., 2006. Mapeamento de contaminação de resíduos industriais pelo método eletromagnético indutivo. *Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 593-601.

de Souza Filho, O. A., de Sordi, D. A. & de Assis, J. R., 2014. Effect of Wire Fences on Slingram Type Surveys. *VI Simpósio Brasileiro de Geofísica*.

Ellert, N., 1971. *Aplicação do método eletro-magnético indutivo na prospecção de minério de cobre*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Iritani, M. A., 1993. Potencial hidrogeológico da cidade universitária de São Paulo, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Junge, A., 1996. Characterization of and correction for cultural noise. *Surveys in Geophysics*, 17(4), 361-391.

Porsani, J. L., Borges, W. R., Elis, V. R., Diogo, L. A., Hiodo, F. Y., Marrano, A., & Birelli, C. A., 2004. Investigações geofísicas de superfície e de poço no sítio controlado de geofísica rasa do IAG-USP. *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(3), 245-258.

Riccomini, C., 1989. O rift continental do sudeste do Brasil, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Szarka, L., 1988. Geophysical aspects of man-made electromagnetic noise in the earth—A review. *Surveys in Geophysics*, 9(3-4), 287-318.