



Eletrorresistividade Aplicada no Sítio Arqueológico AP-MA-05, Macapá-AP: Resultados Preliminares

Helyelson Paredes Moura^{1,*}, João Darcy de M. Saldanha², Mariana Petry Cabral², Marcelo J. de Oliveira², Kamilla F. Camarão¹, José Reinaldo C. Nery¹

¹Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

²Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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

In this article we present preliminary results of resistivity measurements that were carried out at the archaeological site AP-MA-05 to find remains buried by ancient people that could have lived in the area. Archaeological excavation on places indicated by resistivity anomalies revealed concentration of lateritic rocks fragments and fragmented pottery.

Introdução

A metodologia geofísica executada nos sítios arqueológicos tem como propósito detectar artefatos e feições relacionadas a atividades humanas pretéritas, como peças cerâmicas, cavidades, estruturas de edificações e restos de fogueiras. Para a arqueologia é importante definir os locais mais apropriados para realizar os trabalhos de escavação e também evitar escavar locais pouco promissores, de forma a preservar ao máximo as marcas deixadas por antigas sociedades. Os métodos geofísicos de prospecção, cujo objetivo é a investigação de feições de dimensões relativamente pequenas e/ou rasas, de escala local dentro da Terra, atendem à necessidade da arqueologia, pois satisfazem a necessidade de se ter maior exatidão dos locais para escavações (Jangelme et al., 2007; Luiz & Pereira, 2005; Alves, 1979).

Neste trabalho são relatados os resultados preliminares obtidos com a aplicação do método geoeletrico eletrorresistividade no sítio arqueológico AP-MA-05. A investigação geofísica teve como objetivo subsidiar a equipe de arqueologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) na identificação dos locais mais apropriados para os trabalhos de escavações, que foram realizados em setembro de 2008.

Características Gerais do Sítio AP-MA-05

O sítio AP-MA-05 está localizado na cidade de Macapá-AP no bairro Zerão, em terrenos da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Dentro do Campus Universitário, o sítio situa-se ao lado dos blocos de salas de aula do

Curso de Geografia e a 00° 01' de latitude sul e 51°04' de longitude oeste de Greenwich (Figura 1).



Figura 1 – Vista sul do sítio arqueológico AP-MA-05.

O sítio foi descoberto em março de 1997, durante as escavações de uma cava, com 1 m de profundidade por 70 cm de largura e 50 m de comprimento, para implantação de canos da rede de drenagem de água do Campus Universitário. Ao longo desta cava foram identificadas manchas de terra preta com e sem material arqueológico. Um trabalho de salvamento realizado pela equipe de arqueologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) resgatou 12 peças e 2 pingentes líticos que estavam dentro da referida cava (Machado, 1997).

Segundo Pereira (1997), de modo geral, todo o material arqueológico coletado, encontrava-se sob camadas de fragmentos de rochas lateritas, com espessuras variáveis de 3 a 50 cm, de formas arredondadas a alongadas de aspecto “poroso” (Grés do Pará). A. O material pedológico, de modo geral, mostra uma textura areno-argilosa, e apresenta textura maciça, fortemente friável em condições de umidade moderada, passando a pegajoso quando encharcado. Em condições de semi-umidade, o sólido mostra-se duro e tenaz.

Metodologia

O método geofísico empregado nesta pesquisa foi o de eletrorresistividade, devido às características dos materiais arqueológicos inicialmente encontrados pelo MPEG (artefatos cerâmicos sob fragmentos de rochas lateríticas). O método se baseia no fato de que materiais enterrados, rochas e alterações no substrato geológico, em função de suas composições mineralógicas, texturais e disposições, apresentam a propriedade de resistividade elétrica. O contraste entre as resistividades dos materiais enterrados e o meio envolvente, viabiliza a utilização do

método como forma de investigação arqueológica (Alves, 1979).

O método de eletrorresistividade tem como princípio a passagem pelo solo de uma corrente elétrica de intensidade I , transmitida por um par de eletrodos, aqui denominados A e B , conectado a uma fonte de corrente (bateria) e a medida da diferença de potencial (ΔV) entre dois eletrodos de recepção denominados M e N . A partir daí, pode-se calcular a resistividade aparente ρ_a , dada pela equação:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\Omega.m) \quad (1)$$

onde K é o fator geométrico do arranjo geral do quadripolo $AMNB$ (Keller & Frischknecht, 1977) que depende somente das posições de injeção de corrente e de medida do potencial, dado por:

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right]^{-1} (m) \quad (2)$$

sendo AM , AN , BM e BN as distâncias entre os eletrodos.

Na área do Sítio foram realizados ensaios geofísicos utilizando a técnica de imageamento elétrico para verificar a variação lateral de resistividade elétrica do meio. Os dados foram adquiridos com o arranjo dipolo-dipolo por apresentar boa resolução lateral (Ward, 1990), com espaçamentos constantes entre os eletrodos e iguais a 1 m, com cinco níveis de amostragem, ao longo de 14 perfis com 24 m de extensão no máximo, espaçados entre si de 1 m, orientados segundo a direção EW, transversalmente à linha que define a direção em que a cava foi aberta para instalação da rede de drenagem (Figura 2). Os perfis foram numerados de norte para sul, iniciando em 1. Duas trenas colocadas sobre o terreno foram usadas para controlar o intervalo entre os eletrodos e entre os perfis.

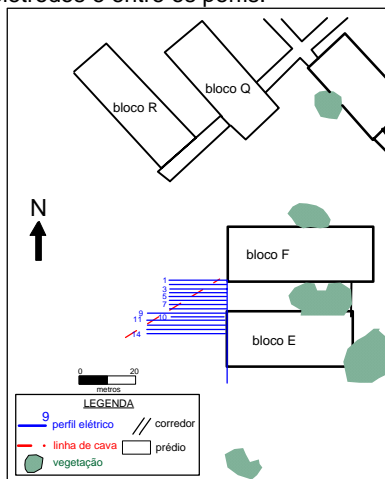


Figura 2 – Croqui de localização dos perfis de imageamento elétrico no sítio arqueológico AP-MA-05.

O equipamento utilizado foi o resistivímetro SARIS, fabricado pela empresa canadense Scintrex. O tempo de injeção e relaxamento de corrente utilizado foi de 1 s.

Os dados obtidos pela técnica de imageamento elétrico foram interpretados da forma qualitativa, usando perfis e mapas de valores aparentes. Posteriormente, os dados obtidos pela técnica de imageamento elétrico foram processados através do programa computacional RES2DINV (Geotomo Software, 2001) que adota uma técnica rápida e eficiente para inversão de dados de resistividade e de polarização induzida que foi desenvolvida por Loke & Barker (1996) e DeGroot-Hedlin & Constable (1990), baseada no método dos mínimos quadrados com suavização restringida. As seções modeladas são resultantes de um processo automático de inversão bi-dimensional. Os processos de inversão de dados de resistividade buscam estabelecer um modelo da provável distribuição real dos valores de resistividade elétrica em subsuperfície.

Resultados

Para análise, as medidas de resistividade elétrica foram representadas na forma de perfil e na forma de mapas de contornos de isovalores. A título de exemplo, são apresentados os modelos interpretados dos perfis das linhas 2 e 12, isto é, a distribuição da resistividade elétrica abaixo dos perfis (Figuras 3 e 4), que serviram de base, em função das anomalias elétricas presentes, para delimitação de duas áreas de dimensões 5 m x 5 m para realização dos trabalhos de escavações arqueológicas.

Na Figura 3, observa-se entre as posições 8 m e 11 m, aproximadamente, estendendo-se até 0,5 m de profundidade, valores elevados de resistividade elétrica (acima de 1750 $\Omega.m$) relacionados às feições arqueológicas formadas de fragmentos de rochas lateríticas, encontradas nas escavações entre as posições 8,7 m a 10 m do perfil, até a profundidade de 40 cm (Figura 5). Ainda na Figura 3, a partir da posição 13 m, observa-se uma anomalia condutiva, ainda não testada por escavação, com valores abaixo de 400 $\Omega.m$, provavelmente relacionada a uma feição arqueológica do tipo cavidade, com ou sem material arqueológico, preenchida com sedimentos saturados, devido ao período chuvoso que antecedeu os ensaios geofísicos. Na profundidade de 0,9 m, abaixo da posição 2,5 m, ocorre uma anomalia resistiva associada a uma tubulação plástica, de 40 cm de diâmetro, da rede de esgoto sanitário do Campus Universitário. Entre as posições 4 m e 5 m, a anomalia condutiva é relacionada à caixa de esgoto, visualizada pela presença de uma tampa de concreto na superfície.

Com referência à Figura 4, observa-se a anomalia condutiva, cujos flancos são centrados na posição 13 m, relacionada a uma vasilha cerâmica, simbolizada pela letra E, na Figura 6, evidenciada na escavação arqueológica. A forma desta anomalia reflete o alvo arqueológico, caracterizado pela cavidade preenchida com sedimentos úmidos, fragmentos de rochas lateríticas e vasilha cerâmica.

As medidas de resistividade elétrica aparente na forma de mapa de nível são mostradas nas Figuras 7, 8 e 9. Nas Figuras 7 e 8 são mostrados os mapas dos níveis de investigação 1 e 2, profundidades teóricas de 40 cm e 70

cm, respectivamente, que melhor evidenciam (a) as anomalias altamente resistivas (resistividade predominantemente acima de 2000 Ω .m) associadas à feição arqueológica do tipo camada de ocupação arqueológica, formada por fragmentos de rochas lateríticas com ou sem vasilhas cerâmicas, simbolizadas pelas letras A, E, D, B e F (Figuras 6, 10 e 11); (b) as anomalias condutivas (resistividade predominantemente abaixo de 900 Ω .m) associadas às cavidades preenchidas com sedimentos e vasilhas cerâmicas, simbolizadas pelas letras G, H e I (Figura 12). Na Figura 9, é mostrado o mapa de nível de investigação 5 (profundidade teórica de 1,5 m), que evidencia, em primeira aproximação, os valores de resistividade associados ao meio natural, compreendendo o intervalo de 1000 Ω .m a 1500 Ω .m.

Com base na correlação entre os valores de resistividade medidos, observados nos mapas de níveis elaborados de 1 a 5, e as localizações dos alvos arqueológicos, já evidenciados pelas escavações, é promissor centralizar os limites das novas áreas para escavações sobre as regiões anômalas altamente resistivas (valores de resistividade acima de 1750 Ω .m), compreendidas entre os perfis 10 e 14, entre as posições de 8,0 m e 11 m, 16 m e 19 m, 2 m e 7 m, e na região centrada na anomalia condutiva (valores inferiores a 900 Ω .m), compreendida entre os perfis 6 e 7, posicionada entre as posições 7,0 m e 10 m. Recomenda-se também o prosseguimento da escavação relacionada à anomalia resistiva descrita anteriormente do perfil 2 (Figura 3), face à faixa de valores de resistividade evidenciada no mapa de nível 5 (Figura 9), indicando, possivelmente, influência de supostos alvos arqueológicos neste nível.

Conclusões

As medidas de resistividade elétrica realizadas no sítio arqueológico AP-MA-05: Campus Universitário da Unifap mostraram resultados promissores na delimitação de duas áreas para os trabalhos de escavação arqueológica e na indicação de novas áreas para investigação.

As medidas evidenciaram anomalias de resistividade, dentro de faixas de valores bem definidos, que foram testadas através de escavações, as quais estão relacionados as feições arqueológicas, do tipo fragmentos de rochas lateríticas sobrepostos a vasilhas cerâmicas, e cavidades preenchidas com sedimentos e vasilha cerâmica.

A correlação das medidas de resistividade elétrica com os alvos arqueológicos encontrados nas escavações permitiu que se estabelecesse, em primeira aproximação, o intervalo de 1000 Ω .m a 1500 Ω .m para a resistividade aparente do meio natural.

Desse modo, evidencia-se a eficiência do método eletrorresistividade no auxílio de estudos arqueológicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Amapá e ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado do

Amapá pela parceria institucional que permitiu a realização da pesquisa.

Referências

- Alves, J. J. A., 1979, Métodos Geofísicos Aplicados à Arqueologia no Estado do Pará. Dissertação de Mestrado em Geofísica. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas. Universidade Federal do Pará, 55p.
- DeGroot-Hedlin, C., S. Constable, 1990, Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55(12): 1613-1624.
- Geotomo Software, 2001, Res2dinv V.3.4 Resistivity and Ip Inversion, Malaysia, 98p.
- Jangelme, G. M., J. L. Porsani and R. Kipnis, 2007, Investigações GPR no Sítio Arqueológico Lapa do Santo-MG: Resultados Preliminares. X Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, Disponível em CD.
- Keller, G. V., and F. C. Frischknecht, 1977, *Electrical methods in geophysical prospecting*. Oxford: Pergamon Press, 517 p.
- Loke, M. H., and R. D. Barker, 1996, Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44: 131-152.
- Luiz, J. G., and E. S. Pereira, 2005, Prospecção arqueológica por métodos geofísicos no Sudeste do Pará: O caso do Sítio Domingos, Canaã dos Carajás. IX Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, Disponível em CD.
- Machado, A. L. C., 1997, Salvamento Arqueológico do Sítio AP-MA-5: Campus Universitário. Relatório de Pesquisa. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 9p.
- Pereira, S., 1997, Levantamento Plani-altimétrico e fisiográfico para operação de Salvamento do Sítio Arqueológico do Campus Universitário da UNIFAP-Amapá. Relatório nº 01/07, 11p.
- Ward, S. H., 1990, Resistivity and polarization methods. *Geotechnical and Environmental Geophysics*, Vol. 1: Review and Tutorial. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, OK, 147-189.

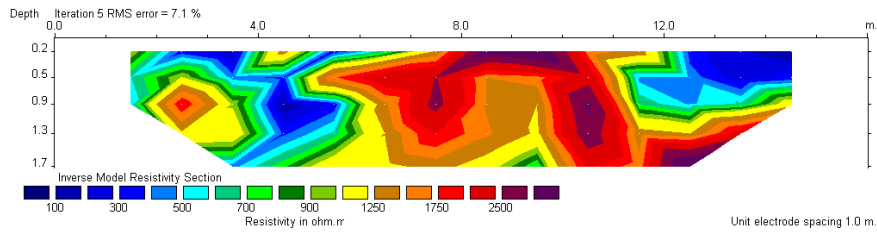


Figura 3 – Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 2.

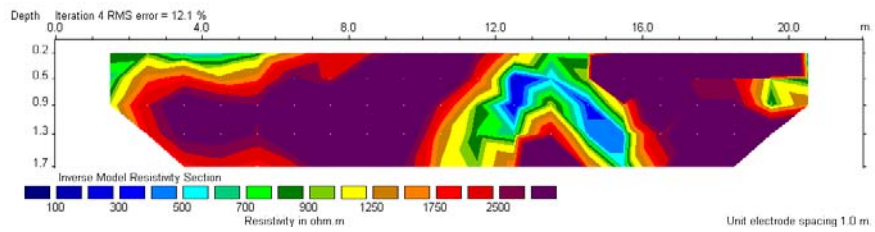


Figura 4 – Modelo interpretado de resistividade ao longo do perfil 12.



Figura 5 – Escavação realizada sobre a anomalia do perfil 2, evidenciando a feição arqueológica laterítica L.

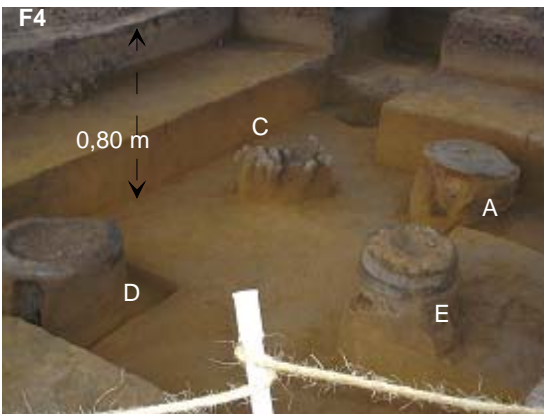


Figura 6 – Escavação realizada sobre a anomalia do perfil 12, evidenciando a vasilha cerâmica E.

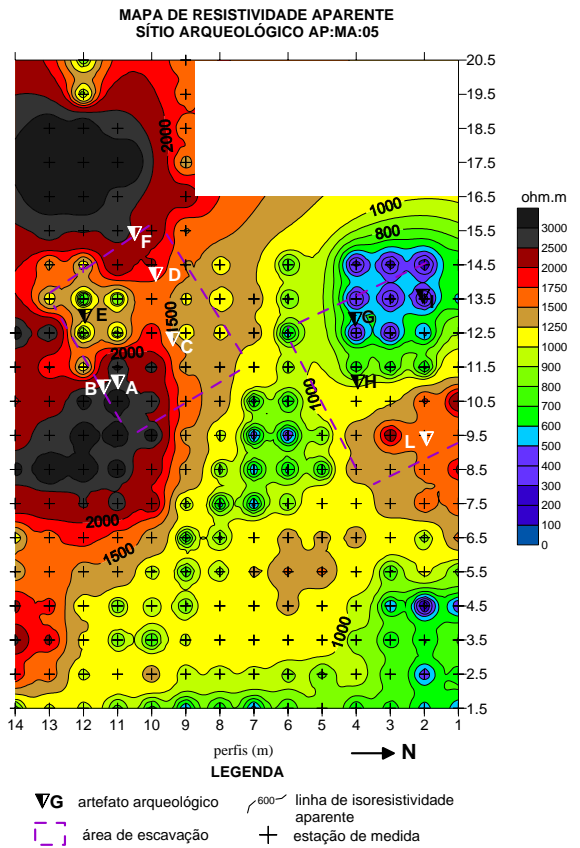


Figura 7 – Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 1.

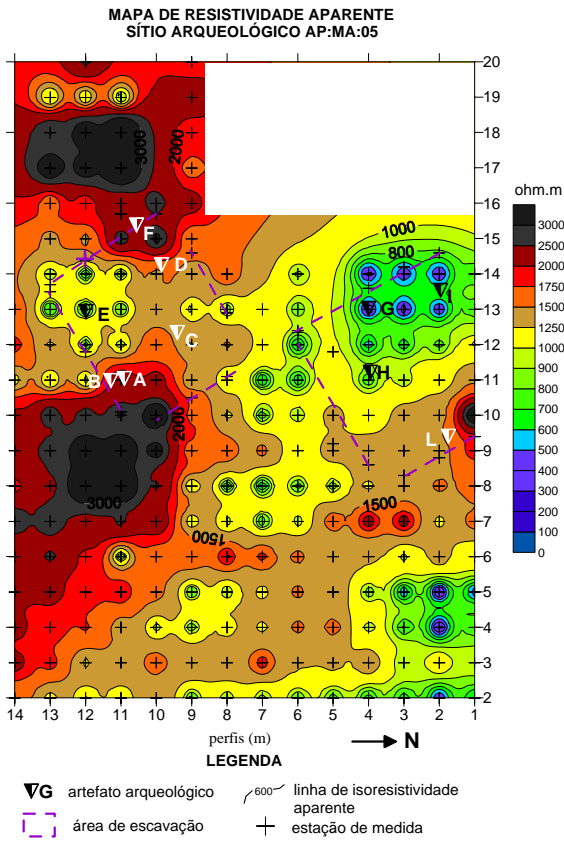


Figura 8 – Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 2.

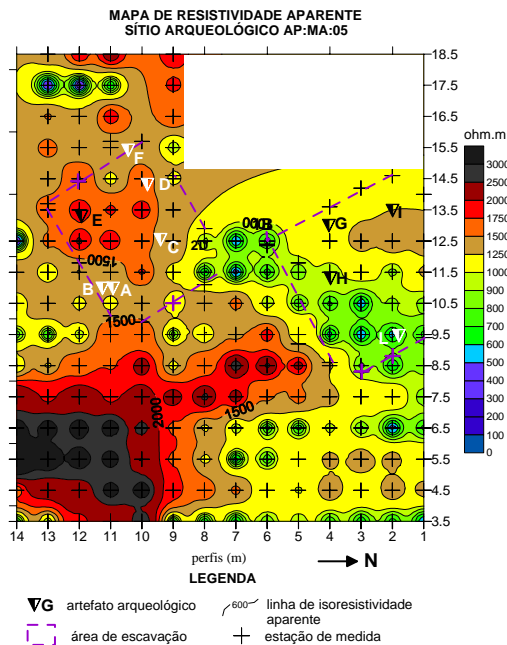


Figura 9 – Mapa de resistividade aparente, arranjo dipolo-dipolo, nível 5.

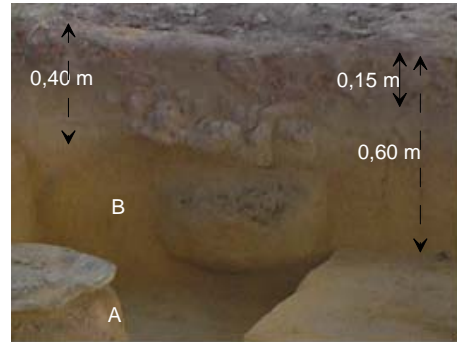


Figura 10 – Feição arqueológica B, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.

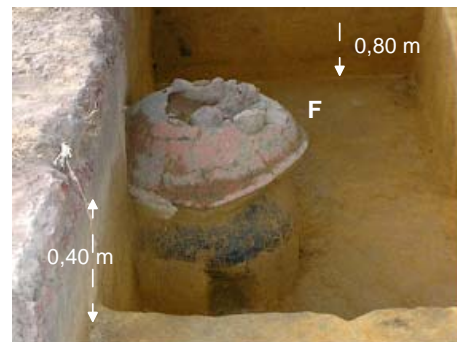


Figura 11 – Feição arqueológica F, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.

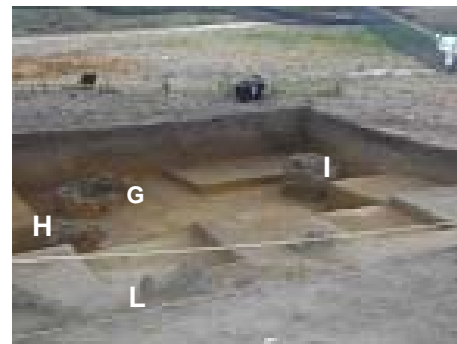


Figura 12 – Feições arqueológicas G, H e I, do tipo fragmentos lateríticos e vasilha cerâmica.