



Propriedades magnéticas de solos antropogênicos da América do Sul

Gabriela dos Santos Bertho, Gelvam André Hartmann

Instituto de Geociências

1. Introdução

O magnetismo ambiental vem sendo amplamente utilizado em estudos ambientais, a partir da correlação entre as propriedades magnéticas dos materiais geológicos e arqueológicos e aos processos e produtos paleoambientais. Apesar dos minerais magnéticos apresentarem baixa concentração nos solos (geralmente inferior a 1% da massa total), eles são responsáveis pelas diferentes colorações e pelas propriedades magnéticas de muitos tipos de solos (Evans e Heller, 2003). A atividade antropogênica tem grande influência na formação de minerais magnéticos através de diferentes processos como na pedogênese, na produção de sedimentos ou ainda na emissão de poluentes que se depositam em diversos ambientes, como lagos, rios e oceanos (e.g. Liu et al., 2012), que são refletidas pelo aumento e pela concentração de minerais magnéticos nos solos (e.g. Evans e Heller, 2003). Assim, as alterações magnéticas em horizontes de solos e sedimentos que formam o registro arqueológico são os “*fingerprints*” magnéticos deixados pelas ações do homem no passado (Dalan e Banerjee, 1998; Evans e Heller, 2003).

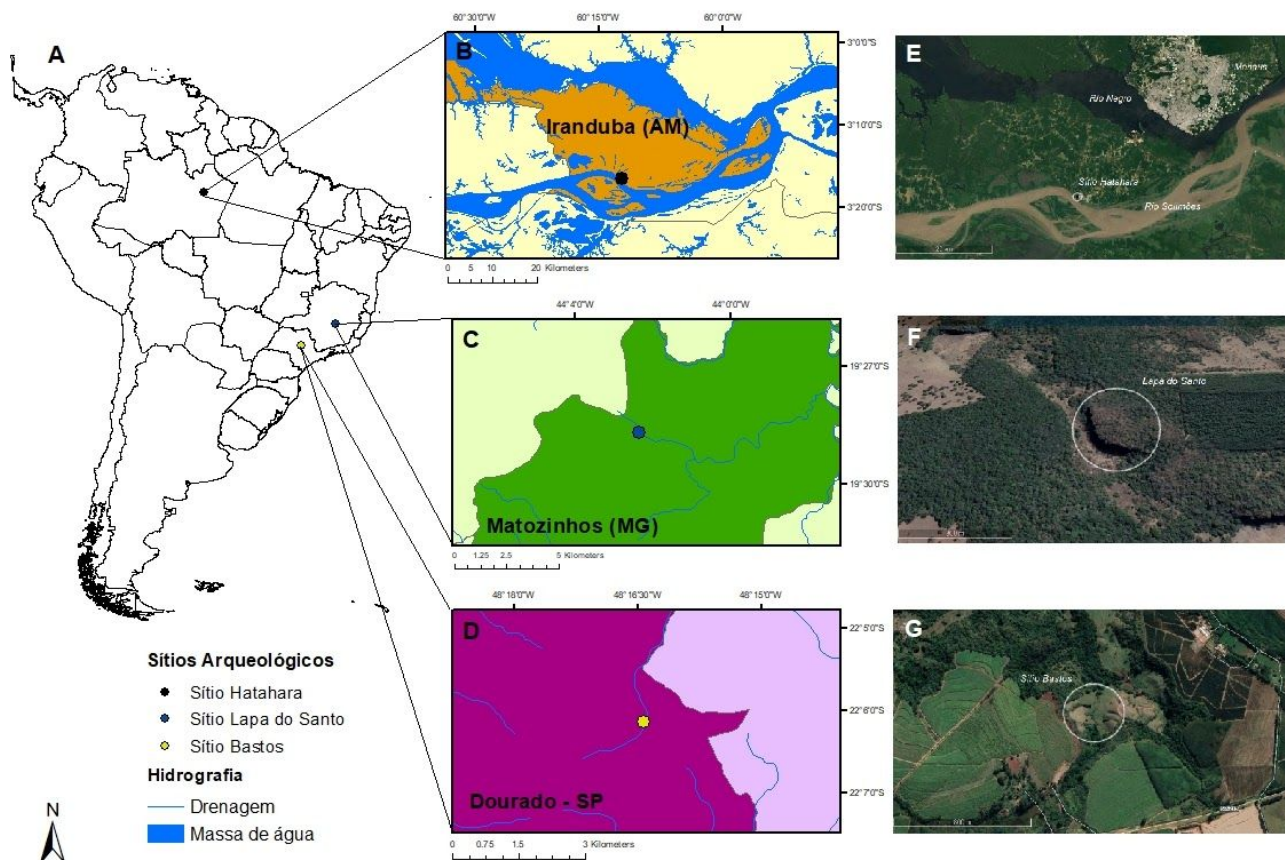


Figura 1: A) Mapa político da América do Sul e das Unidades Federativas do Brasil com a localização dos alvos de estudo; Mapas de localização dos sítios arqueológicos Hatahara (B), Lapa do Santo (C) e Bastos (D) em seus respectivos municípios; Fotos de satélite com a localização do Sítio Hatahara (E), do abrigo rochoso Lapa do Santo (F) e do Sítio Bastos (G) obtidas no Google Earth.

As técnicas de magnetismo de solos são aplicadas em diferentes tipos de problemas arqueológicos e as variações de parâmetros magnéticos em perfis de solos arqueológicos permitem a correlação com outros tipos de informações arqueológicas. Neste trabalho o objetivo principal foi estudar os registros antrópicos em amostras de solos dos Sítios Arqueológicos Lapa do Santo (Matozinhos, MG), Bastos (Dourado, SP) e Hatahara (amostras de Terra Preta de Índio, TPI, Iranduba, AM) por meio de técnicas de magnetismo ambiental, aliadas a informações arqueológicas e sedimentológicas (Figura 1).

2. Alvos de Estudo: Os Sítios Arqueológicos

O sítio Lapa do Santo, um abrigo rochoso na base de um maciço de calcário localizado a norte de Lagoa Santa (MG), oferece uma das mais completas sequências estratigráficas para o estudo da cronologia, subsistência, rituais funerários e expressões artísticas dos primeiros Sul Americanos (Villagran et al., 2017; Araújo et al., 2012). Idades de radiocarbono determinadas por meio de fragmentos de carvão e ossos humanos indicaram três períodos cronológicos distintos e não-sobrepostos nos quais essas idades se aglomeram, correspondendo ao Holoceno Inferior (7,9-12,7 cal ka AP), Médio (3,9-5,4 cal ka AP) e Superior (0,0-2,1 cal ka AP) (intervalos de 95,4%) (Villagran et al., 2017; Araújo et al., 2012). Os enterros humanos, datados de 8,2-10,6 cal ka AP, são estratigraficamente restritos ao intervalo de 1 m da parte superior da camada de sedimento (Figura 2), incluindo enterros primários e secundários que apresentam por vezes evidências de decapitação, descarnamento e remoção de dentes.



Figura 2: Fotos dos perfis dos sítios arqueológicos **A)** Lapa do Santo (Perfil N13_Oeste) e **B-C)** Bastos (Perfil Bastos 2). (Fotos de Villagran et al., 2017 (A) e Fioravanti, 2019 (B e C)).

O Sítio Bastos localiza-se na Fazenda Monte Alto, município de Dourado, no estado de São Paulo. Situado em um terraço de baixa declividade, próximo ao riacho Monte Verde, esse sítio é atualmente um local de pastagem (Araújo e Corrêa, 2014). Este sítio apresenta material lascado e lítico polido da Tradição Itararé-Taquara e as idades por radiocarbono indicam idades entre 7.650 AP a 12.640 AP (Correa, 2017). A Figura 2b apresenta o perfil estudado.

O Sítio Arqueológico Hatahara (AM-IR-13) está localizado no município de Iranduba - AM sobre um terraço à margem esquerda do Rio Solimões, próximo à confluência com o Rio Negro (Nunes, 2009). As características mais relevantes do sítio são a presença de uma grande quantidade de fragmentos cerâmicos, de montículos artificiais construídos com solo e fragmentos de cerâmica e de TPI por toda sua extensão (Rebellato, 2007; Py-Daniel, 2009; Nunes et al., 2013; Caromano et al., 2013). A história arqueológica do Sítio Hatahara apresenta quatro fases de ocupação distintas (Paredão, Manacupuru, Guarita e Açutuba) estabelecidas com base na decoração, forma do vaso e, principalmente, pelo tipo de temperamento usado na pasta de produção cerâmica (Nunes et al., 2013).

3. Métodos

Em laboratório foram realizadas medidas das propriedades magnéticas de 150 amostras, sendo 72 provenientes do Sítio Lapa do Santo, 48 do Sítio Bastos e 11 do Sítio Hatahara. As

amostras, acondicionadas em potes de acrílico. As medidas de susceptibilidade magnética (κ) das amostras de solo foram realizadas utilizando-se um susceptibilímetro Kappabridge MFK1-A da AGICO LTD nas frequências F1 (976 Hz) e F3 (15616 Hz) e foram então normalizadas pela massa, obtendo-se χ . A partir dos valores de χ para as frequências F1 e F3 de cada amostra, foi calculado o parâmetro de porcentagem de perda de susceptibilidade ($\chi_{fd}\%$), o qual expressa a porcentagem da diferença entre a susceptibilidade de uma amostra medida em uma frequência baixa e uma alta em relação ao valor obtido na frequência mais baixa (Dearing et al., 1996).

4. Resultados

As medidas de susceptibilidade magnética foram realizadas em quatro perfis do Sítio Lapa do Santo (perfis O12_Leste, N11_Sul, N11_Oeste e N12_Oeste). A Figura 3 apresenta os resultados de susceptibilidade magnética e do parâmetro $\chi_{fd}\%$ para as 72 amostras analisadas. A susceptibilidade magnética apresenta magnitudes semelhantes para os quatro perfis analisados, mas com variações em profundidades distintas entre eles. O parâmetro $\chi_{fd}\%$ apresenta variações de mesma ordem de grandeza nos quatro perfis analisados, valores variando entre ~9% e ~16%. De modo geral, os quatro perfis analisados apresentam valores semelhantes de susceptibilidade magnética (em magnitude e ordem de grandeza) podendo, portanto, serem usados para correlação entre si.

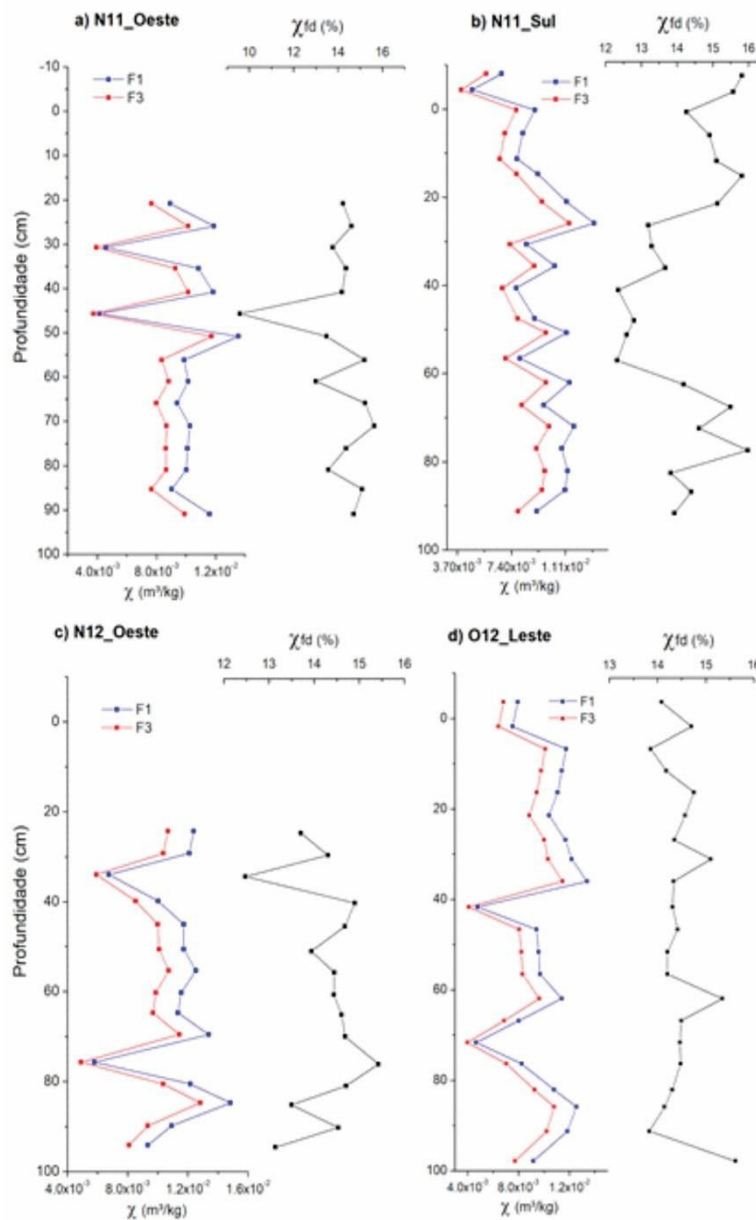


Figura 3: Susceptibilidade magnética (χ) e parâmetro de susceptibilidade magnética dependente da frequência ($\chi_{fd}\%$) para os perfis do Sítio Lapa do Santo (a) N11_Oeste, (b) N11_Sul, (c) N12_Oeste e (d) O12_Leste.

A Figura 4 mostra os resultados de susceptibilidade magnética e do parâmetro $\chi_{fd}\%$ das amostras dos perfis Bastos 2 e Gado do Sítio Bastos. Os dados de susceptibilidade magnética do perfil Bastos 2 (Fig. 4a) apresentam diminuição gradativa com a profundidade, exceto entre 150 e 200 cm de profundidade; já os dados de $\chi_{fd}\%$ apresentam um pico que alcança ~17% a 50 cm de profundidade, sendo que no restante do perfil os valores permanecem constantes. No perfil Gado, os valores de susceptibilidade magnética apresentam os menores valores entre 40 e 60 cm de profundidade, sendo que de ~60 cm em diante, os valores apresentam um aumento gradativo; os dados de $\chi_{fd}\%$ variam de ~1-3% da superfície até ~80 cm de profundidade, sendo que dessa profundidade até a base do perfil os valores aumentam até cerca de 7%.

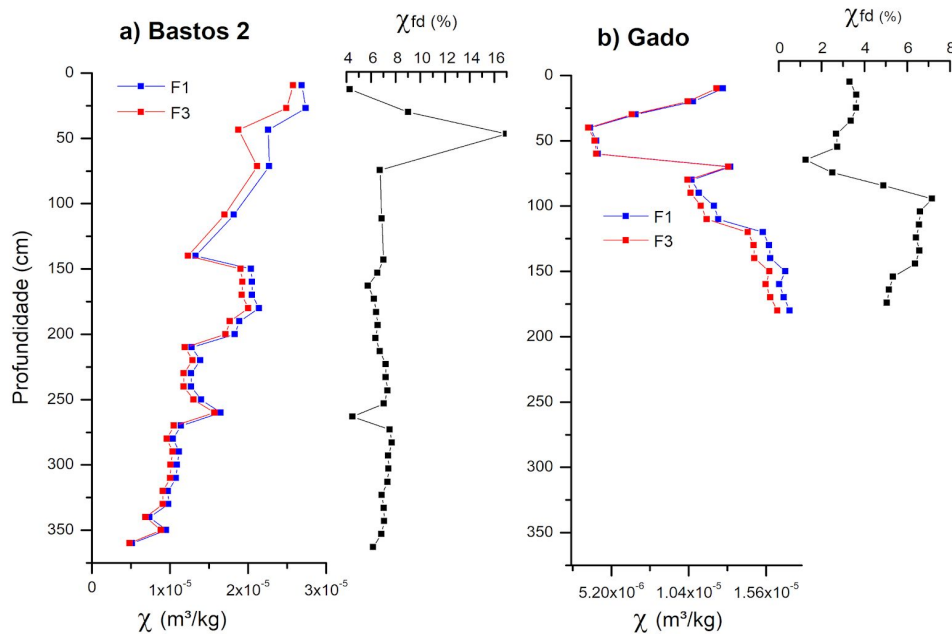


Figura 4: Susceptibilidade magnética (χ) e parâmetro de susceptibilidade magnética dependente da frequência ($\chi_{fd}\%$) para os perfis (a) Bastos 2 e (b) Gado.

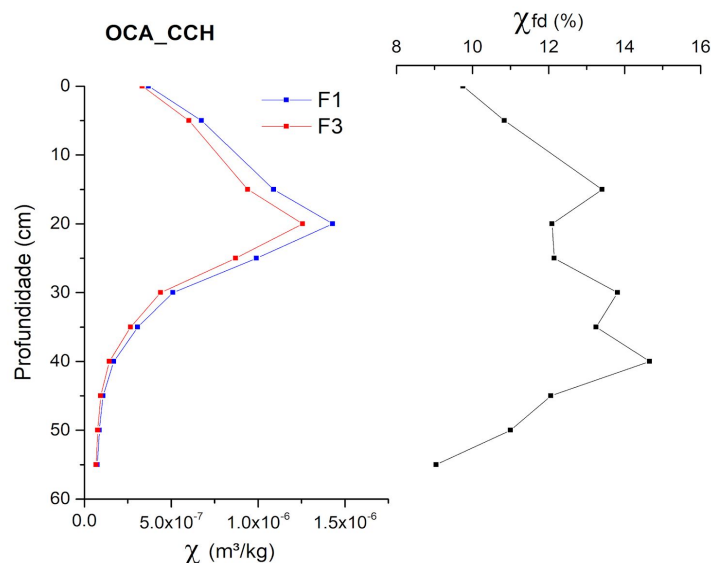


Figura 5: Susceptibilidade magnética (χ) e parâmetro de susceptibilidade magnética dependente da frequência ($\chi_{fd}\%$) para o perfil OCA_CCH do Sítio Hatahara.

As amostras de solo do perfil OCA_CCH 688 a 699 são provenientes do Sítio Hatahara. A susceptibilidade magnética na frequência de 976 Hz, ou F1, apresenta dois grupos distintos de

valores, diferenciados em torno de 30 cm de profundidade (Figura 5). O maior valor medido foi de $1,44 \times 10^{-6}$ m³/kg em 20 cm de profundidade. O menor valor medido foi de $8,62 \times 10^{-8}$ m³/kg a 50,0 cm. O valor médio de susceptibilidade nesta frequência, para as amostras deste perfil, é de $3,35 \times 10^{-8}$ m³/kg. O parâmetro $\chi_{fd}\%$ apresenta valores dentro de um intervalo de 9,05% a 14,60%, cujas percentagens são observadas na profundidade de 15 cm e 30 cm.

5. Discussão

Os parâmetros susceptibilidade magnética (χ) e da susceptibilidade magnética dependente da frequência ($\chi_{fd}\%$) apresentaram evidências de alterações das propriedades magnéticas em todos os sítios estudados. Os resultados do Sítio Lapa do Santo indicam que existem diversas perturbações nos sinais magnéticos ao longo do depósito, sugerindo a influência antrópica na deposição de sedimentos dentro do abrigo. Para o Sítio Bastos, é possível concluir que a susceptibilidade magnética é correlacionável com o regime climático proposto e também com o aumento na intensidade de ocupação humana do sítio; o parâmetro $\chi_{fd}\%$, porém, não acusou nenhum tipo de possível vestígio antrópico no perfil originado por queima. A susceptibilidade magnética das amostras de TPI provenientes do Sítio Hatahara aponta para uma região específica do perfil onde o parâmetro atinge um valor relativamente alto, indicando que esta região do depósito corresponde a um período onde as atividades antrópicas eram mais intensas e relacionadas à quantidade de minerais magnéticos gerados pela queima ou por uma maior quantidade de cerâmica.

Os resultados deste trabalho corroboram e reforçam estudos anteriores que utilizaram outras técnicas de análise. Contudo, análises de concentração e proveniência (medidas de magnetização remanente anisterética, magnetização remanente isotérmica, curvas de histerese) dos minerais magnéticos ainda são necessárias. Essas análises estavam previstas para serem desenvolvidas ao longo do primeiro semestre de 2020, porém, devido a pandemia da Covid-19, todo o cronograma foi cancelado, prejudicando o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

6. Referências

- Araújo, A.G.M., Correa, L.C., 2014. First Notice of a Paleoindian Site in Central São Paulo State, Brazil: Bastos Site, Dourado County. *Paleoindian Archaeology* 1 (1):04-14
- Araújo, A.G.M., Neves, W.A., Kipnis, R., 2012. Lagoa Santa revisited: an overview of the chronology, subsistence and material culture of paleoindian sites in eastern central Brazil. *Lat. Am. Antiq.* 24, 533e550.
- Caromano, C.F., Cascon, L.M., Neves, E.G., Scheel-Ybert, R., 2013. Revealing Fires and Rich Diets: Macro- and Microarchaeobotanical Analysis at the Hatahara Site, Central Amazonia. *Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*: Vol. 11: Iss. 2, Article 5, 40-51.
- Correa, L.C., 2017. As indústrias líticas do Holoceno no interior paulista: estudo de casos dos sítios Abrigo do Alvo e Bastos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Dalan, R., Banerjee, S.K., 1998. Solving archaeological problems using techniques of soil magnetism. *Geoarchaeology*, 13, 3-36. doi: 10.1002/(SICI)1520-6548(199801)13:1<3::AID-GEA2>3.0.CO;2-9
- Dearing, J.A., Dann, R.J.L., Hay, K., Lees, J.A., Loveland, P.J., Maher, B.A., O'Grady, K., 1996. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials. *Geophys. J. Int.*, 124, 228-240
- Evans, M.E., Heller, F., 2003. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics*. Academic, San Diego, California.
- Liu, Q., Roberts, A.P., Larrasoaña, J.C., Banerjee, S.K., Guyodo, Y., Tauxe, L., Oldfield, F., 2012. *Environmental Magnetism: Principles and Applications*. *Rev. Geophys.* 50, RG4002. doi: 10.1029/2012RG000393
- Nunes, K.P., Toyota, R.G., Oliveira, P.M.S., Neves, E.G., Soares, E.A.A., Munita, C.S., 2013. Preliminary Compositional Evidence of Provenance of Ceramics from Hatahara Archaeological Site, Central Amazonia. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP USP, *Journal of Chemistry*, 2013, 701748.
- Py-Daniel, A.R., 2009. Arqueologia da morte no sítio Hatahara durante a Fase Paredão. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.