

**Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST**

**Anais do IV Seminário Preservação  
de Patrimônio Arqueológico**

**Organização: Guadalupe do Nascimento Campos  
e  
Marcus Granato**

**Rio de Janeiro, Dezembro de 2016**

*Museu de Astronomia e Ciências Afins*  
Heloisa Maria Bertol Domingues

*Coordenação de Museologia*  
Marcus Granato

***Título: Anais do IV Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico***

*Organização e Edição*  
Guadalupe do Nascimento Campos e Marcus Granato

*Comitê Científico*

Camila Agostini  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Claudia Carvalho  
Museu Nacional/UFRJ

Eduardo Góes Neves  
Museu de Arqueologia e Etnologia/USP

Fernando Landgraf  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Gilson Rambelli  
Universidade Federal de Sergipe

Guadalupe do Nascimento Campos  
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Ivan Coelho de Sá  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Marcio Ferreira Rangel  
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Marcus Granato  
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Maria Conceição Soares Meneses Lage  
Universidade Federal do Piauí

Maria Dulce Barcellos Gaspar de Oliveira  
Museu Nacional/UFRJ

Maria Lucia de Niemeyer Matheus Loureiro  
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Maura Imazio da Silveira  
Museu Paraense Emílio Goeldi

Rosana Najjar  
Centro Nacional de Arqueologia/IPHAN

*Diagramação*  
Marcus Granato

*Capa*  
Ivo Almico

Publicado por/Editor: Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)  
Rua General Bruce, 586  
S. Cristóvão  
Rio de Janeiro, BRASIL  
20.921-030  
<http://www.mast.br>

Data: dezembro de 2016

ISBN: 978-85-60069-75-0

Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca do MAST

S471a Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico  
C & T (4. : 2016: Rio de Janeiro)  
Anais do 4º Seminário Preservação de Patrimônio  
Arqueológico/ organização: Guadalupe do Nascimento Campos;  
Marcus Granato — Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e  
Ciências Afins, 2016.  
457p.

Texto em português

Acesso em: [http://www.mast.br/hotsite\\_anais\\_ivsppa/index.html](http://www.mast.br/hotsite_anais_ivsppa/index.html)  
ISBN: 978-85-60069-75-0

1. Patrimônio arqueológico - Reunião. 2. Preservação  
– Reunião. 3. Museologia – Reunião. 4. Patrimônio  
científico – Reunião. I. Campos, Guadalupe do Nascimento.  
II. Granato, Marcus. III. Título.

CDU: 35.073.515.3

# O SOLO MODIFICADO PELO HOMEM (SOLO ANTRÓPICO) COMO ARTEFATO ARQUEOLÓGICO

Wenceslau Geraldes Teixeira\*

Ricardo Arcanjo de Lima\*\*

## Resumo

Os componentes orgânicos e minerais do solo registram o processo de sua gênese. O homem é um fator que pode alterar o processo de formação do solo, seja por adições de materiais orgânicos e minerais, seja pela movimentação de camadas de solo como também pelo seu aquecimento provocado pelas fogueiras e fornos. No sistema de classificação mundial de solos (WRB), solos modificados pelo homem (Anthrosols), que são caracterizados pela presença de horizontes denominados antrópicos são classificados quanto à natureza e intensidade das alterações e da sua resiliência no processo de formação do solo. No Brasil, sítios arqueológicos, denominados de Terras Pretas de Índio (TPI), são bastante frequentes em determinadas partes da Amazônia, os solos das TPI ganharam notoriedade mundial pelas suas características de cor escura e elevados estoques de carbono e de alguns minerais como fósforo, cálcio, zinco, bário, estrôncio, cujas concentrações foram aumentadas por adições de resíduos orgânicos pelo homem, conferindo a este solo elevada fertilidade. Outros sítios arqueológicos, como os geoglifos e os sambaquis, foram também estudados e apresentam alterações do material de solo original. O estudo das características morfológicas, química, físicas, mineralógicas e magnéticas dos horizontes antrópicos tem contribuído para a resposta de várias questões arqueológicas. Os horizontes de solos antrópicos são um registro das atividades humanas e podem ser considerados artefatos arqueológicos. A preservação deste legado de civilizações pretéritas é dever da nossa sociedade.

Palavras-chave: geoarqueologia; pedoarqueologia; magnetismo; carbono; patrimônio arqueológico.

---

\* Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000; wenceslau.teixeira@embrapa.br. Engenheiro agrônomo, D.rer. nat, Física do Solo.

\*\* Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22460-000; ricardo.arcanjo@embrapa.br. Bibliotecário, Dr. Política Científica e Tecnológica.

## **Introdução**

O homem ao ocupar um local, deixa inevitavelmente marcas de sua passagem, estes indícios normalmente são representados por artefatos cerâmicos, líticos, e feições de construções. O solo também registra, em muitas situações, a passagem de uma população e dos indícios das atividades realizadas no sítio arqueológico. Estas alterações no solo podem ser morfológicas (p.ex. cor, estrutura, transição de horizontes, etc.); químicas, como a elevação do pH do solo e dos teores de minerais como o carbono (C.), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), estrôncio (Sr) e bário (Ba) para mencionarmos alguns elementos. Alterações em características físicas do solo são também passíveis de serem encontradas, como maiores valores de densidade e de resistência a penetração, causados pela compactação, causada pelo pisoteio em estradas e em sítios de habitação. As características mineralógicas e magnéticas dos componentes minerais do solo são também passíveis de serem alteradas pelo homem, por exemplo, alterações na susceptibilidade magnética, em função do aquecimento do solo abaixo de fogueiras, fornos de cerâmica, fenômeno conhecido como magnetismo termoremanente. Diferenças na ocorrência e concentração de argilo minerais indica a adição de elementos minerais e sua fonte, podendo indicar a proveniência de artefatos líticos, cerâmicos e do material do solo.

## **Gênese do Solo**

A gênese do solo é condicionada pela intensidade de processos nos fatores de formação do solo que inclui o material de origem (rochas ou sedimentos aluvionares ou coluvionares), do clima, da topografia, e da atuação de organismos, normalmente sendo predominantes os efeitos da vegetação e da micro e macrofauna do solo ao longo do tempo (JENNY, 1994). Em solos tropicais formigas e cupins que provocam a pedoturbação do solo, mas animais de maior porte como os tatus também podem causar perturbações em sítios arqueológicos (ARAUJO; MARCELINO, 2003). Nos solos denominados antrópicos o homem tem uma atuação determinante em alguns processos, principalmente pela adição e movimentação de resíduos orgânicos e minerais e por práticas de manejo de água (WORLD, 2015). O estudo de solos, por pedólogos, geralmente se inicia com a observação de uma trincheira (perfil) na qual, subseções ou camadas são diferenciadas. Estas camadas são aproximadamente paralelas a superfície, e apresentam características morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos suficientemente distintos para individualizá-las, são denominadas de horizontes do solo.

Dentre as características morfológicas que são facilmente observáveis por inspeção visual de trincheiras, destacam-se: i) a cor do solo é uma característica que permite facilmente identificar alguns processos que ocorrem no local. As cores escuras que são típicas dos horizontes de Terra Preta de Índio (TPI) são devidas a um maior conteúdo de formas de carbono com alto poder pigmentante (p.ex. ácidos húmicos, fúlvicos e carbono pirogênico). O espessamento do horizonte superficial nas TPI é também uma característica destes solos (Figura 1).



Figura 1 - Perfis típicos de Terra Preta de Índio encontrados na Amazônia Central. Fotos: Wenceslau Teixeira.

As cores de solos são para fins de padronização determinadas normalmente em amostras úmidas, a luz do sol com o uso da carta de cores de Munsell. A presença de mosqueados de cores no solo indica um ambiente de má drenagem que pode ser atual ou resultado de um período passado (Figura 2).

Cores acinzentadas na grande maioria das ocorrências indicam um ambiente de alagamento com processos de desferrificação, entretanto, cores claras e amareladas são típicas de solos com predomínio da fração areia, como os sítios arqueológicos em Espodosolos, sob vegetação de campinarana, na Amazônia Central e Roraima (COSTA, 2009; PRANCE; SCHUBART, 1978). Os Espodosolos também apresentam horizonte escuro subsuperficial (horizonte espódico) que é devido ao processo genético de movimentação e precipitação de óxidos de ferro e alumínio e matéria orgânica típicos desta classe de solo (Figura 3).



Figura 2 - Torrão de solo com mosqueado de cores indicado a flutuação do lençol freático e má drenagem. Foto: Wenceslau Teixeira.



Figura 3 - Perfil de um Espodossolo com horizonte escuro subsuperficial (horizonte espódico) - Sítio arqueológico Dona Stella - Iranduba - AM. Foto: Wenceslau Teixeira.

A chamada transição entre horizontes refere-se à faixa de separação entre os horizontes. É caracterizada observando-se o seu contraste e topografia. O contraste diz respeito à espessura da faixa de transição, que é classificada em: a) abrupta: quando a faixa de separação é menor que 2,5cm; b) clara: quando a faixa de separação varia entre 2,5 e 7,5cm; d) gradual: quando a faixa de separação varia entre 7,5 e 12,5cm; e) difusa: quando a faixa de separação é maior que 12,5cm. Quanto a forma e espessuras são classificadas como plana ou horizontal: quando a faixa de separação dos horizontes é praticamente horizontal paralela, à superfície do solo. Ondulada ou sinuosa: quando a faixa de separação é sinuosa, sendo os desníveis, em relação a um plano horizontal, desníveis mais largos que profundos; Irregular: quando a faixa de separação dos horizontes apresenta, em relação a um plano horizontal, desníveis mais profundos que largos; Quebrada ou descontínua: quando a separação entre os horizontes não é contínua (Figura 4). Neste caso, partes de um horizonte estão parcialmente ou completamente desconectadas de outras partes deste mesmo horizonte (SANTOS *et al.*, 2005).

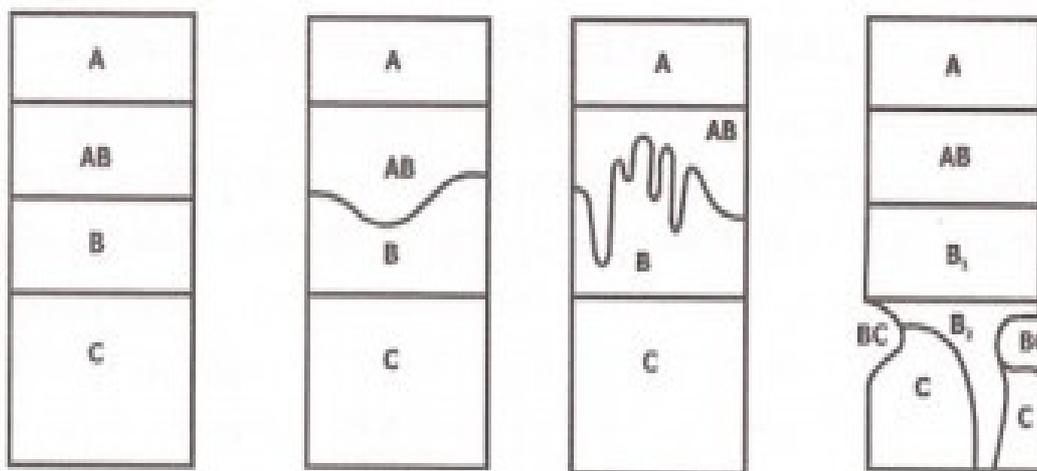


Figura 4 - Ilustração da forma de transição entre os horizontes. 1-Plana; 2 ondulada; 3 irregular e 4) descontínua lo. Fonte: SANTOS *et al.*, 2005.

Há escavações abertas em sítios arqueológicos típicos de TPI da Amazônia, que apresentam uma transição de horizontes abrupta e plana com uma clara indicação de um preenchimento de uma vala com solo já escurecido, posteriormente parece não ter havido movimentação de macrofauna do solo que normalmente contribui para o aumento da espessura que se torna difusa e em muitos casos, irregular (Figura 5).

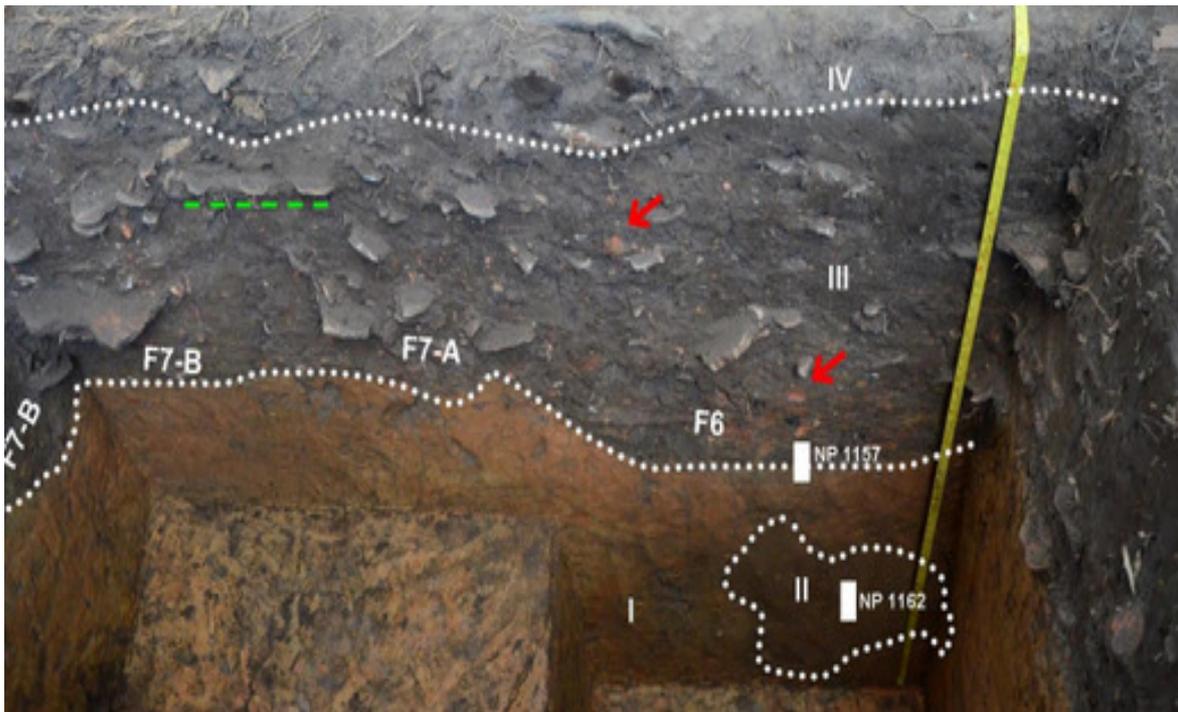


Figura 5 - Fotografia de uma escavação arqueológica em Tefé / AM, mostrando a transição abrupta e clara entre o horizonte antrópico escuro e o solo original. Foto: Jacqueline Belleti.

A observação de alterações morfológicas no solo é uma prática da arqueologia, que examina não apenas a variação vertical como o foco da pedologia, mas também a horizontal, o que permite identificar feições, típicas de construções, estradas, fogueiras, etc.

### **Características Químicas de Solos em Sítios Arqueológicos**

O aumento dos estoques de minerais e a criação de um solo fértil, como ocorreu nas TPI, provavelmente é devido a adição de resíduos domésticos. A adição de ossos de animais, espinhas de peixes e sangue que são ricos em (P) são as principais fontes de enriquecimento deste elemento nas áreas de sítios arqueológicos. As cinzas oriundas da queima completa de material vegetal e o carvão originado de uma queima incompleta (carbonização) condicionaram nas TPI, formas de carbono estável (carbono pirogênico - Cpy) que aumentam a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) que é responsável por reter os nutrientes catiônicos (LIANG et al., 2006) contidos nas cinzas e reduzir sua movimentação e consequente perdas para camadas mais profundas do solo, processo conhecido por lixiviação. A elevada estabilidade da matéria orgânica das TPI é atribuída

as características físico-químicas da matéria orgânica destes solos (GLASER, 2007), e mais recentemente acredita-se que ligações organominerais também tem influência nesta estabilidade (ARCHANJO et al., 2013). Os íons fosfatados no solo, predominam na forma aniônica, sendo que em muitos solos tropicais, a elevada presença de oxi-hidróxidos de ferro e alumínio reduz sua mobilidade lateral e ao longo do perfil pela sua fixação em formas precipitadas e pouco móveis. O uso do P na identificação de contextos arqueológicos é devido à presença deste elemento na maior parte dos restos culturais depositados em sítios de ocupação humana (WOODS, 2010), tais como urina, fezes, resíduos de plantas, e principalmente, ossos, espinhas de peixe, que são basicamente constituídos de apatita biogênica (fosfatos de cálcio). O uso do P como indicador de sítios arqueológicos foi utilizado pioneiramente por *Olof Arrhenius*, trabalhando na localização de sítios Vikings na Suécia (ARRHENIUS, 1931). A grande maioria das TPI apresentam teores superiores a 30 ppm de P (extrator Melich I) sendo este um dos critérios para classificação no sistema internacional de classificação de solos denominados de *preitic Anthrosols* (WORLD..., 2015), que caracteriza de forma bastante consistente os solos com expressiva contribuição antrópica nos sítios de TPI da Amazônia. A elevação dos teores P no solo é o melhor indicador químico para sítios de habitação, na maioria das situações em solos tropicais, entretanto, em locais nos quais os teores de P são normalmente elevados, como sítios de TPI nas várzeas do rio Solimões, Ilha de Marajó, o incremento de Mn, Sr e Ba são indicadores complementares (SCHAAN *et al.*, 2009; MACEDO, 2009). A ausência de marcadores químicos específicos de sítios de habitação em solos tropicais, como os elevados teores de P, pode indicar uma pequena permanência, uma elevada antiguidade da habitação e ou a retirada do P do ambiente por remoção da vegetação ou erosão de camadas superficiais. As típicas adições de Ca em sítios arqueológicos são provenientes de resíduos vegetais e animais (ossos) e excrementos. As cinzas provenientes da queima de material vegetal constituem uma das principais fontes de Ca. Em sítios arqueológicos do tipo sambaqui, que são feitos pela deposição de conchas e caramujos (GASPAR, 2000), o estudo dos teores de Ca não é muito informativo quanto a intensidade de habitação devido à grande presença deste elemento ( $\text{CaCO}_3$ ) nas conchas e caramujos. Os teores de Fe no solo, em especial nos mais avermelhados é relativamente elevado, este elemento aparentemente não sofre grande alteração pelo efeito de adições culturais. Entretanto estes solos pelos elevados teores de minerais ferrimagnéticos, que são suscetíveis ao fenômeno do magnetismo termoremanente, que o fenômeno da alteração do calor da susceptibilidade magnética dos minerais do solo quando aquecidos em determinadas condições de temperatura e

oxidação. Esta propriedade vem sendo bastante utilizada em trabalhos arqueológicos para identificação de locais onde houve aquecimento, como, por exemplo, fogueiras, fornalhas de queima de cerâmica, etc. (STERNBERG, 2008). Em alguns sítios de TPI são encontrados teores elevados de Zn e Mn suas principais fontes ainda não estão completamente elucidadas, especulando-se que poderiam ser provenientes das folhas de palmeiras utilizadas nos telhados das cabanas (KERN *et al.*, 2008). A seleção de métodos de análises dos elementos minerais em sítios arqueológicos é extremamente importante, os teores de elementos trocáveis que são feitos nos laboratórios de análise da fertilidade do solo, podem não ser os mais indicados para grande parte das situações, sendo nestas situações a análise de teores totais ou semitotais mais informativa. Uma técnica que está se tornando comum é o uso da fluorescência de raios X para determinação de teores de forma semiquantitativa, esta técnica apresenta a grande vantagem de ser não invasiva e não destrutiva.

### **Características Físicas do Solo em Sítios Arqueológicos**

A predominância da textura mais arenosa nos horizontes antrópicos das TPI pode estar relacionada a uso intenso do fogo e da disponibilidade de material orgânico, que combinados originam partículas organominerais bastante estáveis do tamanho da fração areia (Figura 6), a grande disponibilidade de cinzas pode ser um dos fatores da intensificação do processo de perda de argila (argiluviação) nos horizontes de TPI como demonstrado no estudo realizado por Macedo (2014).

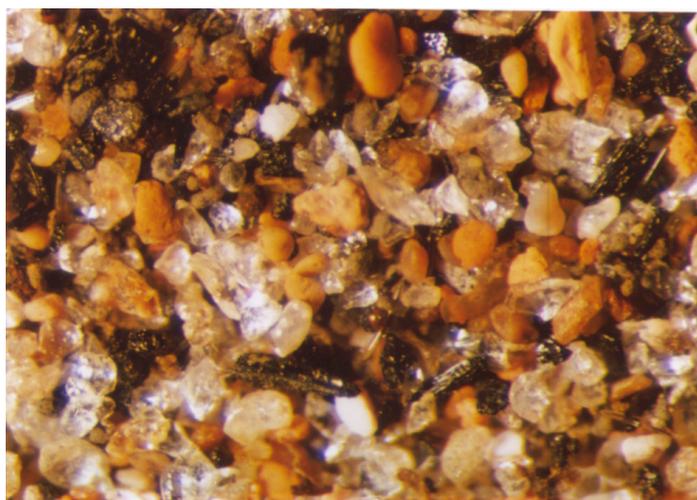


Figura 6 - Fotografia da fração areia de uma amostra de Terra Preta de Índio, em Iranduba - AM. Observa-se grãos de quartzo, grão de carvão e partículas cimentadas. Foto: Wenceslau Teixeira.

O efeito do fogo no aumento do percentual das frações areias em solos foi estudado por Ulery *et al.* (1996), Ketterings *et al.* (2000) e Teixeira e Martins (2003), este efeito é devido a uma concentração relativa pela iluviação da argila e também pela formação de partículas cimentadas no tamanho areia. Ressalta-se que as partículas cimentadas pelo calor são resistentes aos tratamentos com peróxido de hidrogênio, por dispersão mecânica e dispersão química, que não são efetivos para dispersão destes microagregados. Características físicas específicas das TPI foram revisadas e apresentadas por Teixeira e Martins (2003) e Teixeira *et al.*, (2010), nesses estudos se verifica a não preferência pela textura do solo nestes sítios, com ocorrências variando de solos arenosos a muito argilosos. Outros exemplos de alterações químicas, físicas, mineralógicas e magnéticas são discutidos abaixo exemplificando sítios arqueológicos no Brasil.

### As Terras Pretas de Índio

As Terras pretas de Índio (TPI), denominadas de *Amazonian Dark Earths* na língua inglesa, são sítios arqueológicos, encontrados principalmente em algumas regiões da Amazônia, cujos solos apresentam horizontes superficiais escuros e férteis (epieutróficos). As cores escuras dos horizontes antrópicos são devidas a elevada concentração de algumas formas de carbono (black carbon) de origem predominantemente pirogênica (GLASER, 2007). As TPI são também caracterizadas por elevadas concentrações dos cátions: P, Ca, Zn e Mn (KAMPF; KERN, 2005; SILVA *et al.*, 2011) quando comparados com solos adjacentes formados do mesmo material de origem. Os horizontes enriquecidos das TPI também apresentam artefatos cerâmicos arqueológicos e líticos (Figura 7).



Figura 7 - Fotos comparativas entre perfis de Latossolos Amarelos com e sem a presença do horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central. Fotos: Wenceslau Teixeira.

Os solos que apresentam os horizontes típicos das TPI não têm uma classificação específica no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, sendo caracterizados nos levantamentos como solos com horizonte A antrópico, sendo estes horizontes encontrados na classe dos Argilosos (*Acrisols*) e Latossolos (*Ferralsols*) e menos frequentemente da classe dos Plintossolos (*Plinthosols*) e Espodossolos (*Spodosols*). Nas áreas de várzeas, são encontrados estes horizontes antrópicos normalmente soterrados, principalmente na classe dos Gleissolos (TEIXEIRA *et al.*, 2005; MACEDO, 2009), nestas localidades o P e Ca não são bons indicadores do antropismo, pois os sedimentos que originam estes solos já apresentam altas concentrações destes elementos, o Sr e Ba parece ser melhores marcadores nestas ocorrências. Num estudo na Ilha de Marajó, Schaan *et al.*, (2009) revelou como marcadores do antropismo no solo os elementos Mn e Zn. A origem das TPI já foi motivo de intenso debate no passado, quando alguns autores apresentaram hipóteses de origens geogênicas tais como o resultado do acúmulo de cinzas vulcânicas; como resultado da sedimentação de lagos. Kämpf e Kern (2005) fizeram uma revisão histórica desta questão e fornecem todas as referências originais dos trabalhos com as diferentes hipóteses. Datações indicam que a formação e ocupação das áreas de TPI ocorreu principalmente entre 500 e 2500 anos A.P. (NEVES *et al.*, 2004). As TPI na Amazônia Central tem fortes evidências de ser resultado de intensa atividade humana (antrópica), pela incorporação de resíduos orgânicos (kitchen-midden) e material orgânico carbonizado (Cpy) com elevada capacidade de reter os minerais adicionados através da incorporação de resíduos.

A existência de horizontes antrópicos típicos das TPI em solos férteis, a ocorrência de horizontes antrópicos típicos das TPI em Gleissolos nas margens dos Solimões (TEIXEIRA *et al.*, 2006; MACEDO, 2009; SOUZA, 2010), indica que a formação das TPI provavelmente não tinham, ao menos inicialmente, a intenção de melhorar as condições agronômicas do solo, pois os níveis originais dos nutrientes para as plantas estão acima dos denominados níveis críticos de resposta a um nutrientes, quando não resposta ao crescimento com o aumentos dos teores de um elemento no solo (HAVLIN *et al.*, 1999).

O grande número de ocorrência e grande extensão de algumas TPI na Amazônia intriga vários pesquisadores, sendo que a extensão de algumas TPI foi justificada por uma arqueóloga pioneira na Amazônia, Betty Meggers do *Smithsonian Institut* – EUA, como a coalescência de pequenas aras de habitação em tempos distintos (MEGGERS, 2003). A pequena ocorrência ou mesmo ausência de áreas com TPI em muitas regiões que foram também densamente povoadas, infere a possibilidade das mesmas nunca terem existidos ou não terem persistidos. Os autores, especulam que as TPI podem ser resultante de

práticas de manejo de resíduos, específicas de alguns grupos. Ainda hoje, grupos indígenas na Amazônia tem vários tabus alimentares e de descarte de resíduos, principalmente animais, com a sua disposição segundo algumas regras, a quebra desta regra implicaria em má sorte para a pessoa ou grupo nas próximas caçadas (*panema* – má sorte na língua tupi).

O enriquecimento se deu pela adição de resíduos de origem vegetal (cascas, sobras de alimentos, folhas de palmeiras utilizadas na cobertura das habitações) (KAMPF; KERN, 2005) e de origem animal (ossos, sangue, pele de animais, espinhas de peixes, carapaças de quelônios, etc.) (LIMA *et al.*, 2002; SCHAEFER *et al.*, 2004) e excrementos (BIRK *et al.*, 2011; TAUBE *et al.*, 2012). Dada a grande extensão de muitos sítios arqueológicos na Amazônia Central (PETERSEN *et al.*, 2001; LEHMANN *et al.*, 2003; GLASER; WOODS, 2004) e considerando-se a ineficiência dos instrumentos agrícolas de madeira e machados de pedra para a prática da agricultura de corte e queima (DENEVAN, 2001), as tribos pré-colombianas provavelmente utilizavam métodos de cultivo intensivo nas áreas de várzea (onde estas eram disponíveis) e o cultivo semipermanente e permanente (nas Terras Preta de Índio). Para aumentar segurança alimentar em casos de grandes enchentes provavelmente a agricultura de várzea era associada com áreas de terra firme onde o cultivo eram feitos com espécies manejadas e em domesticação como o guaranazeiro (*Paullinia cupana*), as palmeiras - Açaizeiro (*Euterpe oleracea*) e Buritizeiro (*Mauritia flexuosa*) e árvores como as castanheiras (*Bertholletia excelsa*) o cacauzeiro (*Theobroma grandiflorum*) (CLEMENT *et al.*, 2015) e plantas semiperenes como a mandioca (*Manihot esculenta*), o amendoimzeiro (*Arachis hypogea*) e a batata-doce (*Ipomoea batatas*).

### **Os Solos nos Geoglifos do Acre**

Os sítios arqueológicos denominados de geoglifos, constituem-se de valas escavadas por povos pré-colombianos, com até 4 m de profundidade, com muretas adjacentes, formando na sua maioria círculos, retângulos e hexágonos com grande precisão geométrica. A área circundada pelas valas e muretas tem entre três e dez hectares, possuindo diâmetro médio de 100m, mas chegando até 385 metros; são, muitas vezes, conectadas por caminhos também murados (Figura 8).



Figura 8 - Geoglifos encontrados nos estados do Acre. Fotos: Cortesia, Denise Schaan

As datações indicam que houve construção/ocupação dos geoglifos variando entre o ano 200 AC até 1300 DC (SCHAAN *et al.*, 2012). Os registros, até o presente, indicam uma maior densidade de ocorrências dos geoglifos na região leste do estado do Acre; no entanto, estruturas semelhantes já foram identificadas na região sul do Amazonas (PARSINNEN *et al.*, 2009), oeste de Rondônia, norte do Mato Grosso (HECKENBERG, 2005) e na Bolívia, aonde são denominados de *zanjas circundantes* (HASTIK *et al.*, 2013; ERICKSON, 2010; DENEVAN, 2001, 1996). Já foram registrados aproximadamente 400 geoglifos no estado do Acre (SCHANN; BARBOSA, 2014), predominantemente nos interflúvios dos rios Acre, Iquiri e Abunã. Os geoglifos no município de Plácido de Castro (TEIXEIRA *et al.*, 2015) estão, em geral, localizados junto a pequenos cursos de água das drenagens primárias, com poucas ocorrências próximas ao principal rio desta região, o rio Abunã (Figura 9).

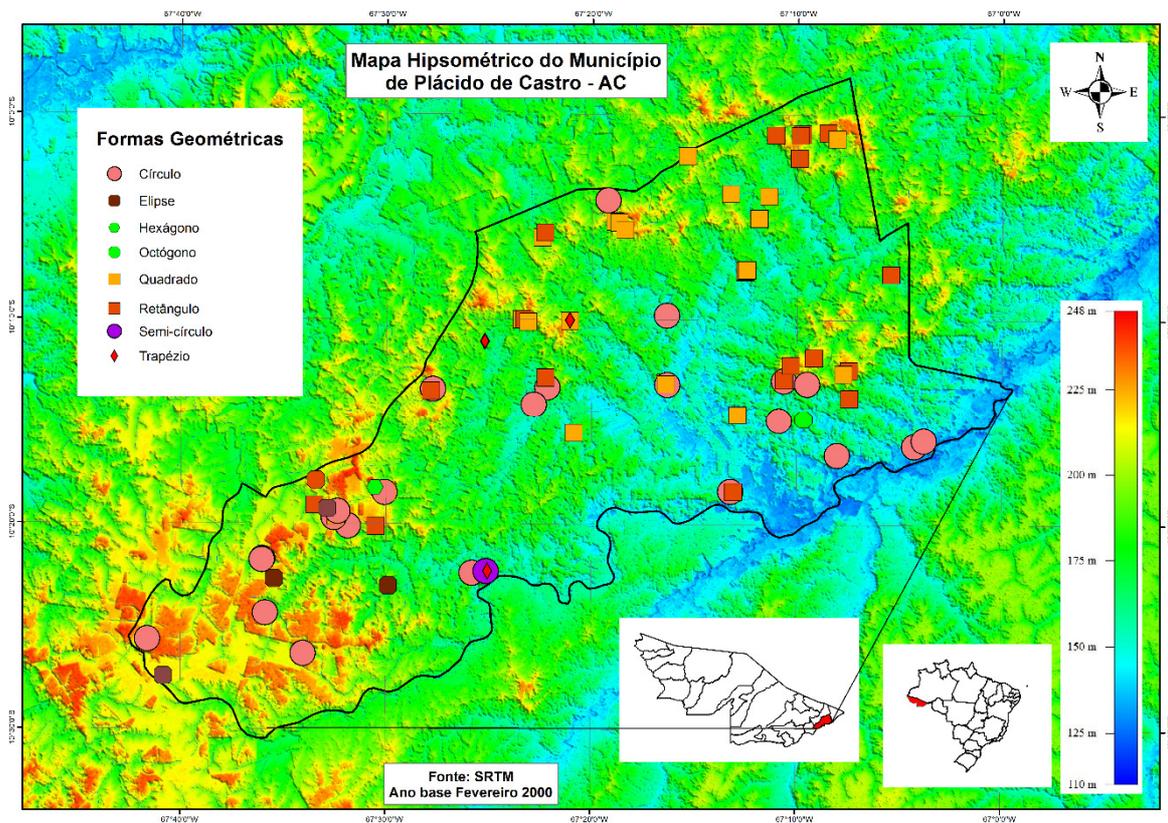


Figura 9 - Mapa de ocorrências de geoglifos no município de Plácido de Castro (Acre). Fonte: (TEIXEIRA *et al.*, 2015).

As análises da distribuição espacial dos geoglifos na paisagem acreana feitas até o momento indicam que foram construídos preferencialmente em pequenos platôs, próximos às bordas e a uma fonte de água primária (SCHANN, BARBOSA, 2014; SCHANN, 2012; CARMO, 2012). As classes de solos com maior frequência de geoglifos neste município são os Argilosos Vermelhos Amarelo e os Latossolos Vermelhos, solos que ocorrem predominantemente nas áreas de relevo mais aplainado. A classe textural predominante nestes solos é argilosa; esta classe textural deveria ser um atributo buscado pelos construtores dos geoglifos para dar estabilidade às valas e muretas. Adicionalmente, se as valas tinham intenção de armazenamento de água, este material pode ser compactado e ter reduzida sua infiltração. Apesar de esses solos terem textura argilosa são atualmente solos bem drenados, podendo ser confirmado pela ocorrência de cores de oxidação (avermelhadas) em todo perfil.

Os geoglifos estudados foram predominantemente localizados em solos de textura argilosa, com grande estabilidade estrutural. A construção das muretas na parte externa reforça a hipótese de manejo de água e enfraquece a hipótese de que as valas seriam trincheiras de

defesa (SCHANN, 2012; ERICKSON, 2010). Se estas inferências, da seleção de solos com grande estabilidade estrutural, para a construção dos geoglifos forem confirmadas, a região oriental do estado do Acre, não deverá apresentar uma elevada ocorrência destas estruturas, pois os solos com argilas de atividade alta e siltosos são predominantes naquela região (SHINZATO *et al.*, 2015). A movimentação de terra, pelas civilizações da América para contornar excesso ou deficiência de água, era praticada amplamente, conhecida e difundida em outras partes do Brasil, como em sítios de habitação no Pantanal (FELICISSIMO *et al.*, 2010) e na Ilha do Marajó (SCHANN, 2012). Os aterros do Pantanal (Figura 10) mostram uma disposição intercalada de conchas e sedimentos, que indica uma construção intencional e dirigida do mesmo ao invés de uma acumulação casual (PEIXOTO, 2014 - informação pessoal).

Nas terras baixas de *Llanos de Mojos*, na vizinha Bolívia, extensos canais e áreas elevadas foram construídas com fins agrícolas e de manejo da água (LOMBARDO *et al.*, 2011; DENEVAN, 2011; ERICKSON, 2006). As obras hidráulicas com movimentação de solo para o manejo da água eram também difundidas nas Guianas (IRIARTE *et al.*, 2012); Peru e Equador (WASSILOWSKY, 2011) e por várias civilizações da América Central (LUCERO; FASH, 2006; SCARBOROUGH, 2003), como os sítios conhecidos como las *chinampas*, feitas pela civilização Asteca no México (Figura 11).



Figura 10 - Ilustração de um aterro antrópico na região do Pantanal Brasileiro, locais conhecidos localmente como cordilheiras ou capões. Foto: Wenceslau Teixeira.

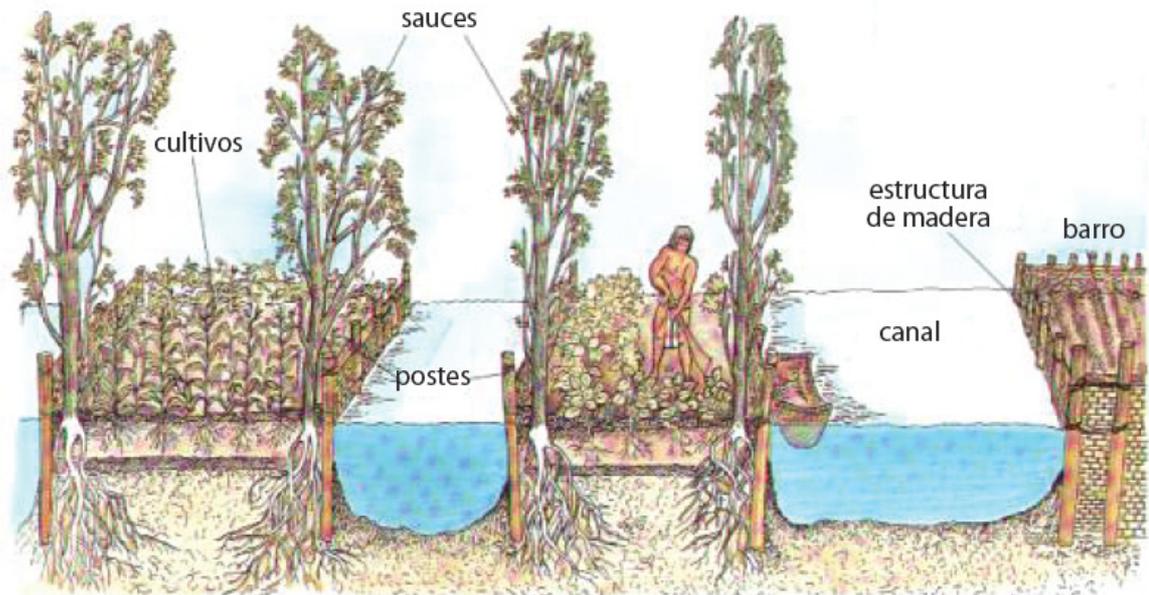


Figura 11 - Detalhe da construção dos solos antrópicos denominados de “*las chinampas*” na cidade do México, pela civilização Asteca. Fonte: (GARDI *et al.*, 2014).

Resultados de análises de parâmetros químicos de amostras de solos coletadas na superfície do solo dentro dos Geoglifos Jacó Sá, Três Vertentes, JK e Fazenda São Paulo (TEIXEIRA *et al.*, 2015) mostraram que, com exceção dos resultados dos teores de fósforo trocável e cálcio disponível de duas amostras oriundas do geoglifos – Fazenda São Paulo, localizando em Xapuri, não há indicadores pedológicos claros de antropismo no solo, como nos típicos sítios de habitação na Amazônia Central, as denominadas Terras Pretas de Índio - TPI (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Os elevados teores de fósforo encontrados no geoglifos da Fazenda São Paulo podem estar relacionados à sua construção em um solo originalmente rico nos elementos estudados; no estado do Acre há ocorrências de solos naturalmente férteis (eutróficos) e com elevados teores de fósforo e cálcio (SHINZATO *et al.*, 2015).

Os dados dos teores de carbono dentro dos geoglifos são semelhantes aos encontrados em outros estudos nos solos do Acre fora dos geoglifos. Alguns horizontes escurecidos que aparecem em algumas escavações em geoglifos parecem ser recentes, provavelmente mais relacionados ao processo de queima da floresta para limpeza da área que uma ocupação pretérita. Estes horizontes, muitas vezes, estão enterrados, o que ajuda na sua preservação (Figura 12).



Figura 12 - Perfil de solo no geoglifo JK ilustrando a ausência de horizonte escuro na superfície e a presença de um horizonte levemente escurecido enterrado, provavelmente por processos erosivos.  
Foto: Wenceslau Teixeira.

A falta de marcadores químicos do solo, na parte interna dos geoglifos, não permite descartar totalmente seu uso como sítios de habitação, pois há a possibilidade do espaço ter sido limpo frequentemente e os resíduos (principalmente de caça, pesca e coletas de vegetais) serem descartados de forma dispersa. Atualmente, há grupos de pesquisa tentando uma melhor compreensão da permanência dos horizontes antrópicos das TPI. Os modelos da gênese destes horizontes criados somente pelo descarte de resíduos em lixeiras (SCHMIDT *et al.*, 2014) pode não ser a causa única da sua presença. O aquecimento e conseqüentemente carbonização dos resíduos, e algumas reações organominerais que devem ocorrer em algumas circunstâncias específicas, além de uma grande movimentação de terras nos sítios TPI (enterramento dos horizontes) podem ter sido práticas culturais de alguns grupos. Estas práticas, inicialmente sem a intenção de melhoria das características agrônômicas do solo, promoveram a criação de espessos e férteis horizontes antrópicos e a preservação de algumas substâncias minerais que os caracterizam, estes horizontes típicos da TPI podem ser um artefato resultante do manejo intencional de resíduos. Na área interna do geoglifo Três Vertentes, em Acrelândia, foram coletadas amostras em três profundidades em um grid amostral aleatório com 41 pontos

com as amostras coletadas em três profundidades (10, 30 e 50 cm) e sete pontos em áreas fora do geoglifo (pastagem) nas mesmas três profundidades. Os resultados das avaliações da SM com amostras coletadas dentro e fora do geoglifo Três Vertentes não indicaram alterações significativas da SM (Figura 13). O geoglifo Três vertentes se encontra com vegetação de floresta primária, reduzindo interferências do aquecimento causado pela queima da vegetação após o desmatamento. O aumento da SM em alguns pontos isolados provavelmente está relacionado a alguma fogueira pretérita ou queima por longo tempo de árvores grandes com aquecimento do solo por longo tempo, quando há a possibilidade de se atingir temperaturas que possam alterar a SM ( $T \sim > 400\text{ C}$ ). Nesse geoglifo também foram feitas análises de alguns parâmetros químicos do solo (pH, cálcio trocável, fósforo disponível); estes resultados também não mostram indícios claros de ocupação dos geoglifos como sítios de habitação ou de acampamentos de longa duração.

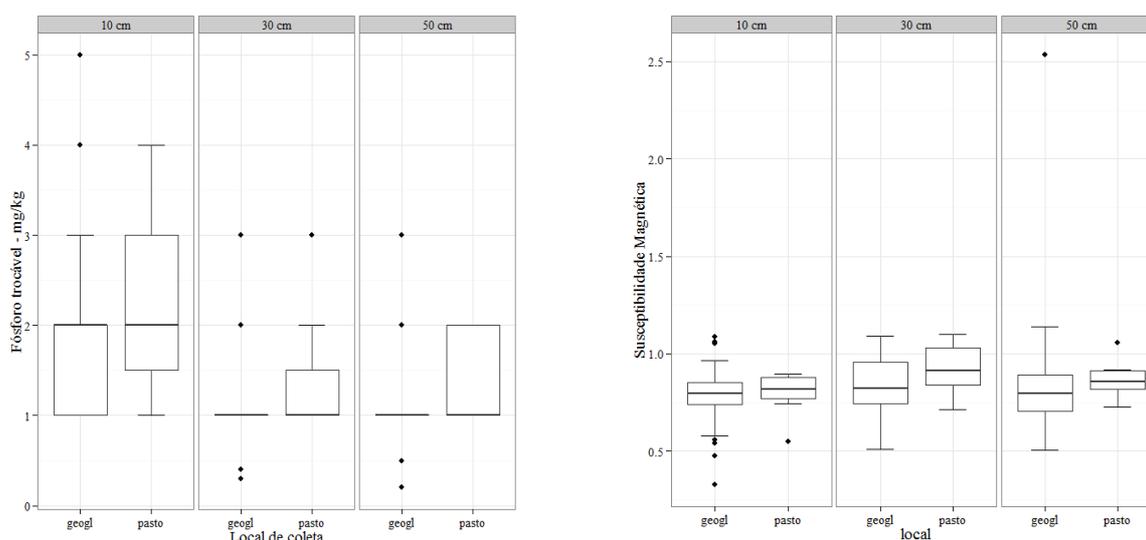


Figura 13 - Teores de alguns minerais e susceptibilidade magnética em diferentes profundidades de amostras de solos coletadas dentro e fora do geoglifo Três Vertentes – Acrelândia – AC.

Estes resultados, preliminares, das pequenas alterações causadas por atividades antrópicas nos solos do interior de alguns geoglifos, concordam com os resultados dos estudos de alguns parâmetros pedológicos em geoglifos no Acre realizados por Sauanluoma (2013) e Carmo (2012) corroboram as possibilidades destas áreas terem tido um uso cerimonial (SCHANN, 2012), ou de uso agrícola, cujos registros químicos e físicos nos solos são de difícil identificação.

### Características das Camadas de Solo em Sambaqui

Os sambaquis, que se consistem de depósitos de materiais orgânicos, minerais e principalmente de conchas, são relativamente comuns em todo o litoral fluminense (GASPAR *et al.*, 2013) e outros estados do Brasil (FIGUTI *et al.*, 2013; DeBLASI; GASPAR, 2012), estes sítios arqueológicos são estudados pela arqueologia para reconstituir as formas de vida dos povos responsáveis pela sua formação há alguns milênios de anos (GASPAR *et al.*, 2013; GASPAR, 2000). Os sambaquis apresentam uma estratigrafia de camadas bastante complexa, e entre estas camadas, frequentemente apresentam horizontes escuros que são ricos em nutrientes (férteis) e com elevados teores de carbono orgânico (VILLAGRAM *et al.*, 2010), contrastando com os baixos valores encontrados nos horizontes de solos subjacentes e adjacentes ao sambaqui (Figura 14).



Figura 14 - Foto de um sambaqui Fluvial na cidade de Miracatu, SP. Foto: Wenceslau Teixeira.

As características destes horizontes “pretos” dos sambaquis remetem aos solos antrópicos encontrados na Amazônia, conhecidos como Terras Pretas de Índio, que são caracterizados pela elevada fertilidade e estoques de carbono (TEIXEIRA *et al.*, 2010). O cálcio é elemento muito abundante nos sambaquis, pela elevada presença de conchas, cuja composição básica é o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), pode ser um elemento-chave na estabilização do carbono, como mostra os modelos teóricos apresentados recentemente por Archanjo *et al.* (2013). A susceptibilidade magnética (SM) é uma propriedade característica dos minerais do solo e da matéria orgânica, mostrando um grande potencial para avaliação e mapeamento da extensão de horizontes de solos antrópicos devido principalmente à propriedade de magnetismo remanente, aumento ou redução da SM original, que os minerais paramagnéticos apresentam quando aquecidos. O uso de dados de SM vem aumentando na geologia, arqueologia e ciência do solo, nesta última, principalmente em aplicações na agricultura de precisão através de avaliações geofísicas das características pedológicas utilizadas para a determinação indireta e por análises de correlação obter atributos do solo de interesse agrônomo (MARQUES *et al.*, 2014; RESENDE *et al.*, 1988).

Os principais minerais do solo podem ser classificados, quanto ao seu comportamento magnético, em: i) ferrimagnéticos, são os que apresentam propriedades magnéticas naturalmente, e elevados valores de SM (p. ex: magnetita, maghemita, titanomagnetita, pirrotita) cujos valores da SM pela massa específica variam entre 1000 a 50 [ $10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ ]; ii) paramagnéticos (p.ex: hematita, goethita, olivina, biotita, vermiculita, dolomita) cujos valores da SM variam entre 1 a 0,01 [ $10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ ] e iii) os diamagnéticos que apresentam valores negativos de SM (calcita, quartzo, caulinita, matéria orgânica) variando entre - 0,0048 a 0,019 [ $10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ ] (HANDBOOK..., 1982). A SM tem também um grande potencial para avaliação e mapeamento da extensão de horizontes de solos antrópicos e a caracterização de sítios e feições arqueológicas. Mansur *et al.* (2015) demonstraram o grande potencial do uso da SM no mapeamento expedito dos sítios arqueológicos conhecidos como sambaquis, com estudo realizado no Sambaqui encontrado na Fazenda Campos Novos localizada em Cabo Frio – RJ (Figura 15).

Alguns pontos apresentam anomalias com maiores valores, cores avermelhadas na Figura 15, que podem representar pontos aonde ocorreram fogueiras ou de concentração de minerais com maiores valores de SM naturalmente, como resíduos de concreções ferruginosas (petroplintitas) que são encontrados nos sedimentos da Formação Barreiras aonde está assentado este Sambaqui.

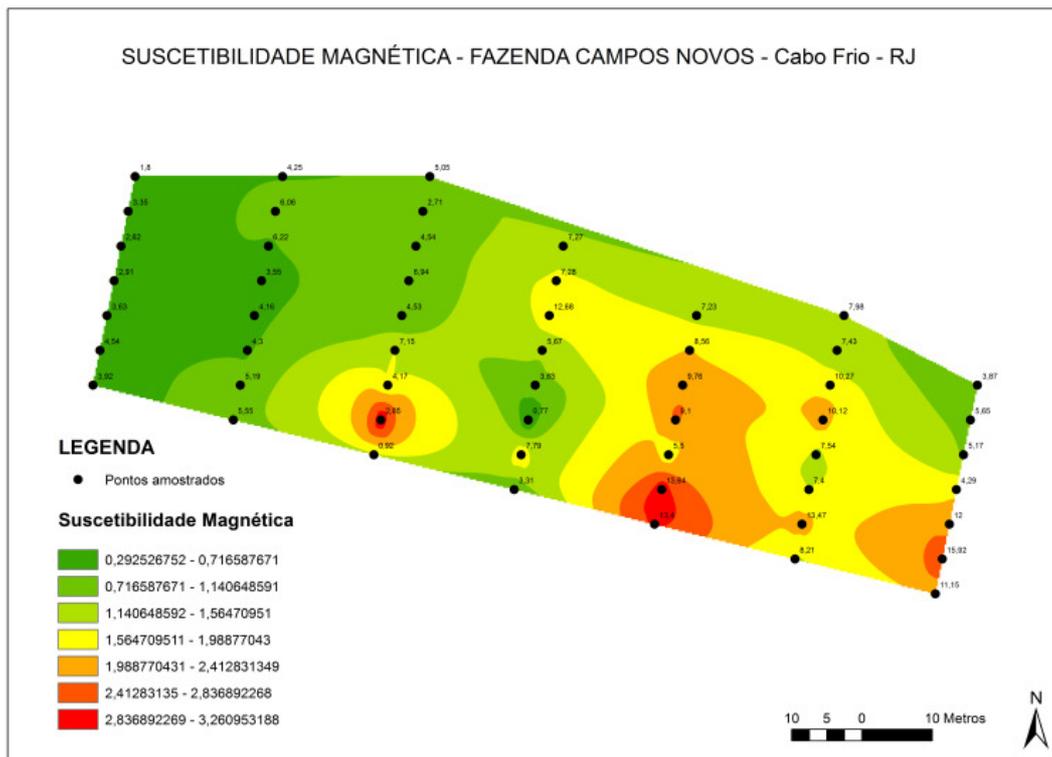


Figura 15 - Mapa dos valores de SM para a área do Sambaqui da Fazenda Campos Novos. Fonte: Mansur *et al.* (2015).

Os valores mais elevados se assemelham aos valores da superfície e paredes do Sambaqui Tarioba,  $SM = 0,626 \cdot 10^{-3}$  SI, e do Sambaqui da Beirada  $SM = 0,339 \cdot 10^{-3}$  SI na área do sambaqui, uma área de restinga adjacente apresenta valores da ordem de  $SM = 0,022 \cdot 10^{-3}$  SI. Os baixos valores das áreas adjacentes ao sambaqui da Beirada são devido a sua composição mineralógica ser basicamente de minerais de quartzo na fração areia, minerais diamagnéticos.

### **Solo Antrópico como Artefato Arqueológico e Legado de Civilizações do Passado**

A morfologia e a composição do solo em sítios arqueológicos podem apresentar características que as tornam típicas de determinado tipo de sítio arqueológico, as Terras Pretas de Índio da Amazônia, são provavelmente o melhor exemplo desta associação no Brasil. Os resíduos adicionados ao solo original, sejam de origem orgânica ou mineral, podem caracterizar hábitos culturais de algumas civilizações. A avaliação das alterações causadas pelo aquecimento nas propriedades magnéticas do solo pode ser uma

ferramenta bastante efetiva no mapeamento e na identificação de algumas feições ligadas ao uso do fogo em sítios arqueológicos. Estudos morfológicos e micromorfológicos mostram evidências de processos que ocorreram no ambiente do sítio arqueológico, como feições e contrastes. A composição do solo pode também ter uma grande influência na preservação de artefatos e sepultamentos. Os solos antrópicos, independente da intencionalidade da sua modificação para fins agrícolas, são um legado arqueológico e agrônomico e devem ser preservados e estudados como fonte de inspiração e entendimento de mecanismos de melhoria de solos.

### Referências

- ARAUJO, A. G. M.; MARCELINO, J. C. The role of armadillos in the movement of archaeological materials: an experimental approach. *Geoarchaeology*, v. 18, n. 4, p. 433-460, 2003.
- ARCHANJO, B. S.; ARAUJO, J. R.; SILVA, A. M.; CAPAZ, R. B.; FALCÃO, N. P. S.; JORIO, A.; ACHETE, C. A. Chemical Analysis and Molecular Models for Calcium-Oxygen-Carbon Interactions in Black Carbon Found in Fertile Amazonian Anthrosols. *Environmental Science & Technology*, n. 48, p. 7445-7452, 2013.
- ARRHENIUS, S. Die Bodenanalyse im dienst der Archäologie. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde Tiel B*, n. 10, p. 427-439, 1931.
- BIRK, J.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES, E. G.; GLASER, B. Faeces deposition on Amazonian Anthrosols as assessed from  $\delta^{13}C$ -standols. *Journal of Archaeological Science*, n. 38, p. 1209-1220, 2011.
- CARMO, L. F. Z. D. *Relações geoambientais nos geoglifos do Estado do Acre*. 2012. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), UFV, Viçosa.
- CLEMENT C. R, DENEVAN W. M, HECKENBERGER M. J, JUNQUEIRA A. B, NEVES E. G, TEIXEIRA W. G.; WOODS W. The domestication of Amazonia before European conquest. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282.
- COSTA, F. W. D. S. Arqueologia das campinaranas do baixo Rio Negro: em busca dos pré-ceramistas nos areais da Amazônia Central. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Museu de Arqueologia e Etnologia da USP. São Paulo: USP, 2009.
- De BLASIS, P.; GASPAR, M. D. Os sambaquis do sul catarinense: retrospectiva e perspectivas de dez anos de pesquisas. *Especiaria (UESC)*, v. 11/12, p. 1-348, 2012.
- DENEVAN, W. A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 86, p. 654-681, 1996.
- DENEVAN, W. *Cultivated landscapes of native amazonia and the andes*. Oxford: University Press. 2001. 396 p.
- DENEVAN, W. Indian Adaptations in Flooded Regions of South America. *Journal of Latin American Geography*, v. 8, n. 2, p. 209-213, 2011.
- ERICKSON, C. The Transformation of Environment into Landscape: The Historical Ecology of Monumental Earthwork Construction in the Bolivian Amazon. *Diversity*, v. 2, n. 4, p. 618-652, 2010.

FELICISSIMO, M. P.; PEIXOTO, J. L.; BITTENCOURT, C.; TOMASI, R.; HOUSSIAU, L.; PIREAUX, J. J.; RODRIGUES-FILHO, U. P. SEM, EPR and ToF-SIMS analyses applied to unravel the technology employed for pottery-making by pre-colonial Indian tribes from Pantanal, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 37, n. 9, p. 2179-2187, 2010.

FIGUTI, L.; PLENS, C.R.; DeBLASIS, P. Small Sambaquis and Big Chronologies: Shellmound Building and Hunter-Gatherers in Neotropical Highlands. *Radiocarbon*, v. 55, p. 1215-1221, 2013.

GARDI, C.; ANGELINI, M.; BARCELÓ, S.; COMERMA, J.; CRUZ GAISTARDO, C.; ENCINA ROJAS, A.; JONES, A.; KRASILNIKOV, P.; MENDONÇA SANTOS BREFIN, M. L.; MONTANARELLA, L.; MUÑIZ UGARTE, O.; SCHAD, P.; VÁRA RODRÍGUEZ, M. I.; VARGAS, R. (Ed.). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014. 176 p.

GASPAR, M. D.; KLOKER, D.; SCHEEL-YBERT, R.; BIANCHINI, G.F. Sambaqui de Amourins: mesmo sítio, perspectivas diferentes. *Arqueologia de um Sambaqui 30 anos depois*. Museo de Antropologia. *Revista*, v. 6, p. 7-20, 2013.

GASPAR, M. D. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 2000.

GLASER B.; WOODS. W. *Amazonian Dark Earths: explorations in space and time*. Berlin: Springer, 2004.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical transactions of the royal society*, n. 362, p. 18 -196, 2007.

HANDBOOK of chemistry and physics: a ready-reference book of chemical and physical data. 63 ed. Boca Raton: CRC Press, 1982.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S.; L AND NELSON, W. L. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999 p. 499.

JENNY, H. *Factors of soil formation: a system of quantitative pedology*. New York: Dover, 1994.

MANSUR, K. L.; TEIXEIRA, W. G.; GONCALVES, A. O.; SHINZATO, E. Avaliação da susceptibilidade magnética no sambaqui Fazenda Campos Novos - Cabo Frio - RJ. In: GEOBRHERITAGE, 3., Lençóis, 2015. *Anais...* Diamantina: UEFS, 2015.

MARQUES, J.; SIQUEIRA, D. S.; CAMARGO, L. A.; TEIXEIRA, D. D. B.; BARRON, V.; TORRENT, J. Magnetic susceptibility and diffuse reflectance spectroscopy to characterize the spatial variability of soil properties in a Brazilian Haplustalf. *Geoderma*, v. 219-220, p. 63-71, 2014.

KÄMPF, N. KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p. 277-320.

KERN, D. C.; COSTA, M. L. D.; RUIVO, M. D. L. P. Métodos e técnicas geoarqueológicas para caracterização de solos com Terra Preta na Amazônia: contribuições para a arqueologia. In: RUBIN, J. C. de; SILVA, R. T. (Ed.) *Geoarqueologia: teoria e prática*. Goiânia: UCG, 2008. p. 133-152.

KETTERINGS, Q. M.; BIGHAM, J. M.; LAPERCHE, V. Changes in soil mineralogy and texture caused by slash and burn fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of*

*America Journal*, n. 64, p. 1108-1117, 2000.

HASTIK, R.; GEITNER, C.; NEUBURGER, M. Amazonian Dark Earths in Bolivia? A Soil Study of Anthropogenic Ring Ditches Near Baures (Eastern Llanos de Mojos). *Erdkunde*, v. 67, n. 2, p. 137-149, 2013.

HECKENBERGER, M. J. *The ecology of power: culture, place, and personhood in the Southern Amazon, A.D 1000-2000*. 1. New York: Routledge, 2005.

LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS W. I. *Amazonian Dark Earths: origin, properties, management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; KINYANGI, J.; GROSSMAN, J.; O'NEILL, B.; SKJEMSTAD, O.; THIES, J.; LUIZÃO, F. J.; PETERSEN, J.; NEVES, E. G. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of American Journal*, n. 70, p. 1719, 2006.

LIMA, H. N.; SHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R. J.; KER, J. C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, n. 110, p. 1-17, 2002.

LOMBARDO, U.; CANAL-BEEBY, E.; FEHR, S.; VEIT, H. Raised fields in the Bolivian Amazonia: a prehistoric green revolution or a flood risk mitigation strategy? *Journal of Archaeological Science*, v. 38, n. 3, p. 502-512, 2011.

MEGGERS, B. J. Natural versus anthropogenic sources of Amazonian biodiversity: the continuing quest for Eldorado. In: BRADSHAM G. A. (Ed.). *How landscapes change: human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*. Berlin: Springer, 2003. p.89. (Ecological Studies, 162).

MACEDO, R. S. Caracterização física, química e mineralógica de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) em áreas de várzea do rio Solimões na Amazônia Central. *Dissertação* (Mestrado). Agronomia Tropical. Manaus: UFAM, 2009.

MACEDO, R. S. Pedogênese e indicadores arqueopedológicos em Terra Preta de Índio no município de Iranduba - AM. *Tese* (Doutorado) Departamento de Ciência do Solo. Piracicaba: Esalq, 2014.

NEVES, E. G.; PETERSEN, J. B.; BARTONE, R. N.; HECKENBERGER, M. J. The timing of terra preta formation in the Central Amazon: Archaeological data from three sites. In: GLASER, B.; WOODS, W. I. (Ed.). *Amazonian dark earths: explorations in space and time*. Berlin: Springer, 2004. p. 125-134.

PÄRSSINEN, M.; DENISE P., S.; ALCEU, R. Pre-Columbian geometric earthworks in the upper Purus: a complex society in western Amazonia. *Antiquity*, v. 83, n. 322, p. 1084 – 1095, 2009.

PETERSEN, J. B.; NEVES E.; HECKENBERGER, M. J. Gift from the Past: Terra Preta and Prehistoric Amerindian Occupation in Amazonia. In: McEWAN, et al. (Ed.). *Unknown amazon: culture and nature in ancient Brazil*. London: British Museum Press, 2001. p. 86-105. 2001.

PRANCE, G.; SCHUBART, H. Notes on the vegetation of Amazonia. I. A preliminary note on the origin of the open white sand campinas of the lower Rio Negro. *Brittonia*, v. 30, n.1, p.60-63, 1978.

RESENDE, M.; SANTANA; FRANZMEIER, D. P. ; COEY, J. M. D. Magnetic Properties of Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., Rio de Janeiro, 1988. *Proceedings...* Rio de Janeiro, 1988.

SANTOS, R. D. D.; SANTOS, H. G. D.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. D.; SHIMIZU, S. H. *Manual de descrição e coleta de solo no Campo*. Viçosa: SBCS, 2010.

SAUNALUOMA, S. Pre-Columbian earthwork site in the frontier region between Brazil and Bolivia, southwestern Amazon. *Tese (Doutorado)*, Department of Philosophy, History, Culture and Art Studies, University of Helsinki, Helsinki, 2013

SCHAAN, D. P.; KERN, D. C.; FRAZAO, F. J. An assessment of the cultural practices behind the formation (or not) of amazonian dark earths in Marajó island archaeological sites. In: WOODS, W.; TEIXEIRA, W.; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLERPRINS, A. (Org.) *Amazonian Dark Earths: wim sombroeks vision*. Berlin: Springer, 2009, p. 127-141.

SCHAAN, D.; BARBOSA, A. D. Os sítios arqueológicos do Acre e as possibilidades do Geo-Arqueoturismo. In: ADAMY, A. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Acre*. Porto Velho: CPRM, 2015. cap. 12, p. 187-201

SCHAAN, D. P. *Sacred geographies of ancient Amazonia: historical ecology of social complexity*. Walnut Creek: Left Coast Press, 2012.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; GILKES, R. J.; MELLO, J. W. V. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. *Australian Journal of Soil Research*, v. 42, p. 401-409, 2004.

SILVA, F. W. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; MOTTA, M. B.; MACEDO, R. S. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (Terras Preta de Índio) na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 673-681, 2011.

SHINZATO E, TEIXEIRA W. G.; DANTAS M. E. 2015. Principais classes de solos do Acre. In: ADAMY, A. (Ed.). *Geodiversidade do Estado do Acre*. Porto Velho: CPRM, 2015. cap. 4, p. 55-73

SCHMIDT, M. J.; RAPP PY-DANIEL, A.; DE PAULA MORAES, C.; VALLE, R. B. M.; CAROMANO, C. F.; TEXEIRA, W. G.; BARBOSA, C. A.; FONSECA, J. A.; MAGALHÃES, M. P.; SILVA DO CARMO SANTOS, D.; DA SILVA E SILVA, R.; GUAPINDAIA, V. L.; MORAES, B.; LIMA, H. P.; NEVES, E. G.; HECKENBERGER, M. J. Dark earths and the human built landscape in Amazonia: a widespread pattern of anthrosol formation. *Journal of Archaeological Science*, v. 42, n. 0, p. 152-165, 2014.

SOUZA, K. W. D. Gênese, mineralogia, micromorfologia e formas de fósforo em arqueo-antropossolos da várzea do rio Amazonas. *Tese (Doutorado)*. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa: UFV, 2010.

STERNBERG. Magnetic properties and archaeomagnetism. In: BROTHWELL, D. R.; POLLARD, A. M. (Ed.). *Handbook of Archaeological Sciences*. New Jersey: Wiley, 2014.

TAUBE, P. S.; HANSEL, F. A.; MADUREIRA, L. A. D. S.; TEIXEIRA, W. G. Organic geochemical evaluation of organic acids to assess anthropogenic soil deposits of Central Amazon, Brazil. *Organic Geochemistry*, n. 58, p. 96-106, 2012.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N. An Amazonian Dark Earth profile description from a site located in the floodplain (várzea) in the Brazilian Amazon In: *PUEBLOS y paisajes antiguos de la selva Amazónica*. Bogotá: Universidad Nacional, 2006. p. 293-300.

TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA): Embrapa Amazônia Ocidental, 2010.

TEIXEIRA, W. G., MARTINS, G. C. Caracterização de Terras Pretas de Índio no médio rio Urubu - Município de Rio Preto da Eva - AM In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. *Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental*. Recife: SBOS: UFRPE: Embrapa Solos, UEP Recife, 2005. CD-ROM.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Soil physical characterization. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS W. I. (Ed.). *Amazonian Dark Earths – Origin, properties, management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. p. 271–286.

TEIXEIRA, W. G.; SCHAAN, D. P.; SHINZATO, E.; BARBOSA, A. D.; REBELLATO, L.; WOODS, W. Feições geomorfológicas e solos nos locais em que foram construídos os geoglifos no estado do Acre – Brasil In: ADAMY, A. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Acre*. Porto Velho: CPRM, 2015. cap. 13, p. 201-216

TEIXEIRA, W. G.; SCHAAN, D. P.; SHINZATO, E.; BARBOSA, A. D.; REBELLATO, L.; WOODS, W. Feições geomorfológicas e solos nos locais em que foram construídos os geoglifos no Estado do Acre. In: ADAMY, A. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Acre*. Porto Velho: CPRM, 2015. cap. 13, p. 201-216.

ULERY, A. L.; GRAHAN R. C.; BOWEN, L. H. Forest fire effects on phyllosilicates in California. *Soil Science Society of America Journal*, n. 60, p. 309-315, 1996.

VILLAGRAN, X. S. *Geoarqueologia de um sambaqui monumental: estratigrafias que falam*. Annablume: São Paulo, 2010.

WOODS, W. O solo e as ciências humanas: interpretação do passado. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.) *As terras pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: EDUA: Embrapa, 2010.

WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCE. Rome: FAO, 2015. IUSS Working Group. Reports No. 103.