

Análise e interpretação dos solos e, ou, sedimentos nas pesquisas arqueológicas

Dirse Clara Kern*

KERN, D.C. Análise e interpretação dos solos e, ou, sedimentos nas pesquisas arqueológicas. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 8: 21-35, 2009.

Resumo: O presente trabalho foi elaborado a partir da palestra apresentada durante a I Semana de Arqueologia, no MAE-USP, em maio de 2007. O tema principal foi a Geoarqueologia que é a utilização de materiais, conceitos, métodos e técnicas relacionadas às Ciências da Terra, objetivando uma melhor compreensão dos eventos arqueológicos. Foram mostrados estudos realizados em Terra Preta Arqueológica, com ênfase aos procedimentos de coleta de material em campo; métodos e técnicas de análise dos dados em laboratório e finalmente a interpretação dos resultados analíticos.

Palavras-chave: Geoarqueologia – Geoquímica – Solos arqueológicos – Terra Preta Arqueológica.

1. Introdução

Os métodos e técnicas nas pesquisas geoarqueológicas são muito diversificados. Variam conforme o tipo de material que se quer analisar e também com a informação que se quer obter. Para melhor compreensão do dinamismo entre os sistemas naturais e antrópicos, durante o período deposicional (período da ocupação) e pós-deposicional, bem como sua inter-relação, deve ser levada em conta a integração contextual e ambiental dos componentes a serem analisados. Isso faz com que a escolha dos métodos e das técnicas a serem adotados tanto em gabinete, como em campo (coleta do material) e laboratório, sejam planejados de acordo com os resultados desejados. A própria natureza dos sistemas a serem analisados norteará os métodos e as técnicas nas pesquisas geoarqueológicas. No entanto, todo o sítio tem sua própria “personalidade”, assim a metodologia de coleta de materiais deve ser ajustada com o decorrer do trabalho de campo. Esse ajuste só será possível se o objetivo da pesquisa estiver claro e se houver um conhecimento mínimo em relação

aos materiais a serem analisados, bem como os métodos e técnicas a serem adotados.

Após a obtenção dos dados, a sua interpretação e integração com outras informações são de suma importância, uma vez que o que se deseja, por meio das ciências correlatas, é ter maior compreensão dos eventos arqueológicos. De nada adiantam listas e listas de resultados de análises químicas, físicas e biológicas relacionadas ao ambiente físico terrestre se esses dados não são interpretados corretamente e integrados de modo a fornecer subsídios concretos às hipóteses arqueológicas levantadas. Na palestra foram abordados principalmente os estudos arqueogeoquímicos em sítios com Terra Preta Arqueológica (TPA). Foi dada ênfase ao comportamento geoquímico do cálcio, magnésio, zinco, manganês e fósforo nos solos, suas prováveis fontes e de que maneira esses elementos podem auxiliar na compreensão do padrão de assentamento de grupos pré-históricos em sítio com Terra Preta.

2. Sedimento e solo, sedimento ou solo, afinal qual é a diferença?

Solo ou sedimento é o produto de desintegração das rochas? É o manto de

(*) Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia/Museu Paraense Emílio Goeldi. E-mail: kern@nuseu-goeldi.br

intemperismo das rochas? Solo é diferente do sedimento porque tem vida e é estruturado? Então num pacote sedimentar, as dobras e falhas não são estruturas? Onde nasce planta pode ser considerado solo? Então no velho telhado da casa de campo, onde são visualizados alguns vegetais, há solo? Como se pode perceber há uma grande confusão no momento de definir solo e sedimento.

Esse material será denominado solo ou sedimento dependendo do ponto de vista do observador. Por exemplo, um barranco de estrada de 5m de altura está sendo analisado simultaneamente por um geólogo e um pedólogo. O primeiro, o denominará de afloramento e o material, objeto de estudo, de sedimento. Esse profissional analisará todo o pacote visível, ou seja, os 5m; verificará o tamanho dos grãos, a forma (esférica ou irregular) e quais os minerais predominantes; determinará a estratigrafia identificando as diferentes camadas (estratos), como estão dispostas; observará a existência de alguma estrutura, como falhas, discordâncias, presença de superfícies erosivas, etc, visando determinar a sequência de eventos ocorridos. Por outro lado, o pedólogo vai ver aí um perfil de solos, sendo sua área de interesse a parte superior, onde irá determinar os horizontes, verificar as características morfológicas do solo (cor, textura, estrutura, etc.). Com esses dados tecerá suas considerações porque considera o solo com registro do que aconteceu no ambiente em que se encontra. Ambos tratarão o barranco de estrada de modo diferente, usando técnicas de análises diversas e muitas vezes chegando aos mesmos dados conclusivos sobre quais as condições ambientais que levaram o material (solo ou sedimento), a estar aí depositado. Assim, para atividades profissionais distintas, diversos são os conceitos e funções dos solos. De acordo com Klamt et al. (1983) para o geólogo solo é visto como o manto de intemperismo que recobre as rochas; para o químico, como o recipiente que contém nutrientes para as plantas; para o físico, como a massa cujas características e comportamento variam com as mudanças das condições ambientais; para o agrônomo, como a base para o desenvolvimento da agricultura e a pecuária. Para o pedólogo, o solo é um registro do que aconteceu no ambiente em que se encontra; para o engenheiro, o solo pode ser material de construção para as obras; para a mãe, o barro que suja a roupa e o corpo de seus filhos; para o pregador, o pó em que todos nós nos transformaremos.

E para o arqueólogo? Em Arqueologia utiliza-se a palavra sedimento para o material encontrado nas escavações, dentro de vasilhas, impregnado nos fragmentos de cerâmica, etc. No entanto, na maioria das vezes esse material se encontra na superfície do terreno, onde há intensa atividade biológica, química e física, onde os processos pedogenéticos, formadores de solo, são visíveis. Deve-se ter em mente que a área ao ser ocupada pelo homem pré-histórico sofreu uma dinâmica de ocupação muito intensa, onde resíduos de ocupação eram depositados em locais específicos e retirados em outros. Essa dinâmica poderia ser produto de uma única ocupação ou de diversas reocupações, por um mesmo grupo ou por grupos culturalmente diferentes. Em ambos os casos, os locais de depósito de material e de retirada, não necessariamente se mantêm constantes. Durante os períodos de ocupação os processos pedogenéticos estão presentes, os microorganismos estão decompondo materiais, juntamente com a mesofauna dos solos, os resíduos orgânicos estão sendo queimados e, ou, incorporados ao solo. Apesar da deposição/erosão e uso/abandono da área os processos pedogenéticos estão sempre atuando. Partindo desse princípio, o material aqui analisado será considerado como solo.

2.1. Um breve histórico dos solos

Dokuchaev (1846 – 1903) (citado em Klamt et al. 1983) afirma que “solos são produtos de interações extremamente complexas entre clima, plantas e animais, rochas, topografia e a idade das paisagens”, contrariando o modelo simplista de que o solo é um produto de alteração de rochas. Assim, eles ocorrem nas mais diversas condições de relevo, ocupando áreas planas, íngremes, depressões e locais elevados. Estão também sob variadas condições climáticas, tanto em regiões úmidas como áridas (quentes ou frias) e sob os mais variados tipos de cobertura vegetal.

Os solos são componentes da paisagem e constituem um ecossistema particular dentro do ecossistema geral. Na transformação de um material original em um solo, ocorrem modificações morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. As rochas na superfície terrestre são vulneráveis a processos físicos, químicos e biológicos que podem transformá-las em produtos muito diferentes do material original.

Como a decomposição das rochas resulta do seu contato direto com as condições atmosféricas ou de tempo (no sentido climático), usa-se a expressão *intemperismo* para designar esses processos. O *intemperismo* pode ser físico isto é, as rochas são fragmentadas ou desintegradas por processos físicos; ou pode ser químico, onde os constituintes da rocha sofrem reações químicas que a decompõem. Vale ressaltar que no processo de *intemperismo* ocorrem tanto o *intemperismo* físico como o químico, mas com predomínio de um deles, dependendo dos demais fatores de formação do solo. Esses fatores, denominados *pedogenéticos*, compreendem o material de origem, o clima, o relevo, os organismos vivos, além do tempo de atuação dos processos *pedogenéticos*. Assim, a intensidade da *intemperização* varia de acordo com as condições de equilíbrio prevalentes nas diferentes regiões do globo terrestre. Esse equilíbrio depende da constituição mineralógica do material de origem e das condições ambientais que regulam a ação dos processos *pedogenéticos*.

A velocidade de formação do solo depende principalmente do clima e da resistência à alteração dos minerais no material de origem. Por exemplo, para formar de 1 centímetro de um Latossolos, a partir de granito na África, foram necessários 220 a 770 anos. As características de um solo, adquiridas lentamente sob influência dos fatores de formação, podem ser rapidamente modificadas pela ação do homem. Os processos de formação ou destruição dos solos pela ação do homem são chamados *metapedogenéticos* ou *antrópicos*.

Na Amazônia o modo de vida das populações tradicionais tem grande semelhança com as populações indígenas descritas por naturalistas viajantes, principalmente no que se refere ao material de construção de casas e deposição de dejetos (Kern et al. 2008). O ser humano, ao ocupar um ecossistema já estabelecido, traz consigo elementos da sua cultura, que passam a atuar como variáveis na formação do solo (Amundson; Jenny 1991). Pesquisas em sítios arqueológicos mostram que a atividade humana nas áreas de ocupação traz mudanças graduais e marcantes principalmente relacionadas às características químicas dos solos (Lutz 1951; Griffith 1980, 1981; Pettry; Bense 1989). Essa atividade pode ser intensa, decorrente de grande número de pessoas numa área em relativo curto espaço de tempo ou essa mesma área pode ter uma modificação

lenta e prolongada resultante das atividades de um pequeno grupo por longo período de tempo. Denevan (2001) enfatiza que o registro da ação humana pré-histórica no solo pode ser na forma de modificações visíveis na superfície do terreno, como construções de terra (ou outros materiais, p.ex. sambaquis) ou escavações (canais, fossos e estradas), e não visíveis, mas detectáveis por estratigrafia, análise química do solo, palinologia e outros procedimentos arqueológicos. Para o autor, os registros mais importantes da ação humana pré-histórica no solo resultam de assentamento e da prática da agricultura. Nos sítios de assentamento, como no caso dos locais com Terra Preta Arqueológica (TPA), são concentrados grandes volumes de materiais orgânicos resultantes da atividade humana como ossos, conchas, sangue, carapaças, fezes, folhas, sementes, talas, resíduos de mandioca, etc. (Figura 1). Todo esse material é depositado de acordo com o padrão de assentamento da aldeia, que irá definir o tamanho e de que forma essa área foi ocupada. Por exemplo, a disposição das casas (circular, retangular ou linear); tipo de construções (com ou sem divisões internas); local do fogo; locais de atividades (como processamento de farinha, cozinha, praça, etc.); locais preferenciais de deposição e queima de dejetos, bem como rotas de circulação interna. Assim, o padrão de assentamento exercerá forte influência nas propriedades físicas e químicas dos solos. Neste sentido, Hecht (2003) trabalhando em aldeia Kayapó com menos de 30 anos, verificou que nos locais intencionalmente deixados limpos como na praça, os teores dos elementos químicos como o P são muito baixos (3mg/kg). Enquanto que nos quintais onde são depositados resíduos domésticos e área de cozinha os valores de P são elevados (111mg/kg). Como consequência, é de se esperar também uma variabilidade espacial das propriedades do solo nas áreas de TPA, que servem de assinatura da sua cultura (Andrade 1986; Eden et al. 1984; Mora et al. 1991; Kern 1996). Para Woods (1984), as modificações físicas causadas por fatores antrópicos, como compactação e mudanças texturais, podem ser evidenciadas por um arqueólogo experiente. No entanto, a química é menos evidente aos olhos, mas pode contribuir para determinar os limites das áreas, definir estratigrafia e delimitar áreas de atividades, auxiliando principalmente na interpretação funcional de um sítio arqueológico.

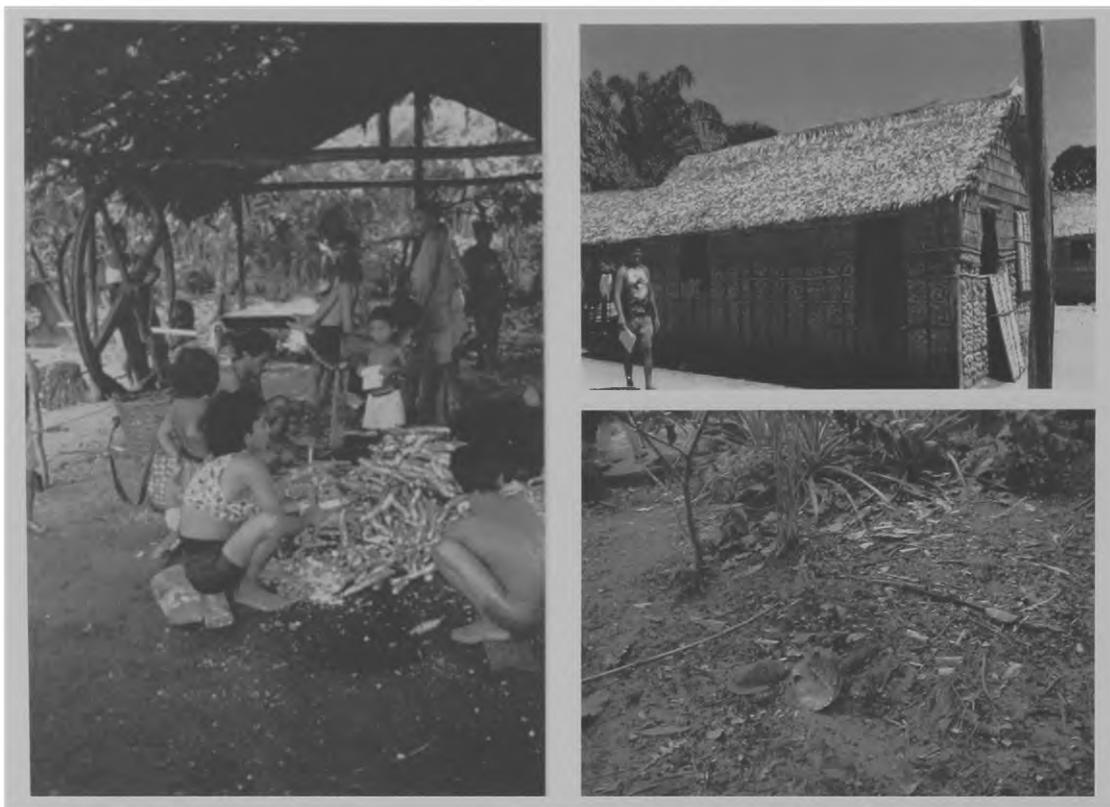


Fig. 1. O modo de vida das populações tradicionais apresenta grande semelhança com as populações indígenas descritas por naturalistas viajantes, principalmente no que se refere ao material de construção de casas e deposição de dejetos. Imagem à esquerda: resíduos de mandioca; acima: casa construída com palmeiras; abaixo: ossos e carapaças de quelônio.

3. Amostragem de solos em sítio de TPA

3.1. Metodologia de campo

A metodologia aplicada aos trabalhos pedoarqueológicos realizados em TPA depende do objetivo que se quer alcançar, devendo seguir algumas regras para a descrição e coleta dos solos em campo. Procedimento necessário para controle das variações físico-químicas do solo que poderão ocorrer, dando conta de que essas variações são produtos da ocupação humana e não um padrão regional dos solos.

Quando o objetivo for mapeamento geoquímico para direcionar escavações arqueológicas, os trabalhos de campo referentes aos solos devem anteceder os trabalhos arqueológicos. A área do sítio deve ser quadriculada em malha de 5 x 5m, em transeções ou transectos que se estendam pelo menos 15m além da mancha de TPA. Em cada um dos pontos

da malha, coletar amostras de solos com um trado pedológico do tipo holandês (Figura 2). No caso da camada de refugio ocupacional ser pouco espessa (até 30cm), pode-se fazer apenas uma coleta nos primeiros 20cm. Se a espessura for maior aconselha-se fazer a cada 20cm de profundidade uma coleta. Quando a coleta for efetuada por profissional de solos, essa deverá ser feita por horizontes pedológicos.

No decorrer da escavação arqueológica, ao encontrar estruturas como vasilhas de maiores dimensões, que podem ter sido utilizadas para enterramento, a análise química é fundamental. Neste caso fazer coletas no interior da estrutura, na sua área adjacente (Figura 3) e fora da área do sítio arqueológico. Dessa maneira será possível verificar se os teores dos elementos químicos no interior da estrutura são compatíveis com aqueles encontrados dentro e fora do sítio arqueológico.

Quando houver escavação arqueológica sistemática a cada 20 ou 40m, escolher duas transversais em cruz e que passem próximo ao centro do sítio, fazendo a coleta em todos os pontos em apenas um nível (normalmente no nível 10-20cm, para sítios pouco profundos). Nesses casos a quantidade de solo não precisa ser muito grande (200g) pois somente análises químicas serão efetuadas. No entanto, é necessário analisar pelo menos um perfil de solos no interior do sítio e outro na área adjacente, com a devida descrição dos horizontes pedológicos e de suas propriedades morfológicas, para a classificação do solo e para verificar as possíveis modificações decorrentes da ocupação humana pré-histórica em profundidade. Nos perfis a coleta de solo será efetuada em cada horizonte pedológico, necessitando aproximadamente de 2kg. A descrição e coleta de um perfil de solos é feita de acordo com o

“Manual de coleta de solos em campo” proposto por Lemos e Santos (1996), normalmente exigindo a presença de arqueólogo com experiência em pedologia ou um pedólogo. Os trabalhos de campo em arqueologia estão utilizando cada vez mais a cor e textura do solo, porém outros aspectos morfológicos do solo podem e devem ser utilizados. Para determinar a cor do solo ou de outro material normalmente utiliza-se a escala de Munsell. Como a escala está escrita em inglês, é necessário utilizar a tradução proposta por Lemos e Santos (1996), desse modo as informações são unificadas (Tabela 1).

3.2. Metodologia de laboratório

Na Amazônia as áreas com Terra Preta Arqueológica foram analisadas principalmente para cálcio, magnésio e fósforo por diversos autores, mostrando uma alta fertilidade desses



Fig. 2. Amostragem com trado holandês.

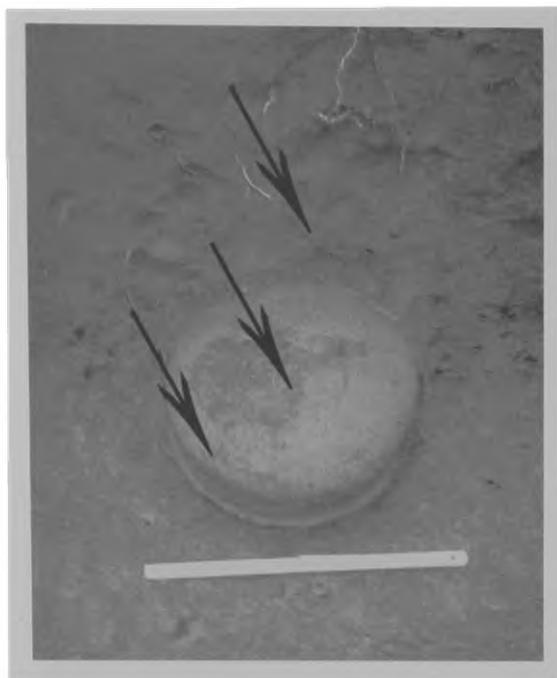


Fig. 3. Amostragem de material em estruturas arqueológicas.

solos, que se destacam em relação àqueles comumente encontrados na região. Em sítios da região de Caxiuanã e de Cachoeira-Porteira foram analisados cerca de 30 elementos e compostos químicos. O objetivo era verificar quais seriam representantes de uma associação típica de sítio arqueológico com TPA na Amazônia, devendo, portanto, estar relacionados diretamente com a atividade humana pretérita e quais representariam a assinatura geoquímica dos solos regionais (Kern; Kämpf 1989; Kämpf; Kern 2005; Kern 1996; Costa; Kern 1999; Costa et al 2003). Os elementos cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), zinco (Zn), manganês (Mn) e carbono (C) podem ser considerados representantes da assinatura geoquímica nos solos com TPA. Após o estudo de dados de diversos sítios arqueológicos com Terra Preta Arqueológica, é possível concluir que a análise desses elementos é suficiente para responder questões relacionadas às estruturas arqueológicas encontradas, à variabilidade lateral e em profundidade e sua relação com áreas de atividade (padrão de assentamento) de grupos pré-históricos. Vale ressaltar que o fósforo deve ser analisado tanto em sua forma trocável como total e que ao determinar o carbono, multiplicando seu valor por 1.72, será determinado também

o teor de matéria orgânica (MO) do solo ($MO = 1.72C$). No tocante às estruturas arqueológicas encontradas, se possível deve ser efetuada análise com microscópio eletrônico de varredura (MEV), o qual é capaz de mostrar imagens de fragmentos de ossos em escala micrométrica. Quando o objetivo for a análise de perfis de solos para fins de sua classificação, além desses elementos, o sódio (Na), o potássio (K) e o nitrogênio (N) também devem ser analisados. Nesse caso é necessário determinar as propriedades físico-químicas (pH em água e em KCl) e físicas (textura) dos solos. As análises podem ser realizadas em laboratórios comerciais com alto grau de confiabilidade nos resultados ou em laboratórios de pesquisa, devendo seguir a metodologia proposta por EMBRAPA (1979).

Como o montante de dados geoquímicos gerados normalmente é muito grande, assim como para uma melhor visualização dos resultados o tratamento estatístico é fundamental. Para a análise dos dados de Caxiuanã, por exemplo, foi utilizado o sistema Geoquant (Versão 3.1) para o cálculo de agrupamento. Trata-se de uma análise estatística multivariada que utiliza a similaridade entre indivíduos para classificá-los hierarquicamente em grupos mais ou menos homogêneos, considerando-se todas as variáveis de cada indivíduo. As medidas do grau de similaridade utilizadas foram o coeficiente de distância euclidiana e o coeficiente de correlação de Pearson, conhecidos, respectivamente, como modo "Q" e "R" de análises de agrupamento (Sobreiro Neto; Campos 1980). Para o cálculo estatístico básico (correlação, média, desvio padrão e valores mínimos e máximos), criação de banco de dados e mapas de isovalor, foram utilizados outros programas estatísticos. Para mapas de isovalor pode ser utilizado o Surfer.

4. Interpretação dos resultados

4.1. Interpretação de dados químicos em estruturas arqueológicas encontradas

No decorrer da escavação arqueológica, algumas vezes são encontradas grandes vasilhas fragmentadas cheias de solos que parecem ser locais de enterramento. No entanto, o solo não apresenta nenhuma evidência de ossos. Então

Tabela 1
Nomenclatura das cores na escala de Munsell e sua correspondência em português
(Lemos & Santos 1996).

Munsell	Correspondente em português
Black	Preto
Bluish gray	Cinzeno-azulado
Brown	Bruno
Brownish yellow	Amarelo-brunado
Dark bluish gray	Cinzeno-azulado-escuro
Dark brown	Bruno-escuro
Dark gray	Cinzeno-escuro
Dark grayish brown	Bruno-acinzentado-escuro
Dark greenish gray	Cinzeno-esverdeado-escuro
Dark olive	Oliva-escuro
Dark olive gray	Cinzeno-oliváceo-escuro
Dark red	Vermelho-escuro
Dark reddish brown	Bruno-avermelhado-escuro
Dark reddish gray	Cinzeno-avermelhado-escuro
Dark yellowish brown	Bruno-amarelado-escuro
Dusky red	Vermelho-escuro-acinzentado
Gray	Cinzeno
Grayish brown	Bruno-acinzentado
Grayish green	Verde-acinzentado
Greenish gray	Cinzeno-esverdeado
Light bluish gray	Cinzeno-azulado-claro
Light brown	Bruno-claro
Light brownish gray	Cinzeno-brunado-claro
Light gray	Cinzeno-claro
Light greenish gray	Cinzeno-esverdeado-claro
Light olive brown	Bruno-oliváceo-claro
Light olive gray	Cinzeno-oliváceo-claro
Light red	Vermelho-claro
Light reddish brown	Bruno-avermelhado-claro
Light yellowish brown	Bruno-amarelado-claro
Olive	Oliva
Olive brown	Bruno-oliváceo
Olive gray	Cinzeno-oliváceo
Olive yellow	Amarelo-oliváceo
Pale brown	Bruno-claro-acinzentado
Pale green	Verde-claro-acinzentado
Pale olive	Oliva-claro-acinzentado
Pale red	Vermelho-claro-acinzentado
Pale yellow	Amarelo-claro-acinzentado
Pink	Rosado
Pinkish gray	Cinzeno-rosado
Pinkish white	Branco-rosado
Red	Vermelho
Reddish black	Preto-avermelhado
Reddish brown	Bruno-avermelhado
Reddish gray	Cinzeno-avermelhado
Reddish yellow	Amarelo-avermelhado
Strong brown	Bruno-forte

Very dark brown	Bruno muito escuro
Very dark gray	Cinzeno muito escuro
Very dark grayish brown	Bruno-acinzentado muito escuro
Very dusky red	Vermelho muito escuro-acinzentado
Very pale brown	Bruno muito claro-acinzentado
Weak red	Vermelho acinzentado
White	Branco
Yellow	Amarelo
Yellowish brown	Bruno-amarelado
Yellowish red	Vermelho-amarelado

como ter certeza de que a hipótese de ter sido enterramento é verdadeira ou falsa? Levando em consideração de que o osso é formado basicamente por fósforo e cálcio, é natural que nos solos de dentro das urnas funerárias os teores desses elementos sejam bastante elevados. Assim, para ter certeza de se tratar de enterramento, esse valor deve ser maior que o do sítio, o qual poderá ou não ser mais elevado que aquele encontrado na área adjacente. Por isso a importância de coletar o material nas 3 áreas especificadas no item 3.1.

4.2. Interpretação de dados químicos em relação a sua profundidade

A variação dos teores dos elementos químicos com a profundidade pode estar relacionada diretamente às atividades do homem pré-histórico durante o período de ocupação, associado muitas vezes aos processos pedogenéticos atuantes após o abandono da área. Por esses processos os elementos químicos se deslocam para horizontes mais profundos por lixiviação. No entanto, quando a escavação arqueológica segue níveis naturais por decapagem, a variação com a profundidade deve estar obrigatoriamente relacionada a atividade humana na pré-história. No sítio arqueológico Bitoca 2 situado na margem direita do Igarapé Salobo, Floresta Nacional do Tapirapé Aquiri, município de Marabá – Pará, foram delimitadas manchas de TPA pela análise da cor do solo e presença de vestígios arqueológicos, com auxílio de trado, em malha não superior a 1m (Silveira et al. 2007). Os teores de P, Ca, Mg, Zn e Mn são mais elevados nas manchas de TPA, havendo uma variação inter e entre essas manchas. Em seu interior os valores são maiores na porção central, diminuindo

para as laterais. O horizonte A antrópico foi subdividido em diversos níveis de ocupação. Vale ressaltar que há diferenças significativas nos teores dos elementos químicos analisados de um nível para outro, não apresentando regularidade com a profundidade. Assim, escavações feitas em trincheiras desse sítio, utilizando a técnica por decapagem detectaram 4 níveis distintos, nos quais os valores dos elementos químicos são diferentes em cada um dos níveis. Os teores de P, Ca, Mg, Zn e Mn são muito elevados no nível 1, diminuem significativamente nos níveis 2 e 3 e voltam aumentar no nível 4. As manchas de TPA foram interpretadas como locais de cabanas. Enquanto que o comportamento nos teores dos elementos variando com a profundidade foi interpretado como sendo decorrente do remanejo ou reocupação dessas cabanas em relação a áreas de atividades. Quando se analisa o solo em perfis, é sempre importante analisar o solo de fora do sítio arqueológico para se ter parâmetros de comparação, caso contrário não é possível certificar-se de que os valores encontrados são decorrentes da atividade humana pré-histórica ou fazem parte do padrão geoquímico regional (Figura 4). Nesta figura, pode-se perceber também um nítido aumento dos teores de fósforo nos primeiros centímetros de solo, que correspondem aos horizontes A antrópicos. Essa variação no perfil significa que o fósforo ou qualquer outro elemento que apresente esse comportamento foi adicionado ao solo pelo homem pré-histórico.

4.3. Interpretação de dados químicos em transeções.

Apesar do grande número de sítios com TP analisados nos últimos anos de forma

multidisciplinar, as informações quanto à variabilidade das propriedades de solo nestas áreas são escassas, usualmente limitando-se a indicar uma maior espessura e um teor mais elevado de nutrientes no seu centro (Falesi 1972; Pabst 1991). No entanto quando se tem dados em transeções é possível detectar áreas de atividades.

Por exemplo, comportamento do C orgânico, Ca, Mg, P, Zn e Mn em transeções estabelecidas em sítios de TPA em Cachoeira-Porteira (Oriximiná, Pará), evidenciaram distribuição espacial indicadora de áreas de deposição preferencial de resíduos, refletindo a dinâmica da ação antrópica pré-histórica no assentamento (Kern, 1988).

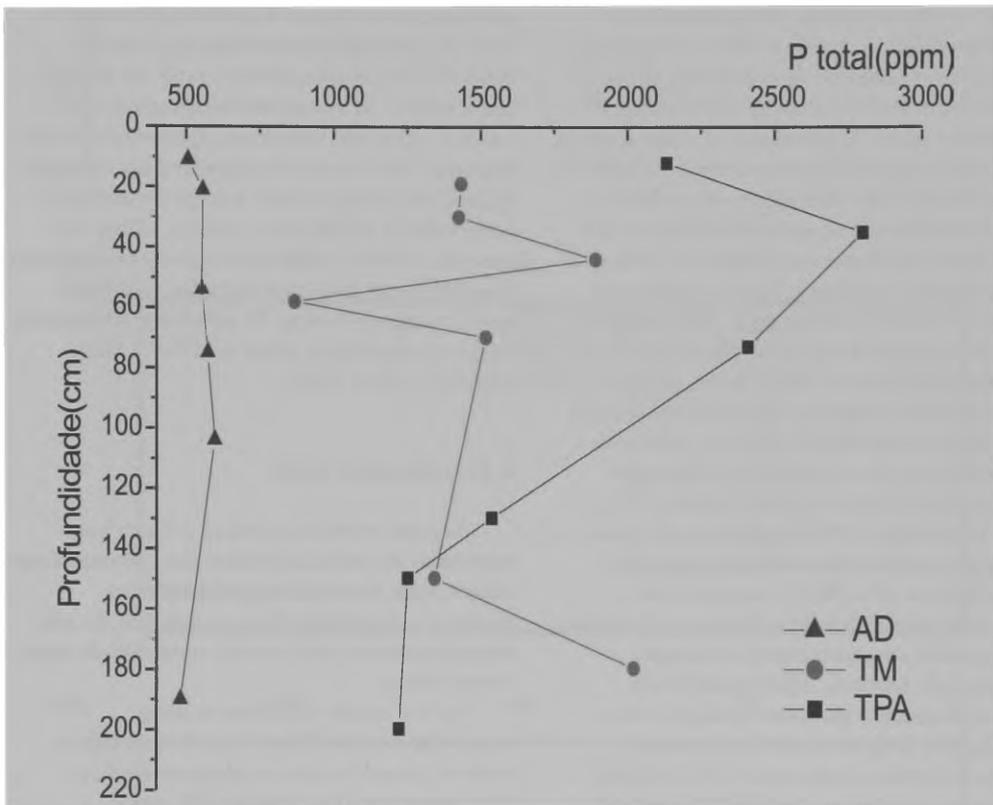


Fig. 4. Distribuição do P₂O₅ em função dos horizontes de solos no sítio Mina II.

Elevados teores de P e Mn ao longo das transeções coincidiram com a delimitação arqueológica das terras pretas baseada na cor do horizonte A. Os demais elementos apresentaram uma abrangência espacial mais restrita, notadamente Na, K, Zn e Mg. Nas transeções perpendiculares aos cursos d'água os teores dos elementos indicadores de TPA era ligeiramente menor do que nas transeções paralelas. Nessas as concentrações estavam localizadas nas proximidades dos cursos d'água e foram interpretadas como locais de cabanas (Figura 5) (Kämpf; Kern 2005).

4.4. Interpretação de dados químicos em relação a sua variabilidade espacial no sítio arqueológico (padrão de assentamento hipotético por meio do mapeamento geoquímico do solo)

As anomalias de certos elementos químicos dentro de um sítio arqueológico, associadas aos dados etnográficos, independentemente de ser Terra Preta Arqueológica, podem levar a informações conclusivas sobre a forma de assentamento do homem na pré-história (Kern 1996). Sokoloff; Carter (1952) mencionam que nos locais onde o lixo era depositado,

os elementos químicos como o cobre, zinco, ouro, manganês, fósforo e nitrogênio, são mais concentrados que nos arredores, formando anomalias. A causa das anomalias é o descarte de material pelo homem (lixo e excremento). Dependendo da dieta e forma de ocupação, o refugio pode ser diferentemente enriquecido nos elementos acima citados. Para Sjoberg (1976), o fósforo, além de auxiliar na localização de sítios arqueológicos, pode também ser utilizado para estimar o tamanho da população, duração e intensidade do assentamento, determinar a alimentação básica e estabelecer a idade relativa ou absoluta do sítio. Segundo Griffith (1980), os altos teores de P encontrados no sítio Benson, Canadá, devem-se à ocupação humana, já que esse elemento pode ser encontrado em restos de tecidos vegetais e animais, fezes e resíduos de alimento. O autor interpretou a concentração desse elemento em locais específicos dentro do sítio, como depósito de lixo. Outros autores utilizam análises químicas em campo para obter rápida resposta na diferenciação de marcas de esteio e buracos de roedores, com acerto de 96% dos casos (Van Der Verwe; Stein, 1972). Deetz; Dethelfsen (1963) utilizam o pH como ferramenta auxiliar para definir estratigrafia. Para Parsons et al. (1962), o acúmulo do carbono em profundidade indica que o horizonte A foi formado em curto espaço de tempo pela atividade humana, sendo modificado posteriormente, por processos pedogenéticos.

A análise geoquímica multielementar permitiu identificar áreas gerais de atividades em sítios arqueológicos com TPA da região de Caxiuanã-Pará (Kern 1996 e Meireles 2004). No sítio Manduquinha, o descarte de material era feito em locais específicos e diferentes (Figura 6). Na porção oeste do sítio houve predomínio de descarte de material rico em Mg, P e Ca, associados a restos de alimentos, principalmente de origem animal, como ossos (Figura 7). Segundo dados etnográficos, vários grupos que habitaram a região, faziam o descarte de restos de alimentos na parte de trás da casa, onde se localizava a cozinha. Neste sítio verificaram-se anomalias de Zn, Mn e Cu a sudeste e nordeste, que podem estar relacionados com matéria orgânica vegetal utilizada na cobertura e paredes

das casas, como mostram os dados etnográficos referente a padrões de assentamento de grupos indígenas amazônicos. Locais com teores relativamente baixos de elementos típicos da TPA foram identificados: na porção central, local que poderia ser uma praça por isso deixado intencionalmente mais limpo; a norte da TPA, dando acesso para a mata e, finalmente a leste, que dá acesso à baía de Caxiuanã, principal fonte de água para abastecimento do grupo. Pelas evidências geoquímicas, pode ser inferido que o padrão de assentamento do grupo que habitou o sítio Manduquinha apresentava casas dispostas em semicírculo voltadas para o curso d'água, uma praça central e áreas preferenciais de circulação localizadas a norte e a leste. As conchas, restos de alimentos e ainda fezes e urina deveriam estar mais concentradas na porção oeste, marginais à área de influência de moradia do grupo, hoje limite entre a TPA e a área adjacente (Kern 1996).

5. Considerações finais

As características químicas e físicas hoje registradas nos solos dependem das características culturais das comunidades pré-históricas. Assim as propriedades físicas e químicas do solo obrigatoriamente irão mostrar variabilidade intra e entre sítios.

Após o estudo em diversos sítios arqueológicos com Terra Preta Arqueológica pode-se considerar que os elementos cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), zinco (Zn), manganês (Mn) e carbono (C) são representantes da sua assinatura geoquímica. Com isso é possível concluir que a análise desses elementos é suficiente para responder questões relacionadas à variabilidade lateral e em profundidade e sua relação com áreas de atividade (padrão de assentamento) de grupos pré-históricos.

Os elevados teores de P, Ca e Mg são provenientes principalmente de organismos animais como ossos, carapaças, sangue e dejetos, enquanto que o Zn e o Mn devem ser oriundos de organismos vegetais como a palmeira e a mandioca.

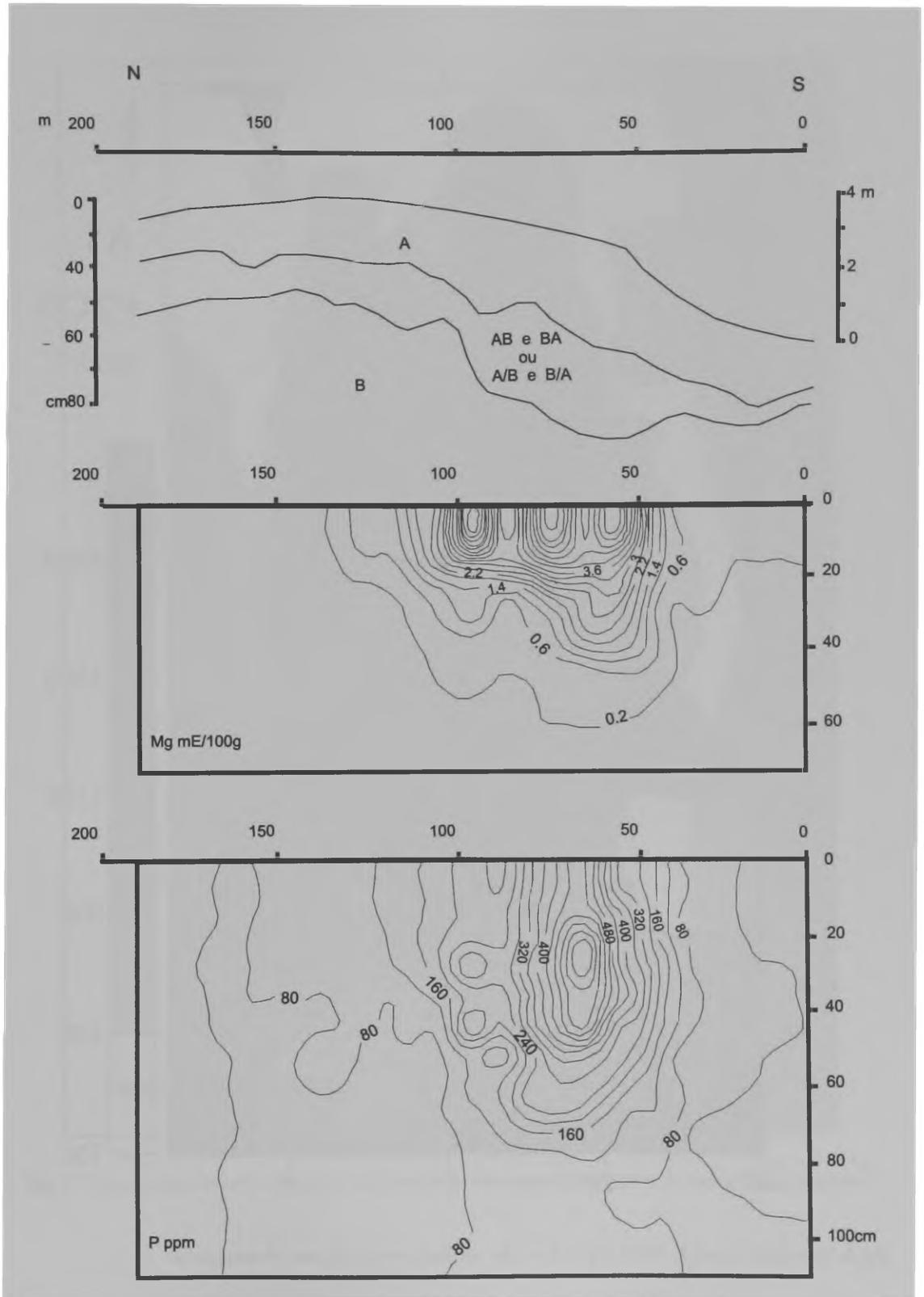


Fig. 5. Distribuição dos elementos Mg e P na transversal N-S do sítio Pa-OR-73: Colônia, Cachoeira-Porteira, Oriximiná-Pará

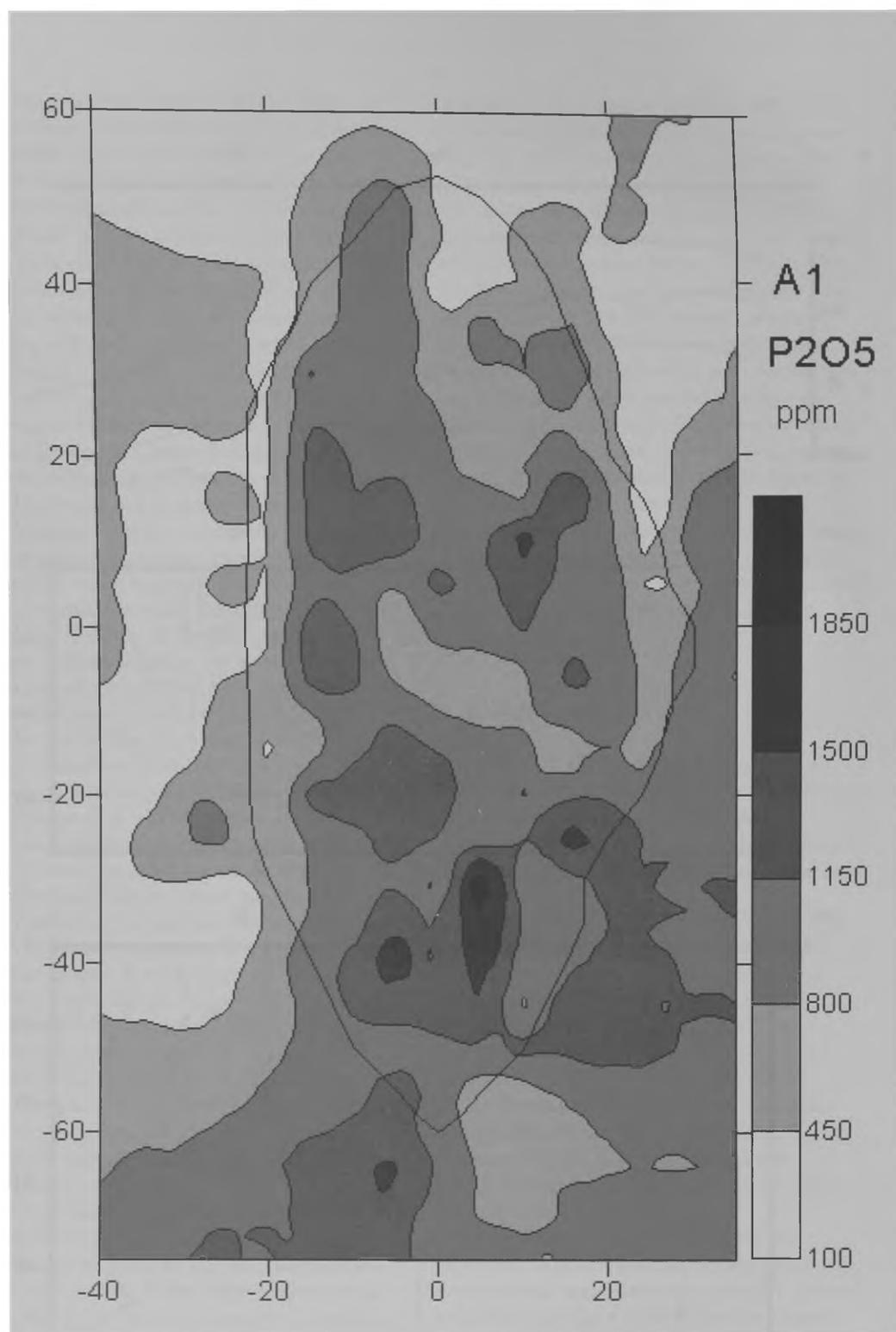


Fig. 6. Distribuição areal do P₂O₅, MgO, Zn e Mn no horizonte A1 do sítio Manduquinha.

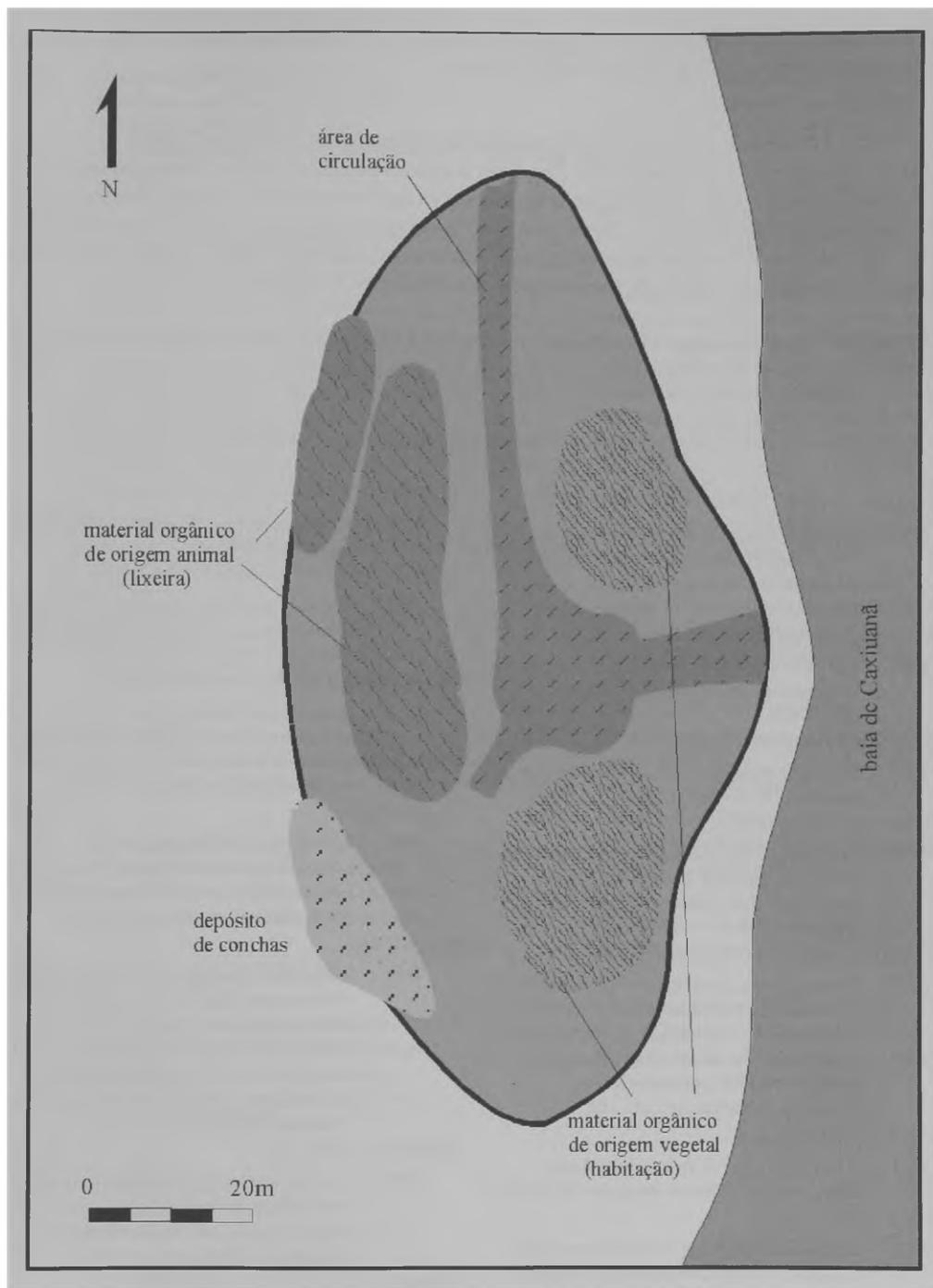


Fig. 7. Reconstituição hipotética das áreas de atividade em sítio arqueológico a partir do mapeamento geoquímico.

KERN, D.C. Analyses and interpretation of the soils and/or sediments in the archeological researches. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 8: 21-35, 2009.

Abstract: The present work was elaborated from the lecture given during the “1 Week of Archaeology,” in MAE-USP, in may 2007. The main theme was Geoarchaeology that is the use of materials, concepts, methods and techniques relating to the Earth Sciences, aiming a better understanding of archaeological events. Studies were shown accomplished in Archaeological Dark Earth, with emphasis to the procedures of material collection in field; methods and techniques of data analysis in the laboratory and finally the interpretation of analytical results.

Keywords: Geoarchaeology – Geochemistry – Archaeological soil – Archaeological Dark Earth.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, A.
1986 *Investigación arqueológica dos antrosolos de Araracuara*. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales Banco de la República.
- AMUNDSON, R.; JENNY, H.
1991 The place of humans in the state factor theory of ecosystems and their soils. *Soil Science*, 151:99-109.
- COSTA, M.H.F.; MALHANO, H.B.
1987 Habitação indígena brasileira. *Suma etnológica brasileira*, (2): 27-94.
- COSTA, M. L.; KERN, D. C.
1999 Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, (66):369 – 385.
- COSTA, M. L.; KERN, D. C.; KAMPE, N.
2003 Pedogeochemical and Mineralogical Analyses of Amazonian Dark Earths In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. 1 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, (1):333-352.
- DEETZ, J.; DETHLEFSEN, E.
1963 Soils pH as a tool in archaeological site interpretation. *American Antiquity*, 29:242-43.
- DENEVAN, W.M.
2001 *Cultivated landscapes of native Amazonia and the Andes*. Oxford University Press, Oxford.
- EDEN, M.J.; BRAY, W; HERRERA, L.; McEVAN, C.
1984 Terra Preta Soils and their archaeological context in the Caquetá Basin of Southeast Colombia. *American Antiquity*, 49 (1):125-140.
- EMBRAPA.
1979. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro, Ed. SNLCS.
- FALESI, I.
1972 O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. *IPEAN*, 54:17-31.
- GRIFFITH, M.A.
1980 A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. I. An examination of the soils in and adjacent to a former village. *Geoderma*, 24:327-336.
- GRIFFITH, M.A.
1981 A pedological investigation of an archaeological site in Ontario, Canada. II. Use of chemical data to discriminate features of the Benson site. *Geoderma*, 25:27-34.
- HECHT, S.B.
2003 Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayapó practices. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. *Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, : 355-372
- KÄMPF, N.; KERN, D. C.
2005 O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia In: Tópicos em Ciência do solo 1 ed. Viçosa : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, (VI): 277-320.
- KERN, D.C.
1988 *Caracterização Pedológica de solos com terra arqueológica na região de Oriximiná-PA*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Solos. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em Agronomia, UFRGS.

- KERN, D.C.
 1996 *Geoquímica e pedoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)*. Universidade Federal do Pará, Belém. Tese de Doutorado.
- KERN D.C.; KÄMPF, N.
 1989 O Efeito de Antigos Assentamentos Indígenas na Formação de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná-Pa. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:219-25.
- KERN, D.C; COSTA,M.L.; RUIVO,M.L.P.
 2008 Métodos e técnicas geoarqueológicas para caracterização de solos com Terra Preta na Amazônia: contribuições para a Arqueologia. In: RUBIN, J.C.R. & SILVA, R.T. *Geoarqueologia: teoria e prática*. Ed. Universidade católica de Goiás. (no Prelo).
- KLAMT, E. et al.
 1983 *Conceito de Solo e Evolução da Ciência do Solo*. UFRGS/MEC/SESu/SDE, Unidade I, Porto Alegre.
- LEMOS, A.; SANTOS, PB.
 1996 *Manual de Descrição e Coleta de Solos em Campo*. Campinas-SP, Ed. SBSC/SNLCS.
- LUTZ, H.J.
 1951 The concentration of certain chemical elements in the soils of alaskan archaeological sites. *Am. J. Sci.*, 249:925-928.
- MEIRELES, A.
 2005 Determinação de P, Ca, Mg, Cu, Mn E Zn em Terra Preta Arqueológica no sítio Ilha de Terra em Caxiuanã. Dissertação de mestrado, Departamento de Química, Universidade Federal do Pará.
- MORA, S.; HERRERA, L.F.; CAVELIER F. I.; RODRIGUEZ, C.
 1991 Cultivars, anthropic soils and stability. A preliminary report of archaeological research in Araracuara, Colombian Amazonia. Pittsburgh, University of Pittsburgh Latin American *Archaeology Reports*, 2.
- PABST, E.
 1991 Critérios de Distinção entre Terra Preta e Latossolo na Região de Belterra e os seus significados para a Discussão Pedogenética. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi. Série Antropol.*, 7 (1): 5-19.
- PARSONS, R.B.; SHOLTES, H.W.; RIECKEN, F.F.
 1962 Soils of indian mounds in northeastern Iowa as Benchmarks for studies of soil genesis. *Soil Sci. Soc. Am. Pros*, Madison, 26 (5): 491-496.
- PETTRY, D.E.; BENSE, J.A.
 1989 Anthropoc epipedons in the Tombigbee Valley of Mississipi. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:505-511.
- SILVEIRA, M. I.; KERN, D. C.; OLIVEIRA, E. R.; FRAZÃO, LIMA,E.J.
 2007 Seriam as Terras Pretas Arqueológicas grandes áreas contínuas? O caso dos sítios Bitoca 1 e Bitoca 2 na região de Carajás-PA In: Anais do XI Congresso da Sociedade Brasileira de Estudos do Quaternário-ABEQUA. *Anais do XI Congresso da Sociedade Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*. Belém-PA, 1.
- SJOBERG, A.
 1976 Phosphate Analysis of Antropic Soil. *Journal of field Archaeology*, 3:448-454.
- SOBREIRO NETO, A.P.; CAMPOS, H.C.N.S.
 1980 Análise de Agrupamento. Um Método Auxiliar na Caracterização de Aquíferos. In: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais*. Camboriú, SBG, (2):1041-1055.
- SOKOLOFF, V.P.; CARTER, G.F.
 1952 Time and trace metals in archaeological sites. *Science*, 116:1-5.
- VAN DER VERWE, N.; STEIN, P.H.
 1972 Soil chemistry of postmolds and rodent burrows: identification without excavation. *American Antiquity*, 37:245-254.
- VIEIRA, L.S.
 1975 *Manual da ciência do solo*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres.
- WOODS, W.I.
 1984 Soil chemical investigations in Illinois Archaeology: Two example studies. Washington D.C. *American Chemical Society*. (Advances in Chemistry Series): 67-77.

Recebido para publicação em setembro de 2007.