

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS DOS SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS AP-MA-05 EM MACAPÁ-AMAPÁ****CHEMICAL COMPOSITION OF AP-MA-05 ARCHAEOLOGICAL SITE SOIL IN MACAPÁ-AMAPÁ**XAVIER, Nildineide Soares<sup>1\*</sup>; XAVIER, José Renato Magno<sup>2</sup>; COSTA, Jucilene Amorim<sup>3</sup>;<sup>1\*</sup> Universidade do Estado do Amapá, Pró-Reitoria de Graduação, Setor de Laboratórios.<sup>2</sup> Instituto de Desenvolvimento Rural, Coordenação de Assistência Técnica e Extensão Rural<sup>3</sup> Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Graduação, Faculdade de Geografia.

\* Autor correspondente

e-mail: [Nildineide.xavier@ueap.edu.br](mailto:Nildineide.xavier@ueap.edu.br)

Received 19 August 2019; received in revised form 16 October 2019; accepted 13 November 2019

**RESUMO**

Arqueoantrossolos são solos que registram a ocupação humana e podem ser encontrados em antigos assentamentos habitacionais conhecidos por sítios arqueológicos. Este tipo de solo geralmente apresenta características distintas dos solos circunvizinhos devido a modificações das suas propriedades químicas, causadas pelas atividades humanas passadas e seu estudo auxilia na compreensão à cerca dessas atividades e da organização destas populações pré-históricas. Com isto, o objetivo deste artigo foi caracterizar os solos do sítio arqueológico AP-MA-05 em relação a sua composição química, apontando as alterações sofridas em decorrência da atividade humana pretérita, em comparação a sua área adjacente. A área de estudo está situada no município de Macapá, Estado do Amapá, no *campus* da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Para o alcance dos objetivos foram coletadas 41 amostras de solo em duas transversais na área do sítio arqueológico e para fins de comparação na área adjacente foi aberta uma trincheira na qual os solos foram coletados para as determinações pertinentes. Os parâmetros químicos foram mensurados através da determinação de pH em água, fósforo disponível, cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocáveis e acidez potencial. Os dados químicos demonstraram grande variabilidade nos solos do sítio e fertilidade superior ao solo da área adjacente, inferindo que as alterações observadas são decorrentes das atividades humanas pretéritas, devido aos solos apresentarem mesma origem. As determinações químicas também indicaram o crescimento do sítio no sentido sul, além dos limites estabelecidos em pesquisas anteriores.

**Palavras-chave:** *Arqueoantrossolo. Fertilidade. Unifap. Amazônia.***ABSTRACT**

Archaeo anthrosols are soils that record human occupation and can be found in ancient housing settlements known by archaeological sites. This type of soil generally presents distinct characteristics of the surrounding soils due to changes in its chemical properties caused by past human activities and its study helps to understand these activities and the organization of these prehistoric populations. Therefore, the objective of this research was to characterize the soils of the archaeological site AP-MA-05 in relation to its chemical composition, pointing to the alterations suffered as a result of past human activity, in comparison to its adjacent area. The study area is in the municipality of Macapá, Amapá State, on the campus of the Federal University of Amapá (UNIFAP). To reach the objectives, 41 soil samples were collected in two transverse lines in the area of the archaeological site and, for the purpose of comparison in the adjacent area, a trench was opened in which the soils were collected for the pertinent determinations. The chemical identification was measured by pH determination in water, available phosphorus, calcium, magnesium, exchangeable potassium and aluminium, potential acidity. The chemical data showed a great variability in the soils of the archaeological site and superior fertility to the soil of the adjacent area, inferring that the alterations observed in the site are due to the previous human activities as the soils present the same origin. The chemical determinations also indicated the growth of the archaeological site in the south direction, outside the limits established in previous researches.

**Keywords:** *Arqueoantrossolo. Fertility. Unifap. Amazon.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos predominantes na Região Amazônica pertencem à classe dos Latossolos e Argissolos, sendo estes caracterizados por seu alto grau de intemperismo e por possuir propriedades físicas adequadas ao uso agrícola, entretanto, apresentam fortes limitações químicas. Na Região também ocorrem solos que foram modificadas por processos antrópicos resultantes da ocupação humana pretérita, conhecidos como arqueoantrossolo (KAMPF *et al.*, 2010; PRIMAVESI, 2001).

Estes solos apresentam modificações principalmente nas suas propriedades químicas em decorrência da deposição de resíduos orgânicos e inorgânicos, sendo as maiores contribuições provenientes de produtos de origem animal e vegetal que foram descartados durante as atividades desenvolvidas por populações do passado e que adicionaram certos nutrientes aos solos, conferindo a estes uma maior fertilidade (WOODS, 2009).

Embora agricultores de todo o mundo já houvessem reconhecido que antigas ocupações apresentavam solos férteis, foi somente no início do século 20 que as modificações químicas causadas no solo por estas atividades humanas passaram a ser vistas como evidências para o estudo de assentamentos abandonados (PARNELL; TERRY, 2002).

Os registros mais importantes da ação humana pré-histórica no solo resultam de assentamento e da prática da agricultura. Nos sítios de assentamento, são concentrados grandes volumes de material orgânico resultante da atividade humana como ossos, conchas, sangue, carapaças, fezes, folhas e sementes. Todo esse material é depositado de acordo com o padrão de assentamento da aldeia, que irá definir de que forma a área foi ocupada (KERN, 2009).

As pesquisas pedológicas, arqueológicas e etnográficas têm auxiliado na identificação desses padrões de assentamentos e trouxeram novos conhecimentos sobre a visão da inter-relação dentre homem e meio ambiente. O estudo da composição mineral e química dos solos aplicada a sítios arqueológicos revela que atividades desempenhadas em um mesmo local sob um determinado tempo deixam distintas assinaturas fixas no solo através de anomalias de certos elementos químicos que podem levar a informações conclusivas sobre a forma de assentamento do homem na pré-história

(COSTA; KERN, 1999; COSTA; COSTA; KERN, 2013; HASTIK, GEITNER; NEUBURGER, 2013; KERN, 2009; SCHMIDT, 2016).

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste artigo foi caracterizar os solos do sítio arqueológico AP-MA-05 em relação a sua composição química, apontando as alterações sofridas em decorrência da atividade humana pretérita, em relação a sua área adjacente (AD).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende ao sítio arqueológico AP-MA-05, que está situado no campus da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), localizada no município de Macapá, Estado do Amapá (Figura 1).

As coordenadas geográficas da área central do sítio são: Latitude 00°00.490'S e Longitude 051°05.142'W, DATUM WGS84. O Igarapé do Zerão é a drenagem mais próxima, a cerca de 600 m, o qual desagua no rio Amazonas, que está a cerca de 2 km da área estudada.

Em relação aos aspectos físicos, a área de estudo se encontra na unidade geológica de cobertura Detrito-laterítica Pleistocênica, caracterizada pela presença de sedimentos argilo-arenosos amarelados. A área de estudo é coberta principalmente por solos minerais, intemperizados, profundos e bem drenados do tipo Latossolo amarelo distrófico típico (IEPA, 2008; IBGE, 2004a).

Os aspectos climáticos são definidos pelo clima equatorial quente e úmido com relevantes índices pluviométricos. A concentração de chuvas se intensifica no período de janeiro a junho, meses nos quais são alcançados os mais elevados índices de precipitação pluviométrica, que podem chegar a 407 mm ao mês (IBGE, 2004b; IEPA, 2008; INMET, 2000).

A pesquisa localiza-se em uma área de influência urbana, onde a vegetação primária já foi bastante alterada e atualmente é caracterizada pela presença marcante de cerrado arbóreo e arbustivo, com transição para área de mata (IBGE, 2004c; IEPA, 2008; MENEZES; SOUZA, 2011).

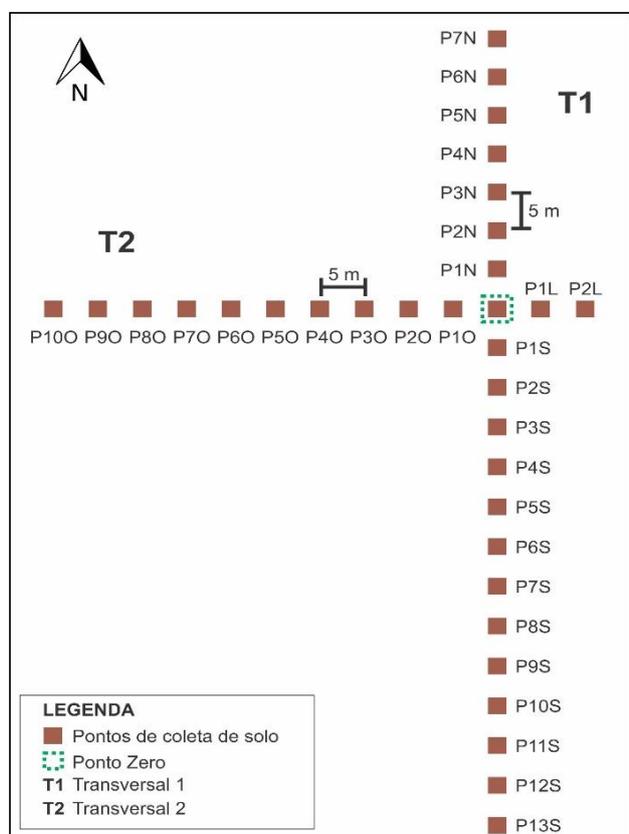
## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Após o reconhecimento da área delimitada como sítio arqueológico e o mapeamento das manchas lateríticas presentes em sua extensão, foi escolhido um marco inicial,

denominado ponto zero. Este marco inicial está localizado no centro da área já escavada por Saldanha e Cabral (2011), e serviu como referência para o cruzamento de duas transversais e coletas das amostras de solo.

A partir da marcação do ponto zero, localizado sob as coordenadas geográficas 0°00'29.480" S e 51°05'08.420" WGr, foi utilizada uma bússola para orientação dos pontos cardeais e posterior projeção das transversais com auxílio de uma trena de 50 m de comprimento.

As transversais foram projetadas perpendiculares entre si formando ângulos de 90°. A Transversal 1 (T1), traçada no sentido Norte-Sul, com 100 m de extensão, e a Transversal 2 (T2), no sentido Leste-Oeste, com 65 m de amplitude. Nas transversais, foram realizadas um total de 33 pontos de coleta, com intervalos de 5 m de distância, dos quais foram coletadas um quantitativo de 41 amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm (Figura 2).



**Figura 1.** Croqui esquemático da malha de sondagem e coleta de amostras de solo no sítio arqueológico AP-MA-05.

Após as coletas as amostras foram preparadas para as análises laboratoriais sendo secas ao ar, destorroadas e peneiradas em

malha de 2 mm formando a TFSA (Terra Fina Seca ao Ar). Os parâmetros químicos foram mensurados conforme os procedimentos metodológicos propostos por EMBRAPA (1997):

a) pH em água: Realizado através da medição eletroquímica da concentração efetiva de íons  $H^+$  na solução do solo, por meio de potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão de 10g de solo diluído em 25 ml de água deionizada.

b) Matéria orgânica: Determinada por oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal.

c) Fósforo disponível: A extração ocorreu com solução de Mehlich-1, relação solo/ extrator 1:10. O fósforo extraído foi determinado, através da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico por aparelho de espectrofotômetro produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico, .

d) Sódio e Potássio trocáveis: A extração destes nutrientes foi realizada com solução Mehlich-1, seguida da determinação da concentração por espectroscopia de emissão de chama pelo equipamento fotômetro de chama. A determinação foi obtida pela medição da energia radiante emitida pelos elementos, individualmente, em chama.

e) Cálcio e Magnésio: Foram extraídos por solução de KCl a 1M e determinados através do equipamento de Espectrofotômetro de Absorção Atômica.

f) Alumínio: Este nutriente também foi extraído do solo por solução de KCl a 1M, e sua determinação realizada pelo método volumétrico, por titulação com hidróxido de sódio.

g)  $H^+ + Al^{3+}$ : A extração da acidez potencial foi alcançada pela solução de acetato de cálcio e baseada na propriedade tampão do sal devido à presença dos ânions acetato. A determinação foi feita através de titulação alcalimétrica do extrato.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 4.1 Matéria orgânica e pH

A matéria orgânica do solo (MOS) no sítio arqueológico apresentou teor máximo de 41,2 g.dm<sup>-3</sup> (Figura 3), sendo considerado um valor muito alto e conseqüentemente bom para os

solos, enquanto que o valor mínimo observado, bem como o teor de MOS na AD foram semelhantes ( $12,59 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e considerados baixos e inadequados a manutenção das propriedades químicas e físicas do solo, concordando com Alvarez *et al.*, (1999) e Ribeiro (1999). Os valores médios de MOS, aos 0-10 cm, nas transversais foram de  $21,69 \text{ g.dm}^{-3}$  na T1 e de  $19,45 \text{ g.dm}^{-3}$  na T2, já na profundidade 10-20 cm da T1 foi de  $18,04 \text{ g.dm}^{-3}$ , valores bem mais elevados no sítio em comparação a AD, onde o teor de MOS foi de  $12,59 \text{ g.dm}^{-3}$ .

A manutenção das propriedades químicas através da MOS se dá por ela ser considerada uma fonte primária de nutrientes e o seu conteúdo é um dos principais indicadores de sustentabilidade e qualidade do solo. Além disso, a capacidade do solo em adsorver nutrientes, a diminuição da toxidez por alumínio e a estabilização do pH, são propriedades e processos cujo controle em solos tropicais fundamentalmente dependem da matéria orgânica (MADARI *et al.*, 2009).

Além disso, os resíduos orgânicos presentes nos solos contribuem na diminuição da sua densidade e criam poros de diâmetros grandes que favorecem a entrada de ar e a drenagem de água, melhorando a qualidade do solo, reduzindo a sua erodibilidade e conseqüentemente favorecendo as suas propriedades físicas (VASCONCELOS *et al.*, 2010; FRASER; CLEMENTE, 2008).

Os arqueoantrossolos são formados por um grande depósito estável de MOS, o que difere dos solos tipicamente tropicais que em função das altas temperaturas e elevados índices pluviométricos acabam se decompondo e os seus nutrientes são lixiviados mais facilmente. Em virtude dessa diferença, a MOS é de extrema importância para a identificação de sítios arqueológicos, pois ela se mantém nos solos mesmo em condições adversas, liberando nutrientes aos poucos, e mantendo seus bons níveis no solo (GLASER *et al.*, 2000).

O pH em água nos solos do sítio variou de 4,2 a 6,7 (Figura 3), apresentando uma grande variabilidade, com valores que são classificados como acidez muito elevada a baixa, ou seja, com solos muito ácidos e outros próximos a faixa de neutralidade. Os valores médios foram de 5,3 na profundidade de 0-10 cm em ambas as transversais e de 5,1 aos 10-20 cm, representando solos menos ácidos que os da AD que apresentou pH com valor de 4,9.

Falcão *et al.* (2009) ao pesquisar solos da

camada superficial de 10 sítios com terra preta arqueológica (TPA), no Estado do Amazonas, verificou valores de pH com variação entre 4,32 e 6,61, possuindo um valor médio de 5,68, resultados semelhantes aos encontrados no sítio arqueológico estudado.

Os resultados desta pesquisa ratificam que os arqueoantrossolos do sítio AP-MA-05 apresentam maiores valores de pH, quando comparados com solos adjacentes, que são extremamente ácidos e em geral apresentam pH entre 4,0 e 5,0 (REIS *et al.*, 2009). Os valores mais baixos de pH nos solos naturais da região amazônica são causados pela elevada perda de bases trocáveis e conseqüente concentração de íons  $\text{H}^+$ , provocada pelo processo de intemperismo influenciado pelas altas temperaturas e longos períodos de precipitação (ALVAREZ *et al.*, 1999; FALCÃO *et al.*, 2009).

#### 4.2 Macronutrientes diagnósticos em arqueoantrossolos

O cálcio disponível obteve teor máximo de  $7,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  aos 0-10 cm da T1, sendo considerado um valor muito alto para solos tropicais e divergente de outras pesquisas como a realizada por Costa e Moura (2017) em solos identificados como Terra Mulata, presentes também no campus da UNIFAP, nos quais os valores de cálcio e magnésio somados apresentaram máxima de  $4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . E sendo muito distante dos dados obtidos por Melém Júnior (2003) na região de cerrado amapaense em solos sem interferência antrópica pretérita, onde os valores de Ca+Mg ficaram em torno de  $0,36 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ .

Os valores médios de cálcio a 0-10 cm foram de  $2,6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T1 e de  $0,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T2. Na profundidade 10-20 o valor foi de  $1,7 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  (Figura 4), já na AD o teor deste nutriente não foi detectado, o que mostra um enriquecimento de cálcio nos solos do sítio arqueológico AP-MA-05, em especial nas duas profundidades analisadas da T1.

Os níveis de cálcio no interior do sítio podem estar relacionados com a humificação pronunciada destes solos, o que favorece a atividade biológica, tornando o material orgânico menos solúvel e assim formando agregados mais estáveis, ou seja, causando sua menor lixiviação em função da grande afinidade com a superfície de troca do solo, observados também pelos altos teores de MOS no interior do sítio, concordando assim com Kern *et al.* (2015), Barros *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2010).

Os teores de fósforo disponível variaram entre 1 e 13 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 4), sendo o teor máximo classificado como um valor médio, entretanto, já considerado uma pequena anomalia por este nutriente na área, uma vez que Latossolos dificilmente apresentam esse valor sem algum tipo de interferência antrópica, normalmente apresentando valores de até 3 mg.dm<sup>-3</sup> na região (KERN, 2009; RIBEIRO, 1999).

Os valores médios de fósforo na profundidade 0-10 cm foram de 4,1 mg.dm<sup>-3</sup> na T1 e 2,1 mg.dm<sup>-3</sup> na T2, já na profundidade 10-20 cm o valor foi de 2,66 mg.dm<sup>-3</sup>. Na AD o teor de fósforo foi de 2 mg.dm<sup>-3</sup>, revelando que os valores médios do sítio ainda são superiores ao da AD para este nutriente.

Em contrapartida aos altos resultados de MOS, pH e cálcio trocável no sítio, não foi observado o mesmo padrão para os teores de fósforo disponível, como encontrados em outros sítios da região Amazônica, com valores que chegam a alcançar 2.761 mg.dm<sup>-3</sup>, como constatado por Pessoa Junior e Santana (2017) no sítio Santo Antônio localizado do município de Anori, Estado do Amazonas.

Contudo, valores baixos para fósforo e altos para cálcio trocável também foram observados por Campos et al. (2012) em dois perfis de solo de dois sítios com TPA no município de Manicoré-AM (máxima de 15,5 e 35,4 mg.dm<sup>-3</sup> em superfície para cada perfil), por Pessoa Junior e Santana (2017) no sítio Balbina em Presidente Figueiredo, no mesmo Estado, com valor máximo de 17 mg.dm<sup>-3</sup>, e por Silva et al. (2012) no sítio BJ8 em Bom Jesus-PA, com máxima de 20 mg.dm<sup>-3</sup> do nutriente.

Os teores de fósforo identificados em arqueoantrossolos devem-se à ocupação humana pretérita, e seu enriquecimento se dá através do acúmulo e decomposição de matéria orgânica de origem animal, como restos de ossos, sangue e excrementos humanos. Por isso, o fósforo é um importante nutriente a ser analisado em solos de sítios arqueológicos, pois além de auxiliar na sua localização pode também ser utilizado para estimar o tamanho da população, duração e intensidade do assentamento. (KERN, 2009; RODRIGUES; COSTA, 2016; ROOSEVELT, 2013; SANTOS *et al.*, 2013).

Considerando-se a classificação do sítio AP-MA-05 como um sítio-cemitério com diversas urnas funerários e material arqueológico, além dos altos conteúdos de cálcio, é evidente sua

riqueza em matéria orgânica animal, em especial ossos. No entanto, os baixos níveis de fósforo registrados na maior parte da área estudada sugerem a baixa influência do material das urnas funerárias aos solos mais superficiais, analisados neste estudo. Assim, é possível que o nutriente seja detectado em uma maior profundidade ou ainda ter formado compostos inorgânicos com baixa solubilidade com cátions como o ferro, alumínio ou cálcio, não sendo detectado em sua forma disponível, como os demais nutrientes investigados, conforme relatado por Lepsch (2002) e Silva (2007).

A forma de fósforo associado a compostos inorgânicos, pode estar também adsorvido ao material cerâmico abundante na área, como observados em outros trabalhos como o de Coelho et al. (1996) em fragmentos cerâmicos do sítio Manduquinha em Caxiuanã-PA e por Costa et al.(2004), em cerâmicas do sítio Cachoeira-Porteira, no município de Oriximiná, no mesmo Estado. Assim, há a necessidade de análises químicas totais, tanto do solo quanto dos fragmentos cerâmicos para confirmação desta hipótese.

Assim como o cálcio, o magnésio e o potássio também são cátions básicos que contribuem para os altos valores de CTC e para a soma de bases (SB) dos solos antropogênicos, entretanto sua abrangência espacial é mais restrita (KERN, 2009). Na área do sítio os teores de magnésio mais altos foram classificados como médios na T1, chegando a 0,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e não sendo detectados em alguns pontos da T2. A média a 0-10 cm foi de 0,46 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> na T1, de 0,025 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> na T2 e de 0,39 na profundidade 10-20 cm. Na AD o valor de magnésio foi de 0,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, semelhante aos valores médios da T1.

O potássio trocável variou entre muito baixo (0,01 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) a níveis considerados como bons (0,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), segundo Ribeiro (1999), nas transversais. Os maiores teores deste nutriente foram observados em consonâncias aos pontos com maior destaque para cálcio e magnésio. A média de potássio na T1 foi de 0,048 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> a 0-10 cm e de 0,068 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> a 10-20 cm, já o valor médio da T2 foi igual ao da AD (0,02 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>). Valores semelhantes foram observados por Silva *et al.* (2012), que constatou o teor máximo de 0,23 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de potássio em solos superficiais classificados como TPA, no Estado do Pará.

Os níveis de alumínio trocável no sítio foram baixos ou fora dos limites de detecção. Os

valores médios foram de 0,42  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T1 e 1  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T2 a 0-10 cm e de 0,48  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  a 10-20 cm, tornando a maior parte dos solos com valores adequados para o nutriente, característica bastante incomum em solos tropicais. Na AD o alumínio apresentou concentração de 1,1  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , sendo considerado um valor alto e potencialmente prejudicial, além de estar acima da média dos valores observados no sítio.

Diferente dos cátions trocáveis discutidos anteriormente, o alumínio trocável no solo se torna satisfatório quando alcança valores inferiores a 0,51  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Esse padrão se dá devido a sua concorrência com os demais nutrientes indispensáveis a nutrição vegetal (Ca, Mg e K) e por sua concentração muito elevada se tornar indesejável devido ao potencial de toxidez que este nutriente apresenta (PRIMAVESI, 2001; RIBEIRO *et al.*, 1999).

Nas TPA normalmente é encontrada relação inversa e muito evidente do teor de alumínio com o de pH e cálcio (FALCÃO *et al.*, 2009). Ainda segundo estes autores, o valor máximo de alumínio encontrado para um conjunto de 100 amostras da camada superficial de solos de sítios arqueológicos pesquisados, ocorreu máxima de 1,60  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de alumínio, média de 0,20  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e valor mínimo de 0,01  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , resultados semelhantes aos do sítio AP-MA-05.

#### 4.3 Parâmetros de fertilidade potencial em arqueossolos

Os níveis de acidez potencial nas transversais estão dentro dos valores de referência de acordo com Ribeiro *et al.* (1999), no qual os níveis desta acidez acima de 5,01  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  são considerados bons para o solo, e inferiores de 2,5  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , tornam-se baixos. O menor valor encontrado no sítio foi de 2,5  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T1 e o valor máximo de 8,7  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na mesma transversal, apresentando médias de 4,52  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e 5,02  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T1 e T2, respectivamente, ambos superiores ao valor de 3,9  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  observado na AD, que foi considerado um valor médio.

Em relação aos parâmetros que estimam a fertilidade dos solos, além da MOS, acidez medida pelo pH em água e a acidez potencial, destacam-se também a Soma de Bases (SB), a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), a Saturação por bases (V%) e a Saturação por alumínio (m%) (FALCÃO *et al.*, 2009; PRIMAVESI, 2001; RIBEIRO *et al.*, 1999).

Os valores de V% classificam o solo quanto a seu grau de fertilidade (Figura 5), sendo  $V > 50\%$  solos eutróficos (férteis), logo, quanto maior este parâmetro no solo, maior a sua fertilidade (EMBRAPA, 2014, FALCÃO, 2009; RIBEIRO *et al.*, 1999). Nos solos do sítio foram observados valores de V% que chegaram a 84%, caracterizando uma alta fertilidade. Entretanto, a maior parte dos solos apresentou fertilidade média, sendo denominados de solos mesotróficos (média  $V=30\%$ ), enquanto que na AD o valor de  $V=9\%$ , sendo o solo classificado como distrófico.

No sítio, a SB variou entre 8  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e 0,3  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , sendo o valor máximo observado na T1. Os valores médios foram de 3,14  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e 2,32  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  para as profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, da T1 e de 0,78  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T2.

A CTC teve média de 7,6  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e 6,8  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , nos níveis 0-10 e 10-20, respectivamente na T1 e de 5,8  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na T2. Já a m% obteve percentuais médios de 19,3% em 0-10 cm e 26% em 10-20 da T1 e 55,7% na T2. Resultados semelhantes aos deste trabalho foram observados por Silva *et al.* (2012) que encontraram em solos superficiais caracterizados como TPA no sítio BJ8 no Estado do Pará, valores máximos de  $\text{CTC}=9,86$   $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{SB}=9,9$   $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e  $V=84\%$ , caracterizando os solos como eutróficos.

Na AD, os valores de SB e CTC foram baixos (0,4  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e 4,3  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , respectivamente). O solo apresenta um alto potencial a toxidez por alumínio, devido à alta saturação pelo nutriente (m%), assim como observado em alguns pontos na T2, onde os valores ultrapassaram a faixa adequada ( $m=35\%$ ), chegando a máxima de 80% na T2 e 73% na AD, considerados percentuais muito altos e consequentemente prejudiciais aos cultivares.

A figura 6 mostra a grande variabilidade dos atributos químicos analisados nos solos do sítio arqueológico AP-MA-05, com seus respectivos valores máximos, mínimos e médios, visando traçar um perfil químico geral da área.

Quando calculado o coeficiente da correlação de Pearson para as 41 amostras das duas transversais do interior do sítio arqueológico, foi verificado valores de correlação fortes entre alguns dos parâmetros analisados, sendo positivas para pH com V, Ca e SB ( $r^2=+0,99$ ;  $r^2=+0,88$  e  $r^2=+0,86$ , respectivamente); para Ca com SB e V ( $r^2=+0,99$  e  $r^2=+0,97$ ,

respectivamente) e para SB com V ( $r^2 = +0,97$ ). As correlações fortes negativas foram observadas para pH com Al com V e m ( $r^2 = -0,84$ ;  $r^2 = -0,83$  e  $r^2 = -0,82$ , respectivamente) e Mg e m ( $r^2 = -0,82$ ) (Tabela 1).

Ressalta-se que, apesar dos baixos conteúdos de fósforo no sítio arqueológico AP-MA-05, existe uma relação moderada positiva entre o mesmo e outros nutrientes como magnésio, cálcio e potássio, sendo os coeficientes desta relação iguais a  $r^2 = +0,52$ ;  $r^2 = +0,51$  e  $r^2 = +0,50$ , respectivamente. Assim como há correlação positiva também com a Soma de bases ( $r^2 = +0,51$ ), sugerindo que estes nutrientes têm a mesma fonte (Tabela 1).

As concentrações dos parâmetros químicos no sítio arqueológico AP-MA-05 mostram uma maior distribuição de MOS, pH, cálcio, fósforo, SB, CTC, V% e os menores índices de m% na porção sul da transversal 1. Esta foi a zona de maior fertilidade dentro do sítio e conseqüentemente a que provavelmente apresentou maior influência por descarte de resíduos orgânicos por atividades antrópicas antigas. Em contrapartida, as áreas com menor concentração destes parâmetros, sugerem áreas mais limpas como caminhos e áreas de circulação em geral, com menor descarte de resíduos e, por conseguinte, menor fertilidade.

A organização hipotética apresentada na Figura 7 expõe uma visão geral da área do sítio estudada, mostrando as regiões com maior interferência humana pretérita através de maior descarte de resíduos orgânicos aos solos. O aumento da fertilidade dos solos ocorre no sentido sul do sítio, em espaços com edificações, como a área do prédio da Pró-Reitoria de Extensão e Ações Comunitárias (PROEAC), e conseqüentemente, para fora dos limites prévios estabelecidas por Machado (1997) e Saldanha e Cabral (2011).

Apesar das limitações desta distribuição espacial devido a necessidades da coleta de mais amostras de solo em uma malha regular e não apenas em duas transversais, este dado foi válido, tendo-se como comparação que a mesma distribuição foi proposta por Costa, Costa e Kern (2013) que utilizou malha regular de 60 x 120 m nos sítios arqueológicos TP1 e TP2, em Juruti, no Estado do Pará.

## 5. CONCLUSÕES

A amplitude entre os limites de pH mostrou a heterogeneidade química dos arqueossolos, oriundas da influência das atividades humanas na área. Os valores mais elevados de pH foram identificados na porção sul do sítio, resultados condizentes com os altos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio e, no geral, a boa fertilidade destes solos na mesma região.

Os valores mínimos dos parâmetros químicos mensurados no sítio e semelhantes aos da área adjacente podem ser justificados pela grande variabilidade química existente em solos de sítios arqueológicos em função das atividades humanas pretéritas modificarem o ambiente, e conseqüentemente os solos, de maneira irregular.

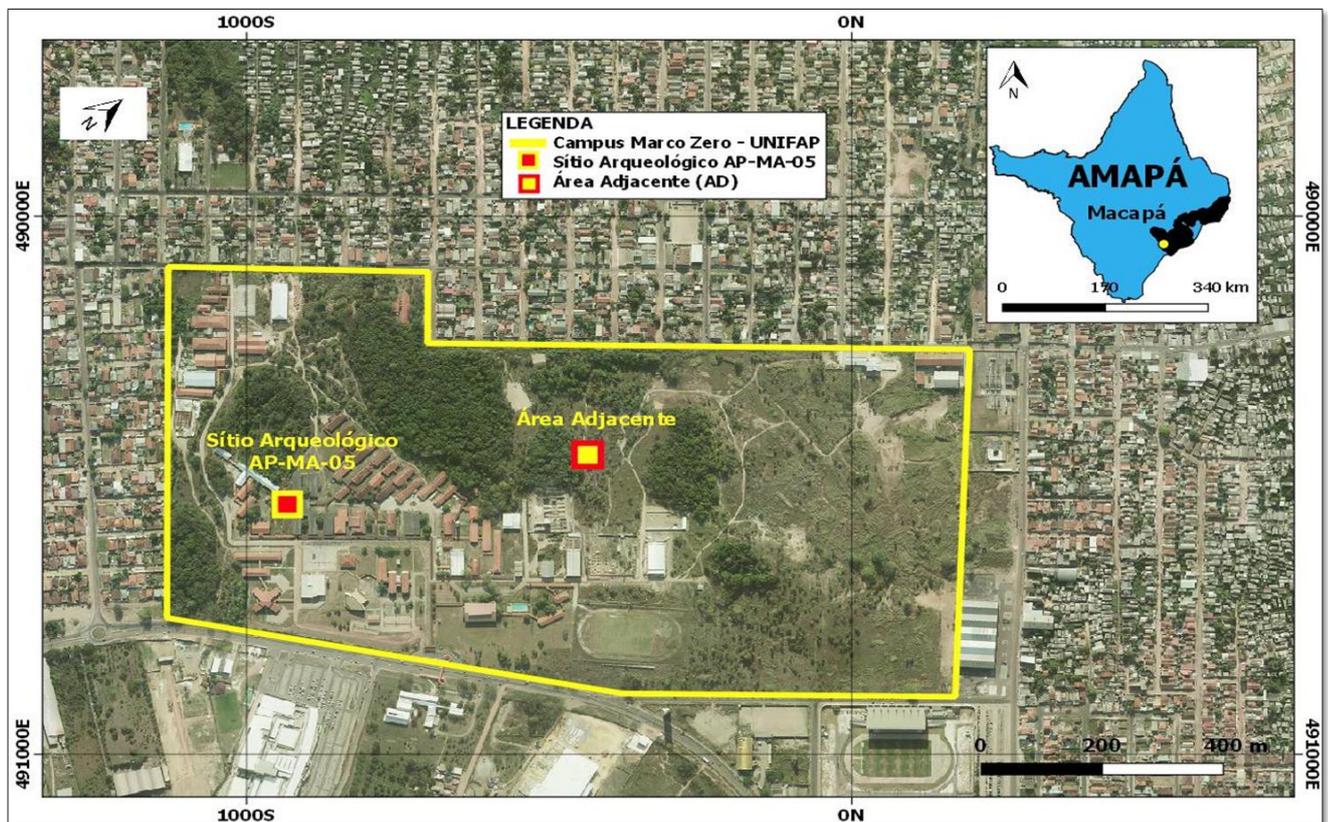
O aumento da fertilidade ocorreu no sentido sul do sítio. Esta região apresentou também os maiores valores de nutrientes em comparação a área adjacente, com exceção do alumínio que foi maior na adjacência. Isto evidencia a área de deposição preferencial de resíduos, refletindo a dinâmica da ação antrópica no assentamento, pode ainda estar indicando uma possível área de habitação próxima ou sobreposta ao cemitério, como comumente observado em muitos sítios arqueológicos na região amazônica.

## 6. REFERÊNCIAS

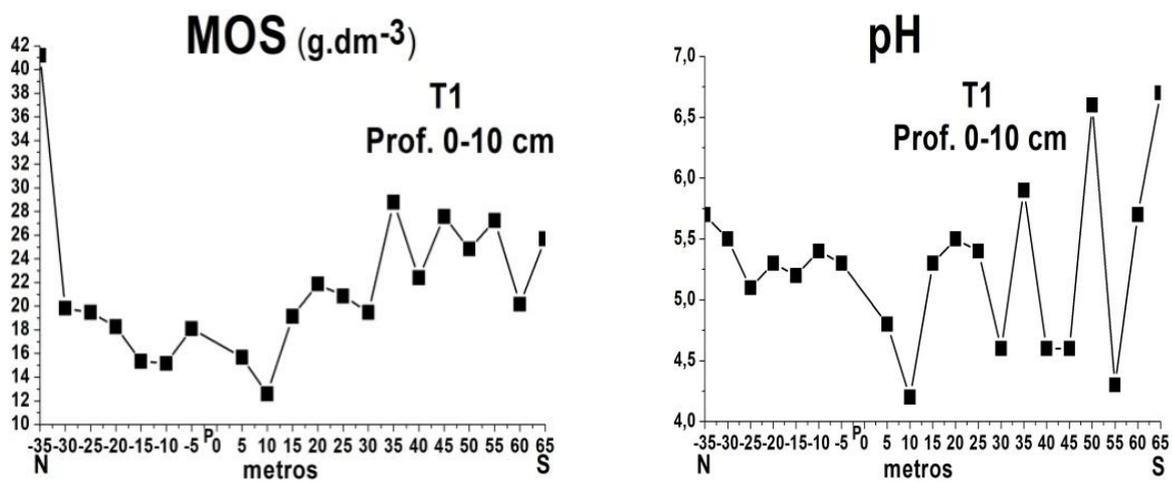
1. ALVAREZ, V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, v. 5, p. 25-32, 1999.
2. BARROS, K. R. M. et al. Fracionamento químico da matéria orgânica e caracterização física de Terra Preta de índio. Revista de Ciências Agrárias/ Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 55, n. 1, p. 44-51, 2012.
3. CAMPOS, M. C. C. et al. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. Revista Agro@mbiente On-line, v. 6, n. 2, p. 102-109, 2012.
4. COELHO, S. R. C. et al. Mineralogia e composição química dos fragmentos cerâmicos arqueológicos do sítio Manduquinha em Caxiuanã (Portel-Pa). SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA,

- v. 5, p. 234-237, 1996.
5. COSTA, M. L. et al. The ceramic artifacts in archaeological black earth (terra preta) from lower Amazon region, Brazil: Mineralogy. *Acta Amazonica*, v. 34, n. 2, p. 165-178, 2004.
  6. COSTA, J. A.; COSTA, M. L. da; KERN, D. C. Analysis of the spatial distribution of geochemical signatures for the identification of prehistoric settlement patterns in ADE and TMA sites in the lower Amazon Basin. *Journal of Archaeological Science*, v. 40, n. 6, p. 2771-2782, 2013.
  7. COSTA, J. A; MOURA, E. P. Uso e ocupação do solo no cerrado amapaense: a formação de antrossolos no campus da Universidade Federal do Amapá. In: BRITO, D. M. C; AVELAR, V. G. *Geografia do Amapá em Perspectiva*, v. 1. Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2017. p. 84-95.
  8. COSTA, M. L; KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 66, n. 1, p. 369-385, 1999.
  9. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Análises de solos*. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997.
  10. FALCÃO, N. P. S. et al. Fertilidade do solo de Terra Preta de Índio. TEIXEIRA, W. G; KERN, D. C; MADARI, B.E; LIMA, H. N & WOODS, W. I, orgs. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia - Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus, UFAM, p. 201-211, 2009.
  11. FRASER, J. A.; CLEMENTE, C. R. Dark Earths and manioc cultivation in Central Amazonia: a window on pre-Columbian agricultural systems? *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de Ciências Humanas*, v. 3, p. 175-194, 2008.
  12. GLASER, B. et al. Carbono negro em frações de densidade de solos antropogênicos da região amazônica brasileira. *Geoquímica orgânica*, v. 31, n. 7, p. 669-678, 2000.
  13. 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*, p. 137-149, 2013.
  14. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). *Mapa de pedologia do Estado do Amapá*. Rio de Janeiro, 2004a. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.
  15. \_\_\_\_\_. *Mapa de Clima do Brasil*. Rio de Janeiro, 2004b. 1 Mapa. Escala 1: 5.000.000.
  16. \_\_\_\_\_. *Mapa de vegetação do Estado do Amapá*. Rio de Janeiro, 2004c. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.
  17. INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. *Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE*. 3. ed. rev. ampl. Macapá: IEPA, 2008.
  18. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. *Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990*. Brasília: MAPA, 2000.
  19. KAMPF, N. et al. Classificação das terras pretas de índio e outros solos antrópicos antigos. In: Teixeira, W.; Kern, D. Madari, B.; Lima, H. & Woods, W. *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. p. 87-102. 2010.
  20. KERN, D. C. Costa, J. A., da Silveira, M. I., de Oliveira, E. R., Frazão, F. J. L., Berredo, J. F., Kämpf, N. *Pedo-Geochemical Signatures of Archeological Sites in the Tapirapé-Aquiri National Forest in Marabá, Amazonia, Brazil*. *Geoarchaeology*, v. 30, n. 5, p. 430-451, 2015.
  21. LEPSCH, I. P. *Conservação dos solos*. São Paulo: Caderno de textos, 2002.
  22. LIMA, H. N. et al. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. *Acta Amazonica*. v. 35, n. 3, p. 317–30, 2010.
  23. MACHADO, A. *Relatório do Salvamento Arqueológico do Sítio AP-MA-5: Campus Universitário Macapá-AP*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997.
  24. MADARI, B. E. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Ed.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 172-188.
  25. MELÉM JÚNIOR, N. J. et al. *Caracterização dos cerrados do Amapá*. Embrapa Amapá-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2003.

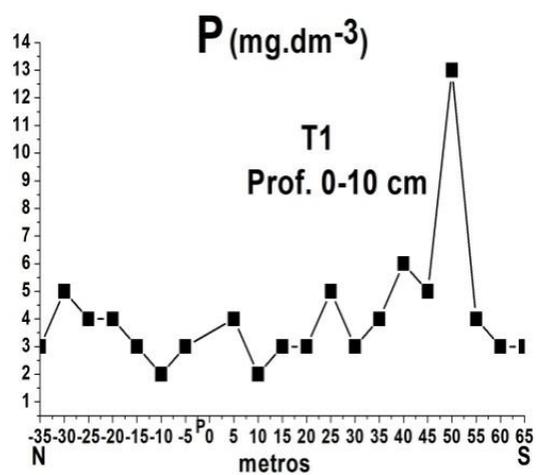
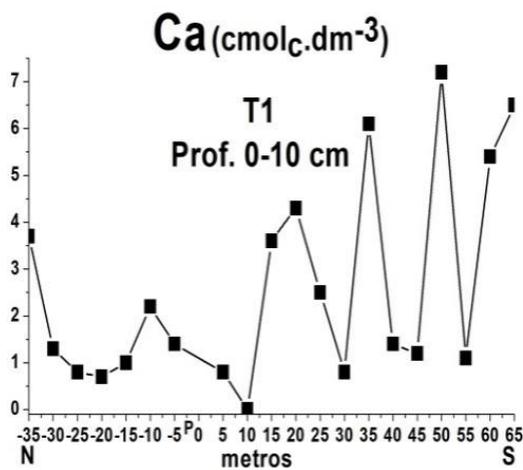
26. MENEZES, C. R.; SOUZA, G. K. C. Levantamento de Briófitas Bioindicadoras de Perturbação Ambiental do Campus Marco Zero do Equador da Universidade Federal do Amapá. *Biota Amazônia*, v. 1, n. 1, p. 63-73, 2011.
27. PARNELL, J. J; TERRY, R. E. Análise química do solo aplicada como ferramenta interpretativa para atividades humanas antigas em Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science*, v. 29, n. 4, p. 379-404, 2002.
28. PESSOA JUNIOR, E. S. F; SANTANA, G. Uma abordagem sobre fósforo em Terra Preta Arqueológica. *Scientia Amazonia*. ISSN:2238.1910. v. 6, n. 1, 61-70, 2017.
29. PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2001.
30. REIS, M. A. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 1, 2009.
31. RIBEIRO, A. C. et al. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa: MG, 1999. 359p.
32. RODRIGUES, S. F. S.; COSTA, M. L. Phosphorus in archeological ceramics as evidence of the use of pots for cooking food. *Appl Clay Sci*. v. 123, p. 224-31, 2016.
33. ROOSEVELT, A. C. The Amazon and the Anthropocene: 13,000 years of human influence in a tropical rainforest. *Anthropocene*. v. 4, p. 69–87, 2013.
34. SALDANHA, J. D. M.; CABRAL, M. P. Segundo relatório do Programa de Resgate Arqueológico no Campus Marco Zero da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá -AP. 2011.
35. SANTOS, L. A. C. et al. Caracterização de Terras Pretas Arqueológicas no Sul do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 37. n. 6, p. 825–6, 2013.
36. SCHMIDT, M. J. A formação de Terra Preta: Análise de sedimentos e solos no contexto arqueológico. p. 121-176. In: Magalhães, M. P. (Org.) *Amazônia Antropogênica*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2016. 429 p.
37. SILVA, A. K. T. et al. Mineralogia e geoquímica de perfis de solo com Terra Preta Arqueológica do município de Bom Jesus do Tocantins, sudeste da Amazônia. *Acta amazonica*, v. 42, n. 4, 2012.
38. VASCONCELOS, R. F. B. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, 2010.
39. WOODS, W. Os solos e as ciências humanas: Interpretação do passado. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (Ed.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 62-71.



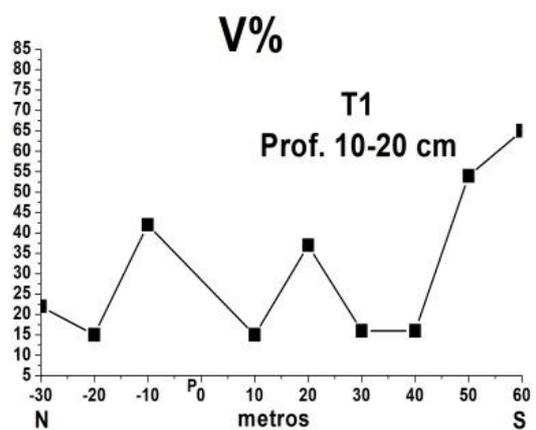
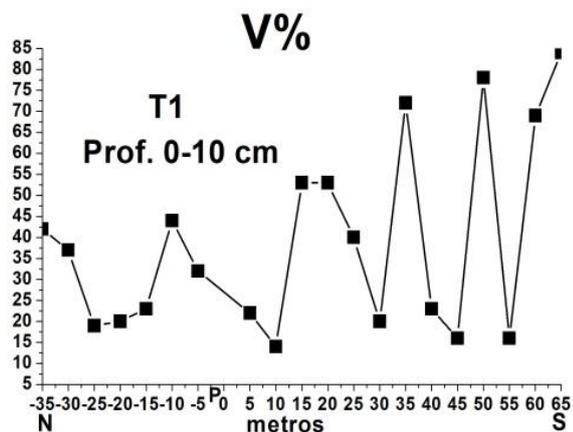
**Figura 2.** Mapa de localização do campus Universitário Marco Zero da Universidade Federal do Amapá. Em destaque a Área do Sítio arqueológico AP-MA-05 e a sua Área adjacente.



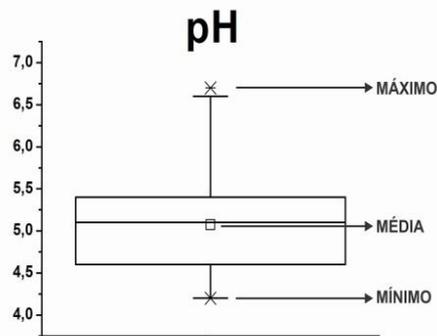
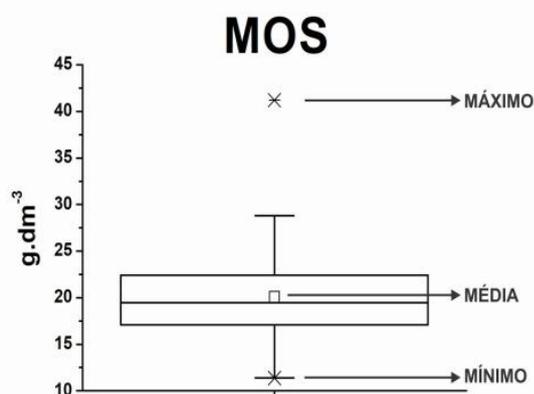
**Figura 3.** Variabilidade de Matéria orgânica do solo (MOS) e pH na profundidade 0-10 cm da transversal T1 do sítio arqueológico AP-MA-05.

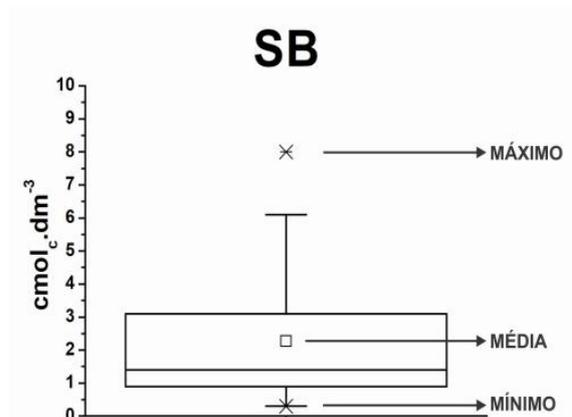
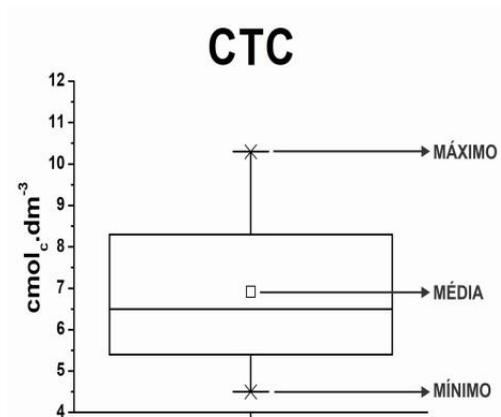
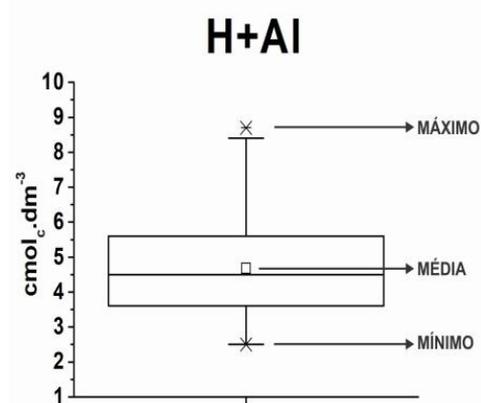
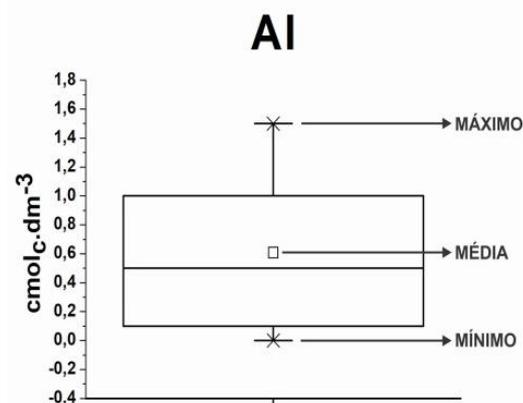
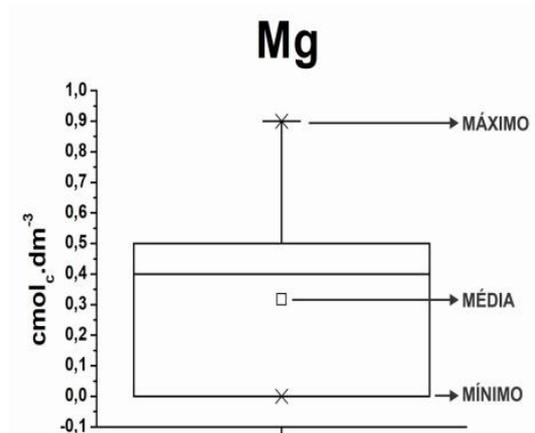
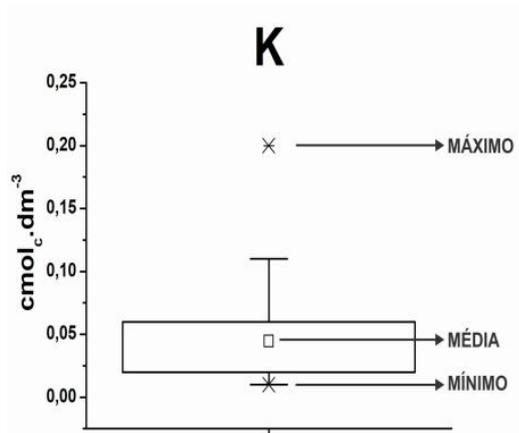
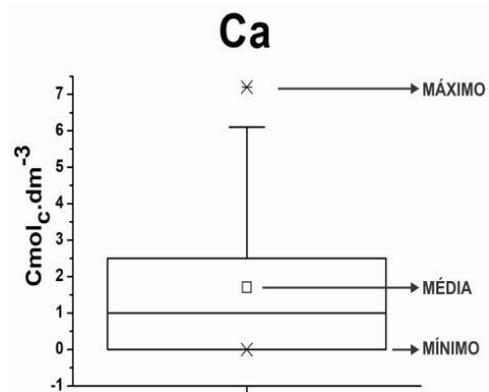
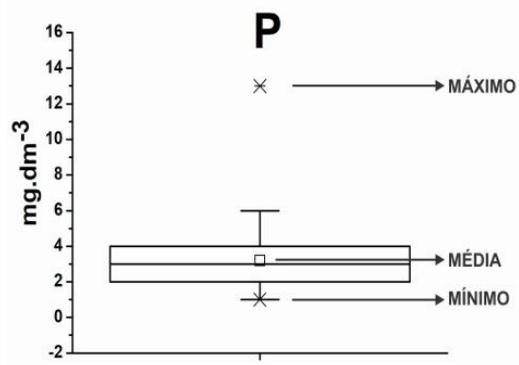


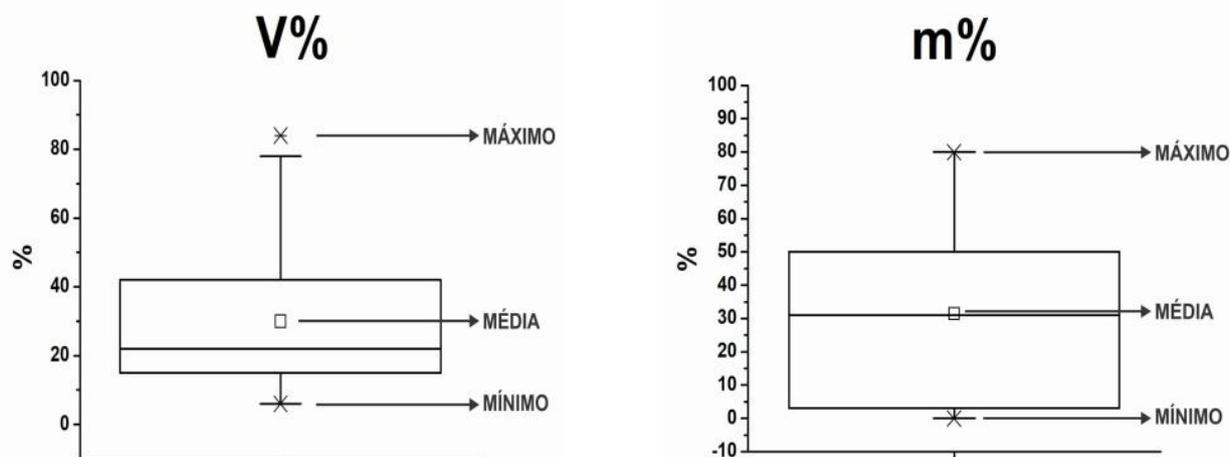
**Figura 4.** Variabilidade de cálcio e fósforo na profundidade 0-10 cm da transversal T1 do sítio arqueológico AP-MA-05.



**Figura 5.** Variabilidade de Saturação por Bases (V%) na profundidade 0-10 cm na transversal T1 no sítio arqueológico AP-MA-05.





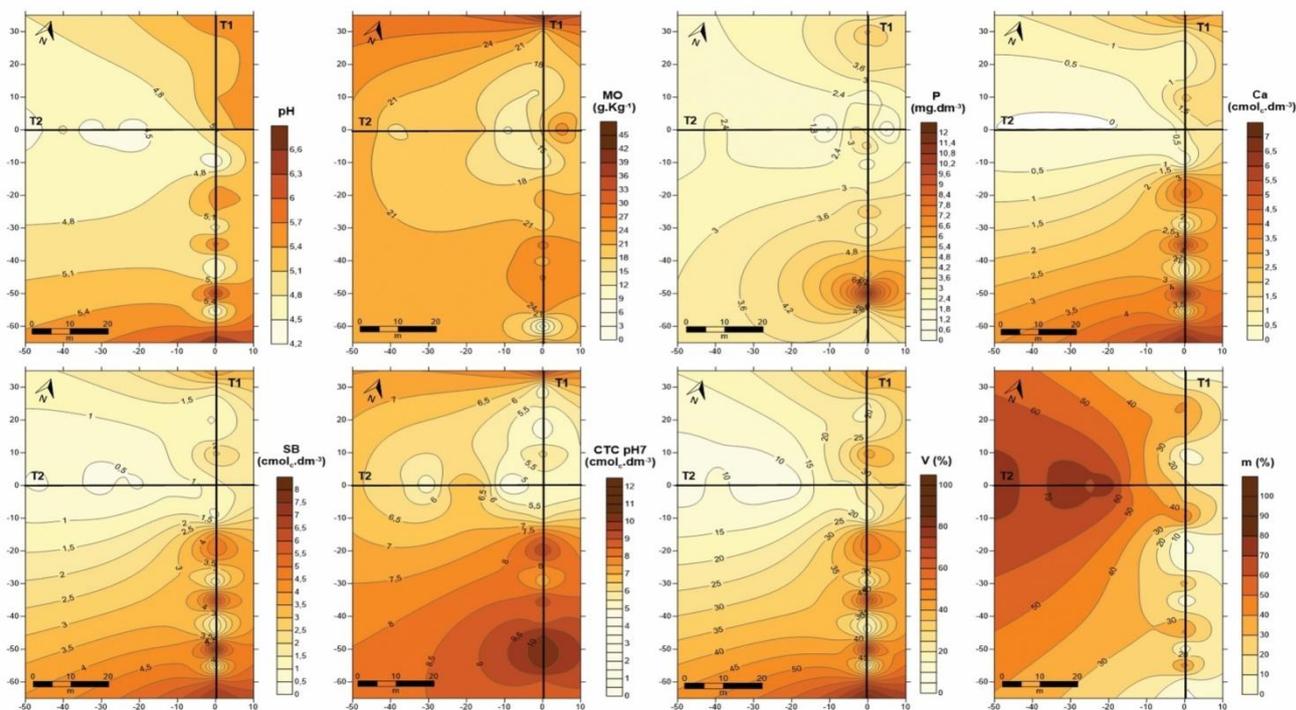


**Figura 6.** Valores máximo, mínimo e médios dos parâmetros químicos do sítio arqueológico AP-MA-05 no campus da UNIFAP, em Macapá-AP.

**Tabela 1.** Matriz de correlação de Pearson ( $r^2$ ) para os relacionamentos entre as propriedades químicas do solo ( $n = 41$ ), a nível de 5% de significância.

	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC
<b>MO</b>	0,26									
<b>P</b>	0,47	0,23								
<b>K</b>	0,38	0,14	0,50							
<b>Ca</b>	0,88	0,31	0,51	0,50						
<b>Mg</b>	0,67	0,22	0,52	0,44	0,79					
<b>Al</b>	-0,83	-0,04	-0,29	-0,34	-0,75	-0,70				
<b>H + Al</b>	-0,76	0,26	-0,13	-0,13	-0,56	-0,34	0,77			
<b>SB</b>	0,86	0,28	0,51	0,53	0,99	0,78	-0,74	-0,55		
<b>CTC</b>	0,34	0,55	0,48	0,50	0,68	0,62	-0,20	0,22	0,69	
<b>V</b>	0,92	0,18	0,44	0,44	0,97	0,80	-0,84	-0,69	0,97	0,54
<b>m</b>	-0,82	-0,17	-0,38	-0,39	-0,79	-0,82	0,95	0,60	-0,78	-0,39

Fonte: a autora (2018).



**Figura 7.** Mapas de isovalor das concentrações dos parâmetros químicos pH, matéria orgânica, fósforo disponível, cálcio trocável, SB, CTC, V% e m%.