



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ANA FERNANDA CIPRIANO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE TERRA
PRETA ARQUEOLÓGICA E SAMBAQUI ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA**

BELÉM – PA

2018

ANA FERNANDA CIPRIANO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE TERRA
PRETA ARQUEOLÓGICA E SAMBAQUI ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Agronomia

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Herdjania Veras de Lima

Co orientadora: Dr^ª. Helena Pinto Lima

BELÉM – PA

2018

Silva, Ana Fernanda Cipriano da

Caracterização morfológica, física e química de terra preta arqueológica e sambaqui associados na Amazônia / Ana Fernanda Cipriano da Silva. – Belém, 2018.

73 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

Orientadora: Dra. Herdjania Veras de Lima.

1. Solo - Antropossolos - Amazônia 2. Antropossolos Morfologia 3 Solos antrópicos 4. Antropossolos – Terra pre arqueológica I. Lima, Herdjania Veras de (orient.) II. Título.

CDD – 631.409811

Bibliotecária-Documentalista: Letícia Lima de Sousa – CRB2/1549

ANA FERNANDA CIPRIANO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, FÍSICA E QUÍMICA DE TERRA
PRETA ARQUEOLÓGICA E SAMBAQUI ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Herdjania Veras de Lima


Co orientadora: Dr^ª. Helena Pinto Lima

Aprovada em 31 de julho de 2018

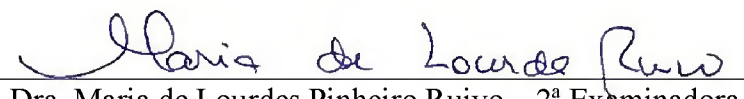
BANCA EXAMINADORA




Dra. Herdjania Veras de Lima - Orientadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA



Dra. Milena Carvalho de Moraes – 1^ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI -MPEG



Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo – 2^ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI - MPEG



Dra. Sueli Rodrigues – 3^ª Examinadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

DEDICATÓRIA

À minha amada família que em tudo me apoiou até aqui. O lugar para onde sempre quero voltar, o mais aconchegante para estar. Vocês me inspiram e me fazem querer buscar todas essas coisas que me fazem ficar longe de vocês agora. Aos velhos amigos e aos que ganhei em Belém, poucos, mas muito preciosos para mim.

Simplesmente amor...

AGRADECIMENTOS

A Deus o meu agradecimento e amor primeiro. Gratidão por me conceder, força, saúde, perseverança, amizades, proteção, paciência e momentos de tristeza, porque neles pude refletir muitos pontos para melhorar.

Aos meus avós paternos e maternos que com tanto amor rezam e torcem por mim.

Aos meus pais Rosiene Cipriano Silva e João Batista Silva Neto pelo apoio em todas as decisões que tomei e oportunidades que abri mão para cursar o mestrado.

Às minhas irmãs Ana Flávia Cipriano Silva e Ana Fridma Cipriano Silva pelo amor e companheirismo nos momentos de descontração, com música, nas poucas viagens que fiz a Alenquer.

À professora Dra. Herdjanina Veras de Lima pela recepção, paciência, confiança e orientação durante estes dois anos.

A minha coorientadora Dra. Helena Pinto Lima por toda a atenção, auxílio e concessão das amostras para a construção deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

Ao Programa de Agronomia e aos discentes pelo acolhimento e amizade.

Ao laboratório de química do Museu Paraense Emílio Goeldi, em especial a Dayane Martins pelo suporte nas análises nas análises químicas.

Ao grupo de Física de Solo, em especial, a Michel Keisuke Sato, Sueli Rodrigues, Katiane Barros, Daynara Costa Vieira, Arthur Leal, Felipe Queiroga, Aline Noronha, Raphael Leone, Kilma Lima pelo apoio, conversas e sugestões.

A banca examinadora deste trabalho pelas contribuições para a defesa.

Aos demais amigos que sempre estiveram presentes no meu dia a dia, aos que mesmo distante se fizeram presente, o meu muito obrigado, sem a participação e parceria de todos a execução deste trabalho não seria possível.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da vegetação da Floresta Nacional de Caxiuanã, PA.....	20
Figura 2: Sítios Arqueológicos estudados na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).....	21
Figura 3: Localização dos Sítios Arqueológicos estudados e áreas adjacentes, Melgaço, PA.....	30
Figura 4: Mapa topográfico exemplificando a altimetria da área e as tradagens.....	32
Figura 5: Perfil sítio Forte, escavações 1 e 2 com faces Oeste e Norte.....	33
Figura 6: Perfil sítio Ibama, escavações 1 e 2 com faces Oeste e Norte.....	35
Figura 7: Conchas de caramujos e bivalves presentes nos sítios analisados.....	41
Figura 8: Proporção de agregados e partículas simples de todas as classes nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30 cm.....	54
Figura 9: Distribuição de agregados em todas as classes de tamanho analisadas.....	54
Figura 10: Teores de carbono orgânico nos sítios e áreas adjacentes.....	59
Figura 11: Diâmetro médio Ponderado e Diâmetro Médio Geométrico das TPA's associadas a sambaqui e suas respectivas áreas adjacentes.....	60
Figura 12: Análise de componentes principais de variáveis relacionadas a estabilidade de agregados em solos antrópicos associados, profundidade 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, na Floresta Nacional de Caxiuanã, PA.....	62

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRATC	10
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	166
2.1 Os povos nativos e a influência na formação dos solos antrópicos	166
2.1.1 As terras pretas: resiliência, atributos físico-químicos e estruturais.....	188
2.1.2 os Sambaquis: uma herança singular.....	199
2.1.3 Associação de Sambaqui com Terra Preta Arqueológica – TPA.....	21
2.2 Pedoarqueologia na Floresta Nacional de Caxiuanã	22
2.2.1 Aspectos ambientais da área de estudo.....	22
2.2.2 Os Sítios Arqueológicos Ibama e Forte.....	244
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	255
3. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS, FÍSICOS E QUÍMICOS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICAS E SAMBAQUI ASSOCIADOS NA AMAZÔNIA	30
3.1 Introdução.....	30
3.2 Material e métodos.....	32
3.3 Resultados e discussão.....	34
3.4 Conclusão.....	46
3.5 Referências bibliográficas.....	47
4. ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA ASSOCIADA A SAMBAQUI	51
4.1 Introdução	52
4.2 Material e métodos.....	53
4.3 Resultados e discussão.....	56
4.4 Conclusão.....	67
4.5 Referências Bibliográficas.....	68
5. CONCLUSÕES GERAIS	73

RESUMO

Os antropossolos são formações provenientes da deposição de materiais diversos, realizadas por povos pretéritos que manejaram os recursos disponíveis ao longo de milhares de anos. As Terras Pretas Arqueológicas (TPA's) ou Terras Pretas de Índio (TPI's) e os Sambaquis são exemplos destas formações. Os estudos na Amazônia em arqueologia são diversos para ambos, entretanto o estudos em pedoarqueologia, tem se desenvolvido principalmente em torno das TPAs, suscitando a necessidade de analisar os atributos pedológicos dos Sambaquis da região, sobretudo pela existência de áreas onde há a associação destas duas formações levantando questões como, por exemplo, se há melhoria nas características físico químicas e na qualidade estrutural do solo aliada a deposição de matéria orgânica (MO) nestes sítios. O objetivo deste estudo é investigar os atributos de Antropossolos em associação, sendo essa associação de TPAs em formações com características monticulares compostas por conchas (Sambaquis) e suas respectivas áreas adjacentes, localizados na Floresta Nacional de Caxiuanã, Região do Marajó, Estado do Pará. Foram amostradas duas escavações em cada sítio arqueológico e uma na área adjacente. Foram determinados: pH em água, fertilidade, carbono orgânico por oxidação da MO via úmida, textura do solo e estabilidade de agregados em água para dois sítios arqueológicos, seguidos de suas respectivas áreas adjacentes. Verificaram-se valores de pH alcalino, semelhante aos encontrados em sambaqui, e interferindo negativamente na disponibilidade de nutrientes como P, K e Mg nas escavações 1 e 2 do sítio Forte e escavação 2 do sítio Ibama, assim como ocorre em solos alcalinos normais. A presença de fragmentos de conchas e cerâmica foi constatada em ambos os sítios, sendo os fragmentos cerâmicos superior no sítio Ibama e os fragmentos de concha superior no sítio Forte. A escavação 1 do sítio Ibama apresentou valores superiores de P, Ca^{2+} , K^+ a sua área adjacente e ao sítio Forte, proporcionando-lhe maior fertilidade. Os teores de carbono foram superiores nas profundidades superficiais, onde há camada de TPA definida em ambos os sítios, sendo os mais elevados no sítio Ibama, pois no sítio Forte a partir de 10 cm de profundidade as conchas são praticamente predominantes, tendo logo abaixo o solo de origem. O sítio Forte na profundidade 0-10 cm apresentou maior proporção de agregados geral, maior teor de carbono orgânico, diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico DMG. O sítio Ibama apresentou a maior proporção de material inerte, possivelmente atribuído a maior concentração de fragmentos cerâmicos e fragmentos de carvão existente neste sítio. Os valores de DMP e DMG foram superiores as áreas adjacentes e decresceram em profundidade. Na correlação do solo entre os elementos químicos e a granulometria o teor de C e Ca^{2+} reduzem em profundidade, o teor de argila é o que mais influencia nos atributos da estabilidade de agregados, conferindo melhor resistência a desagregação a estes solos.

Palavras-chave: concheiros, associação, solos antrópicos.

ABSTRACT

Anthroposols are formations derived from the deposition of various materials by ancient peoples who have handled the resources available over thousands of years. Archaeological Dark Earths (ADE) or Amazonian Dark Earths and the Shell middens are examples of these formations. The studies in the Amazon in archeology are diverse for both, however the studies in pedoarchaeology, has developed mainly around the TPAs, raising the need to analyze the pedological attributes of the Shell middens of the region, mainly for the existence of areas where the association of these two (eg, if there is improvement in physical chemical characteristics and structural quality of the soil combined with the deposition of organic matter (OM) in these sites. The objective of this study is to investigate the attributes of Anthroposol in association, being this association of ADEs in monticular monticular formations composed of shells (Shell middens) and their respective adjacent areas, located in the National Forest of Caxiuanã, Marajó Region, State of Pará. Two excavations were sampled in each archaeological site and one in the adjacent area. The following parameters were determined: pH in water, fertility, organic carbon by wet oxidation of OM, soil texture and stability of aggregates in water for two archaeological sites, followed by their respective adjacent areas. Values of alkaline pH similar to those found in sambaqui and negatively interfering with the availability of nutrients such as P, K⁺ and Mg were found in excavations 1 and 2 of the Forte site and excavation 2 of the Ibama site, as well as in normal alkaline soils. The presence of fragments of shells and ceramics was observed in both sites, being the ceramic fragments superior in the Ibama site and the fragments of upper shell in the Forte site. Excavation 1 of the Ibama site presented higher values of P, Ca²⁺, K⁺ its adjacent area and the Forte site, giving it greater fertility. The carbon contents were higher at the superficial depths, where there is a ADE layer defined in both sites, being the highest in the Ibama site, because in the Forte site from 10 cm deep the shells are practically predominant, source soil. The Forte site at depth 0-10 cm presented a higher proportion of general aggregates, higher organic carbon content, weighted mean diameter (WAD) and GMD geometric mean diameter. The Ibama site presented the highest proportion of inert material, possibly attributed to the higher concentration of ceramic fragments and fragments of coal present in this site. WAD and GMD values were higher than adjacent areas and decreased in depth. In the correlation of the soil between the chemical elements and the granulometry, the C and Ca²⁺ content reduce in depth, the clay content is the one that most influences the attributes of the stability of aggregates, giving a better resistance to the disaggregation to these soils.

Keywords: *Shell midden, association and anthropogenic soils*

CONTEXTUALIZAÇÃO

Os hábitos dos povos que habitaram a Amazônia no passado influenciaram diretamente a formação dos solos denominados antrópicos (KÄMPF; KERN, 2005), ocasionados sobretudo pela organização social na gestão dos recursos disponíveis e apropriáveis existentes na natureza. O principal registro da ação humana pré-histórica no solo resulta de assentamentos, da prática da agricultura (DENAVAN, 2001), sobretudo do manejo de resíduos domésticos com o uso do fogo (SCHMIDT et al. 2014), além da utilização de recursos aquáticos prontamente disponíveis para a alimentação, havendo também a produção de vasilhas cerâmicas utilitárias (SIMÕES, 1981; SCHAAN, 2009; SILVEIRA; SCHAAN, 2010). Estas ações influenciaram tanto na formação das Terras Pretas como dos Sambaquis na Amazônia.

As Terras Pretas da Amazônia também são denominadas de Terra Preta Arqueológica ou Antropogênica (TPA) ou Terra Preta de Índio (TPI) (KERN et al, 2017) e diferente dos solos comumente encontrados na região, na maioria de baixa fertilidade, são caracterizadas por apresentar fertilidade elevada, contendo conforme Glaser (2007), teores elevados de P, Ca, Mg e matéria orgânica (MO) estável, além de maior atividade biológica, quando comparados aos solos adjacentes, geralmente Latossolos e Argissolos (COSTA et al., 2013; KÄMPF; KERN, 2005).

Já os Sambaquis, termo em português, também denominados Concheiros, Minas de Sernambi e em inglês *shellmounds* ou *shell midden* estão distribuídos em áreas costeiras e próximas a rios. São acumulações artificiais de conchas de moluscos (PROUS, 1992), restos alimentares, artefatos líticos, adornos, cerâmica e vestígios de moradias, como pisos, buracos de esteio e estacas, resquícios de atividades cotidianas/etapas de confecção de objetos, e geralmente estão alojados em solos de coloração muito escura e em alguns casos são encontrados sepultamentos (SILVEIRA et al., 2011).

Pesquisas realizadas na Amazônia revelam que no Estado do Pará ocorrem tanto Sambaquis costeiros, a exemplo dos localizados na Região do Salgado, litoral Nordeste do Estado, se estendendo da Baía do Marajó até a Foz do Rio Gurupi, quanto fluviais, situados próximos a rios, como os encontrados no Baixo Amazonas, Baixo Tocantins, Arquipélago do Marajó (FERREIRA PENNA, 1876; HARTT, 1896; MORAIS, 1930; SIMÕES, 1981), além da bacia do rio Guaporé na Amazônia Ocidental (ZIMPEL; PUGLIESI JR, 2016).

Estudos sobre a composição e cronologia indicam que as cerâmicas mais antigas das Américas são provenientes do sambaqui Taperinha em Santarém – PA (SILVEIRA; SCHAAN, 2005) e foram objeto de intensa pesquisa na arqueologia, (SIMÕES, 1981; KERN et al., 2002; KAMPF; KERN, 2005) datado em torno de 8000 anos antes do presente (AP) (ROOSEVELT et al.,1991). As datações registradas na Amazônia em comparação com outros sítios encontrados no Brasil apresentam-se mais antigas, contemporâneas e mais recentes (HURT, 1974; ROOSEVELT et al.,1991; CORRÊA et al.,2011), sugerindo complexidade social, hierarquia de assentamentos e acesso diferenciado a objetos provenientes de redes de troca à longa distância entre as sociedades “sambaqueiras” da Amazônia (SILVEIRA; SCHAAN, 2005), o que indiretamente afeta a composição dos solos antrópicos, pela influência do tipo de material incorporado e costumes em torno da dinâmica dos recursos disponíveis.

Tanto as TPAs quanto os Sambaquis são formadas por processos antropogênicos, entretanto bastante diferentes, tanto no que diz respeito ao tipo e composição do material, quanto aos hábitos dos povos que os formaram. Teixeira et al (2012) analisando um Sambaqui fluvial no Estado de São Paulo afirma que a comparação entre o sítio analisado e a Terra Preta de Arqueológica (TPA) encontrada na bacia amazônica se refere justamente apenas por ambas apresentarem processos antrópicos, porém, certamente possuem características físico químicas distintas. Isto porque muito embora, durante as escavações realizadas tenha sido possível perceber que há horizontes escuros que permeiam as conchas sobre os sepultamentos, cuja composição principal é de matéria orgânica, o que remete aos horizontes antrópicos de terra preta, não se pode afirmar que seja também TPA.

Entretanto, relatos de sítios arqueológicos localizados no Arquipélago do Marajó, Estado do Pará, constituídos por bolsões de conchas em TPA, descritos por Kern (1996; 2000) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, e Sambaqui e TPA por Silveira e Schaan (2005) em Cachoeira do Arari, Curralinho e Melgaço, contendo conchas de gastrópodes e bivalves, fragmentos cerâmicos com antiplástico de conchas trazem à tona uma questão bastante complexa quanto a formação destes sítios e conseqüentemente expandem o campo para novas pesquisas na região.

Os esforços em estudar estes solos são interdisciplinares, incluindo os processos sociais e ambientais que os formaram. Os estudos em pedoarqueologia na Amazônia têm avançado principalmente em torno das TPAs, enquanto que para os Sambaquis o cunho tem sido principalmente arqueológico. Diferente do litoral Sul e Sudeste, em Estados

como Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Santa Catarina, os estudos no sentido de entender a dinâmica dos atributos físico-químicos e mineralógicos dos sambaquis avançou nos últimos anos (CORRÊA et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2012; CORRÊA et al., 2013; GERNET et al., 2014). Silveira & Schaan (2005) também afirmam que há um contraste nos estudos sobre os Sambaquis entre o Pará e a costa leste do Brasil, citando estes mesmos Estados.

Além dos atributos físico-químicos pedoarqueológicos que analisam a composição dos antropossolos (solos antrópicos), outro bastante estudado é com relação a qualidade estrutural através da estabilidade de agregados em água (PALMEIRA et al., 1999; SALTON et al., 2012), comumente abordado nas TPAs, para analisar a qualidade estrutural, pois a agregação das partículas é uma das propriedades físicas do solo sob a influência da matéria orgânica e está relacionada à disponibilidade de água e ar para raízes e microbiota (SILVA et al., 2010). Esta tem sido muito analisada em contexto geoestatístico por meio de distribuição espacial (AQUINO et al., 2014; PANTOJA et al., 2015; SILVA et al., 2016 a; SILVA et al., 2016 b; CUNHA et al., 2017; SILVA et al., 2017), sobretudo pela natureza da composição do material e alta variabilidade na área. Entretanto, estudos locais que analisem o comportamento da associação de Sambaqui e TPAs se faz necessário, afim de melhor analisar de forma local, através de estratigrafias dos perfis esta associação, além de obter resultados físico químicos e estruturais, afim de confrontar tais resultados com os estudos existentes tanto para TPAs, quanto para Sambaquis.

Diante do exposto, estudos que retratem melhor a associação de Sambaqui e TPA são necessários para entender se há interferências nas características físico químicas e na qualidade estrutural do solo aliada a deposição de matéria orgânica nestes sítios. O objetivo deste estudo é caracterizar os atributos físico-químicos e analisar a estabilidade de agregados de TPAs associados a Sambaquis na Floresta Nacional de Caxiuanã, Região do Marajó, Estado do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; SILVA, D. M. P.; SILVA, D. A. P. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 988-997. 2014.

BRASIL. Governo Federal e Governo do Estado do Pará. Plano de Desenvolvimento Territorial do Arquipélago do Marajó. 2007.

CORRÊA, G. R.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; SOUZA, K. W.; KER, J. C.; RODRIGUES, I. M. M.; SENRA, E. O. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the região dos lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1100-1111. 2011.

CORRÊA, G. R.; SCHAEFER, C. E.; GILKES, R. J. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. **Quaternary International**, 315. 2013.

COSTA, J. A.; COSTA, M.L.; 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**, 40, 2771-2782. 2013.

CUNHA, J. M.; GAIO, D. C.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SILVA, D. M. P.; LIMA, A. F. L. Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia. **Revista Ambiente**. Taubaté, Água vol. 12 n. 2 – Mar. / Abr. 2017.

DENEVAN, W.M. Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes. **Oxford University Press**, Oxford, 396p. 2001.

FERREIRA PENNA, D.S. Breve notícia sobre os sambaquis do Pará. **Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 1:85-99, 1876.

GERNET, M. V.; MELO, V. F.; DIECKOW, J.; KIMA, V. C.; SILVA, W. T. L. Genesis and occupancy of a shell midden on Parana State coast, Brazil. M.V. **Quaternary International**, 352 135 e 146. 2014.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philosophical Transactions*. **Royal Society. B.**, 362:187-196. 2007.

HARTT, C.F. A geologia do estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense de História Natural e Etnografia** 1:257-73. 1896.

HURT, W.R. The interrelationship between the natural environment and four sambaquis, coast of Santa Catarina, Brazil. **Occasional Papers and Monographs**. 1974.

KAMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. **Tópicos de Ciência do Solo**, 4:277-320. 2005.

KERN, D.C.; COSTA, F.A.; FRAZÃO, F.J. & COSTA, M.L. Mudanças ambientais decorrentes da ocupação humana pretérita no litoral paraense. In: **ECOLAB**, 6, Belém. **Anais**. Belém, 2002. CD-ROM, 2002.

MORAIS, R. O homem do Pacoval. São Paulo, Melhoramentos. **País das pedras verdes**. Manaus, Imprensa Pública. 1930.

PANTOJA, J. C. M.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; SILVA, L. F. D.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Distribuição dos agregados em terra preta arqueológica de áreas cultivadas no município de Novo Aripuanã, Amazonas. **Revista Verde**, Pombal, Paraíba. v. 10, Nº 4, p. 91 - 96, out-dez. 2015.

PROUS, A. **Arqueologia brasileira**, Brasília, Distrito Federal. Editora UNB. 1992.

ROOSEVELT, Anna. C.; HOUSELEY, R. A.; IMAZIO DA SILVEIRA, Maura; MARANCA, Silvia; JOHNSON, R. Eighth millennium pottery from a prehistoric shell midden in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 254, p. 1621-1624. 1991.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Comunicado Técnico 184**, Dourados, Mato Grosso do Sul. ISSN 1679-0472. Dez. 2012.

SCHAAN, D.P. & SILVA, W.F.V. Relatório de vistoria técnica em sítios arqueológicos localizados na Ilha de Marajó: PA-JO-46: Joanes, PA-JO-21: Teso dos Bichos e PA-JO-58: Araçacar. **Relatório Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG**. Belém, Pará. 2005.

SILVA, D. M. P.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; CUNHA, J. M.; PAULA NETO, P. Variação espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, Rio Grande do Sul. 11(3): 179-187. 2016a.

SILVA, D. M. P.; CAMPOS, M. C.C.; FRANCISCON, UILSON.; ALHO, L. C.; SANTOS, L. A. C.; DE PAULA NETO, P.; BERGAMIN, A. C.; SOUZA, Z. M. Spatial Variability of Soil Properties in Archeological Dark Earth Sites under Cacao Cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 40:e0140816, 2016b.

SILVA, L. F. D.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, A. F. L.; PANTOJA, J. C. M.; SOARES, M. D. R. MANTOVANELLI, B. C. Variabilidade espacial de agregados e estoque de carbono em solos antropogênicos sob floresta nativa. **Nativa**, Sinop, Mato Grosso, v.5, esp., p.540-547, dez. 2017.

SILVEIRA, M. I.; SHAAN, D. P. Onde a Amazônia encontra o mar: estudando os sambaquis do Pará. **Revista de Arqueologia**, 18: 67-79, 2005.

SILVEIRA, M. I.; OLIVEIRA, E. R.; KERN, D. C.; COSTA, M. L.; RODRIGUES, S. F. S. O sítio Jabuti, em Bragança, Pará, no cenário arqueológico do litoral amazônico. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém, Pará, v. 6, n. 2, p. 335-345, maio-ago. 2011.

SIMÕES, M.F. Coletores-pescadores ceramistas do litoral do Salgado (Pará). Nota Preliminar. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém, Pará, Série Antropologia (78), 1981.

TEIXEIRA, W. G.; PLENS, C. R.; MACEDO, R. S.; FIGUTI, L. Caracterização de um perfil de solo desenvolvido no sambaqui fluvial Moraes, município de Miracatu – SP. R. **Museu de Arqueologia. Etnografia**. São Paulo, n. 22: 181-194, 2012.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 OS POVOS NATIVOS E A INFLUÊNCIA NA FORMAÇÃO DOS SOLOS ANTRÓPICOS

O cotidiano pré-colombiano envolvendo a utilização de utensílios cerâmicos e líticos, alimentação vegetal e animal teve influência direta na formação dos solos antrópicos da Amazônia, sendo estes considerados como verdadeiros legados antrópicos deixados pelos antigos habitantes (PETERSEN et al., 2001).

A chegada do homem a Amazônia mesmo com tantos estudos ainda não é bem esclarecida, ou seja, não se sabe ao certo a partir de que período a floresta amazônica passou a ser ocupada pelos seres humanos (LUI; MOLINA, 2009). Entretanto, pesquisas arqueológicas mostram ocupações humanas diversificadas, incluindo alguns dos primeiros caçadores-coletores e agricultores incipientes até agora conhecidos no novo mundo, culminando no período pré-histórico tardio em sociedades indígenas populosas complexas (KERN; KAMPF, 2005). Com isso, poucos ambientes terrestres não passaram por algum nível de interferência antrópica (BALÉE, 1998).

A ideia de enxergar a Amazônia como um uma floresta virgem não mais existe, pois há registros de construções como terraplanagens complexas (PÄRSSINEN et al, 2009), geoglifos (SCHAAN, 2009), pinturas encontradas em locais com elevada altitude, como na Caverna da Pedra Pintada, em Monte Alegre (ROOSEVELT et al., 1996) além é claro da modificação dos solos, o foco deste estudo (GLASER; WOODS, 2004; NEVES; PETERSEN, 2006; McMICHAEL et al, 2014). Todas estas formações e interferências revelam a influência destes povos no ambiente amazônico. Kern et al. (2002) relataram evidências de modificações nas características originais em solos da planície costeira do Estado do Pará, identificando horizontes A antrópicos, decorrentes da ocupação por grupos pré-históricos de coletores-pescadores ceramistas.

As populações pré-históricas tiveram papel primordial na formação de determinadas paisagens e seus efeitos passados contribuem para os padrões da paisagem atual (DENEVAN, 1992). Dessa forma, os povos pré-colombianos que habitaram a Amazônia há milhares de anos influenciaram seu habitat tanto com relação a vegetação e principalmente na alteração dos solos, atualmente considerados antrópicos. Há relatos de que estes povos não tiveram a intenção de formar as TPAs como afirma Kern e Kämpf (1989) sobre a hipótese baseada em um conjunto de evidências pedológicas e arqueológicas, sugerindo que teriam sido formadas, não intencionalmente, pelo homem pré-colombiano.

De forma geral quando pessoas tendem a habitar um local elas transferem para ele características daquele povo, alterando suas imediações, de forma similar também ocorreu com os povos pré-colombianos, ou seja, acabaram por selecionar espécies de interesse (KERN; KAMPF, 2005) que faziam parte da dieta alimentar, planto-as cada vez mais próximo, consideradas por Levis et al (2017) como domesticadas e hiperdominantes na Amazônia, como por exemplo, *Bertholletia excelsa*, *Inga ynga*, *Pourouma cecropiifolia*, *Pouteria caimito*, e *Theobroma cacao* e depositar materiais e resquícios da alimentação utilizados no dia a dia.

A influência nos solos ocorreu tanto através da formação das TPAs como de Concheiros (Sambaquis da Amazônia), Geoglifos, dentre outras alterações que por muito tempo permaneceram escondidas. Em parte o desmatamento das florestas fez com que muitas dessas formações fossem descobertas, outras foram melhor exploradas através de prospecções de pesquisadores ao longo da Amazônia (ROSTAIN, 2017) apesar de muitas áreas serem de difícil acesso.

Neste estudo a ênfase é dada para os sítios arqueológicos contendo TPAs e Sambaquis. No caso específico das TPAs os sítios são identificados através de características distintas com relação as áreas circunvizinhas, chamadas também de adjacentes, por exemplo, além da superioridade com relação a fertilidade proveniente da ocupação sucessiva e consumo de alimentos orgânicos (vegetais e animais) outras características visíveis são importantes para identificar a ocorrência ou não de TPA, são elas: a presença de fragmentos cerâmicos e artefatos líticos restos de fauna e flora, bem como com padrões diferentes da vegetação. Então, além de unicamente TPA ocorrem outras influências antrópicas no solo, como os sambaquis, na forma de construções visíveis na superfície do terreno (KERN; KAMPF, 2005) proveniente em sua maioria de conchas de moluscos.

1.1.1 As Terras Pretas: Resiliência, Atributos Físico-químicos e Estruturais.

Como visto anteriormente, muitos conceitos ajustam a definição de TPA, destacando características principais, a fertilidade, a presença de artefatos líticos, cerâmicos e colocação escura. Ou enfatizando a presença de um horizonte antrópico A, de cor escura e com alto teor de matéria orgânica (SILVA et al, 2017).

Os primeiros registros sobre estes solos começaram de fato e serem feitos na Amazônia nas últimas décadas do século XIX por cientistas estrangeiros. O geólogo Frederick Hartt e o naturalista Herbert Smith descreveram áreas de TPA sendo cultivadas pelos habitantes locais (SMITH, 1879; HARTT, 1885). Por via destes estudiosos surgiu a hipótese de que estes sítios haviam sido resultado da ocupação e permanência de povos indígenas em assentamentos, pois observaram principalmente a ocorrência de muitos fragmentos cerâmicos e o forte contraste com as áreas circunvizinhas. Entretanto, outras hipóteses foram também levantadas por outros cientistas ao longo do tempo de que a formação teria ocorrido pela acumulação natural de materiais orgânicos e/ou de material de origem fóssil e/ou vulcânico (ARROYO-KALIN, 2017).

A distribuição geográfica destes solos de acordo com German (2003), ocorrem em manchas descontínuas por toda a Amazônia, estando normalmente associadas a cursos d'água ou em áreas com posição topográfica que permita boa visualização espacial. A fertilidade destas áreas é observada pelos habitantes das comunidades onde estão inseridas e faz com que elas sejam utilizadas como substrato para a agricultura de subsistência empregando o corte e queima e até mesmo para a monocultura (FRASER et al, 2011). Muitos sítios arqueológicos estão inseridos em comunidades, a exemplo dos sítios arqueológicos encontrados em Barcarena e Abaetetuba (PA) (SILVEIRA; MARQUES, 2004), entretanto vale ressaltar que estes locais são patrimônios nacionais e devem ser preservados.

No Estado do Amazonas algumas áreas contam com diversos cultivos e até mesmo submetidas a práticas de manejo convencionais (SILVA et al., 2016b; CUNHA et., 2017), e mesmo assim, a resiliência apresentada por estes solos é superior quando analisados aspectos da qualidade estrutural, se comparados a áreas adjacentes. Neste sentido, assim como as características químicas, as características físicas são também destacadas quando contrastadas a qualidade dos solos comumente encontrados na região, principalmente com relação a estrutura.

Os estudos de química mostram de fato uma superioridade da qualidade do ponto de vista da fertilidade, pois de forma geral as TPAs apresentam pH mais básico, maior capacidade de troca de cátions, alta saturação por bases, altas concentrações de Ca, Mg, P, K, Cu, Mg, Es. Zn e Carbono (GLASER; BIRK, 2011).

A resiliência ocorrente nestas áreas é em função da matéria orgânica (MO) existente e de como ela resistiu por tanto tempo e em condições de clima e pluviosidade locais. As TPA's passaram por um longo processo de formação com influência externa do ambiente como clima e vegetação, atuando como agentes controladores do meio. Segundo Silva et al (2016a) as mudanças na cobertura vegetal e as transformações do ambiente alteram a dinâmica natural do carbono no solo.

Além da adição de MO proveniente de restos vegetais e animais a adição de material vegetal carbonizado é levantada por Lima et al. (2002) afirmando que as TPAs se localizam em antigos assentamentos e que seus solos contêm artefatos culturais, de coloração escura, devido ao material orgânico decomposto e, em parte, na forma de carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo.

A formação das TPAs envolve etapas complexas envolvendo processos químicos, físicos e biológicos, ocorrendo em três etapas de acordo com Glaser (2007), formação e incorporação do carvão pirogênico (CORRÊA, 2007), com estruturas moleculares de grupos aromáticos pouco reativos e colabora com a fertilidade do solo; incorporação de nutrientes por excrementos humanos e animais, cinzas, resíduos de combustão incompleta e carvão, biomassa de plantas aquáticas e terrestres; e ação dos microrganismos, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, atuando na decomposição da matéria orgânica e imobilização de nutrientes do solo, evitando dessa forma perdas por lixiviação.

1.1.2 Os Sambaquis: Uma Herança Singular

Os sambaquis, vestígios marcantes das ocupações humanas pré-colombianas (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2016) são encontrados ao longo de toda a costa brasileira, mas estão igualmente presentes na costa atlântica da Amazônia e em grandes rios do interior (ROSTAIN, 2017). E de acordo com as definições encontradas na literatura são essencialmente sítios arqueológicos, cuja composição é predominante de conchas (LANGER, 2001). A origem do nome sambaqui é indígena derivando do Tupi Grarani: *Tambá* = conchas e *Qui* = monte, tendo como sinônimos Sernambi, casqueiro, concheiro e ostreiro (SOUZA, 1997).

A exemplo dos que ocorrem na costa leste brasileira, com mais de 80% da composição por conchas de bivalves (TEIXEIRA et al., 2012), entretanto, além das conchas também são encontrados em sua composição ossos de peixes e de mamíferos, sepultamentos de seres humanos (GASPAR, 2008). Estudos mais recentes definem a composição constituída por restos de fauna (conchas, ossos, matéria orgânica), em que os vestígios e resíduos humanos estão dispersos incluindo artefatos (líticos, feitos pelos ossos) (CORRÊA et al., 2013).

Estudos de Gaspar e De Blasis (1992) sobre Sambaquis da costa brasileira acreditam que estas formações na verdade são construções intencionais, atuando como marcadores territoriais, sobretudo naquelas que apresentam altura elevada de até 30 m (FISH et al., 2000).

Como visto os Sambaqui apresentam características distintas com relação as TPAs, pois os eles são formados essencialmente por restos faunísticos. Segundo Gaspar (1999) as especificidades são principalmente com relação a composição, pois estes possuem muitos vestígios da alimentação humana, sendo também local de sepultamento, além de conter fragmentos líticos (SIMÕES, 1981) e cerâmicos.

Há grande diversidade de sítios arqueológicos contendo Sambaqui no Estado do Pará, muito embora os estudos com terra Preta sejam mais difundidos. Estudos realizados por pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) desde a década de 1960, através do Projeto Salgado, registraram mais de 46 sambaquis (CORRÊA, 1985; CORRÊA; SIMÕES, 1971; SIMÕES, 1981) após uma retomada em pesquisas anteriores localizados no litoral, iniciada por pesquisadores estrangeiros entre o fim do século XIX e início de século XX na região litorânea Bragantina (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2016). Além de sambaquis descritos e registrados em outras regiões do Estado como o Baixo Tocantins, próximos a Cametá, no Baixo Amazonas, próximos a Óbidos (FERREIRA PENNA, 1973), Santarém com o sambaqui Taperinha (1885).

Estes sítios apresentam uma característica relevante, a presença de material cerâmico do topo até a base ou profundidades maiores (GASPAR; SILVEIRA 1999; MILLER, 2009; PEROTA 1992) encontrado em praticamente todos os sambaquis amazônicos já identificados (litorâneos e fluviais), seja em pequenas proporções, com antiplástico de areia, caraiapé e concha moída (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2016).

1.1.3 Associação de Sambaqui com Terra Preta Arqueológica - TPA

A variação da composição dos sítios de TPA dentro de uma mesma área é uma realidade, sobretudo pela com a presença de conchas. Foram registrados alguns casos dessas ocorrências em sítios arqueológicos no Estado do Pará, como por exemplo, o registro de Sambaquis associados a TPA a exemplo dos encontrados por Silveira & Schaan (2005) na Região do Marajó (Quadro 1) e os registrados na Floresta Nacional de Caxiuanã, por Kern (1996; 2000) nos sítios Ponta Alegre e Manduquinha. Nestes últimos a presença de conchas foi interpretada como “bolsões”, ou seja, sugere que as conchas do sítio Manduquinha tenham sido depositadas reservadamente em um local específico (LIMA et al., 2018), o que já sinalizava a presença de mais formações contendo material semelhante na área da Flona de Caxiuanã.

Dessa forma, estudar as diversas modificações desse material e a associação ao Sambaqui no processo de formação é relevante para compreender os efeitos na qualidade destes solos antrópicos, levantando a necessidade de analisar mais informações que possam agregar aos estudos arqueológicos e da ciência do solo, tanto com relação à características físico-químicas e estruturais, como no sentido de contribuir para a inclusão de especificidades nos níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS.

Quadro 1: Registro de Sítios Arqueológicos com formações de Terra Preta Arqueológica e Sambaqui no Estado do Pará, Região do Marajó.

Sítio Arqueológico	Município	Características
PA-JO-67:Bacabal	Cachoeira do Arari	Superfície apresentando fragmentos de conchas e cerâmica, misturados à terra preta arqueológica
PA-JO-58:Araçacar	Curralinho	Apresenta terra preta e carapaças de moluscos (gastrópodes e bivalves) em grande quantidade já em superfície, além de fragmentos de cerâmica com antiplástico de conchas
PA-GU-15:Cacoal	Melgaço	Sambaqui fluvial onde foi encontrado além de carapaças de moluscos (gastrópodes e bivalves) misturadas ao solo de terra preta, fragmentos de cerâmica indígena e material do período histórico, tais como cerâmica industrial e faiança.

Fonte: Silveira & Shaan (2005) Adaptado pela autora.

Os sítios descritos acima assemelham-se a condição dos objetos de estudo deste trabalho, os sítios PA-GU-06: IBAMA e PA-GU-06: FORTE, localizados no município de Melgaço, PA.

1.2 PEDOARQUEOLOGIA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ

1.2.1 Aspectos Ambientais da área de estudo

A Floresta Nacional de Caxiuanã (Flona Caxiuanã) está situada no Estado do Pará a 400 km da capital Belém, lado oeste da Baía de Caxiuanã (Figura 3), nos municípios de Portel e Melgaço. A preservação da área possibilita o estudo da biodiversidade local, assim como levantamentos arqueológicos com o intuito de entender os processos de ocupação por povos antigos. Existem vários sítios arqueológicos as margens da baía que vem ao longo do tempo explorados em estudos de arqueologia e ciência do solo, principalmente.

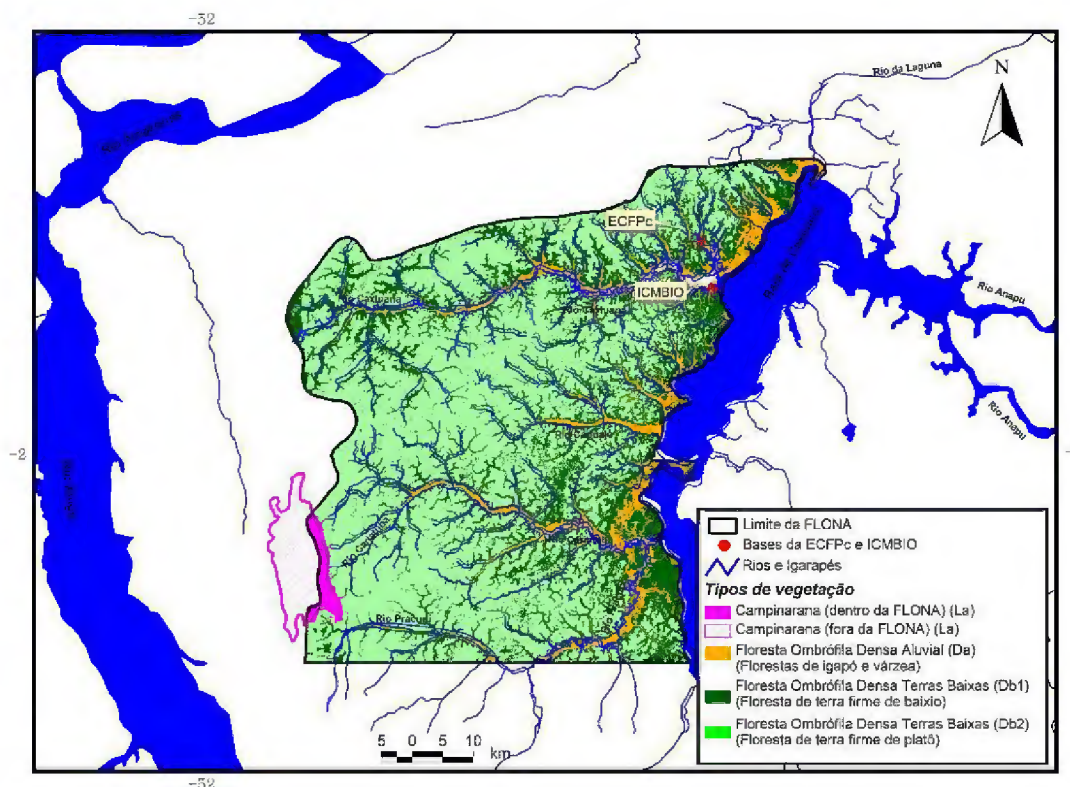
A responsabilidade sobre as Florestas Nacionais é do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, vinculado ao Ministério de Meio Ambiente. A base do ICMBio está localizada às margens da baía de Caxiuanã. No interior da Flona também está situada a base física da Estação Científica Ferreira Pena – ECFPn, ocupando uma área de 33.000 ha, cedida ao Museu Paraense Emílio Goeldi, atuando como base de apoio a uma gama de pesquisas desenvolvidas na região, além de promover atividades socioeducativas com as comunidades com o objetivo de valorizar a biodiversidade e cultura local.

A descrição das classes de solos ocorrentes na Flona pode ser associada a um tipo de vegetação. De um total de aproximadamente 322.400 há. A maioria da Flona é composta por Latossolos (96,2%) com variabilidade espacial na composição granulométrica, com elevado nível de drenagem (mesmo os de classe textural mais argilosa) e baixa fertilidade natural, cuja principal cobertura vegetal é a floresta ombrófila densa de terras baixas, localmente denominadas de floresta de terra firme. Pequenas manchas de Neossolos (2,2%) de textura arenosa e excessivamente drenados, localizados na porção sudoeste que tendem a ter como cobertura vegetal predominante as campinaranas e uma pequena mancha de Gleissolos (0,3%) localizados na porção nordeste da Flona, tendo como principal cobertura vegetal as florestas alagadas; típico de áreas permanente ou periodicamente saturadas por água, estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo (BRASIL, 2012).

Estudos mais recentes baseados na discussão acerca do subestimativa da vegetação proposta pelo Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira que considerava a vegetação da Flona sendo 99% de Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, 0,2% Floresta Ombrófila Densa Aluvial e 0,7 % Campinarana. Foram realizadas análises utilizando duas bases de dados: Imagem de radar produzida pelo Sistema de Proteção da

Amazônia (SIPAM) e Mapa de altitude denominado Modelo Digital de Relevo (STRM) da NASA (Figura 3), considerando 30,1 % de Floresta ombrófila densa de terras baixas - (região de baixios), 60,1% Floresta ombrófila densa de terras baixas- (região de platôs), 8,7% Floresta ombrófila densa aluvial e 1,1% Campinarana.

Figura 3: Distribuição da vegetação da Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).



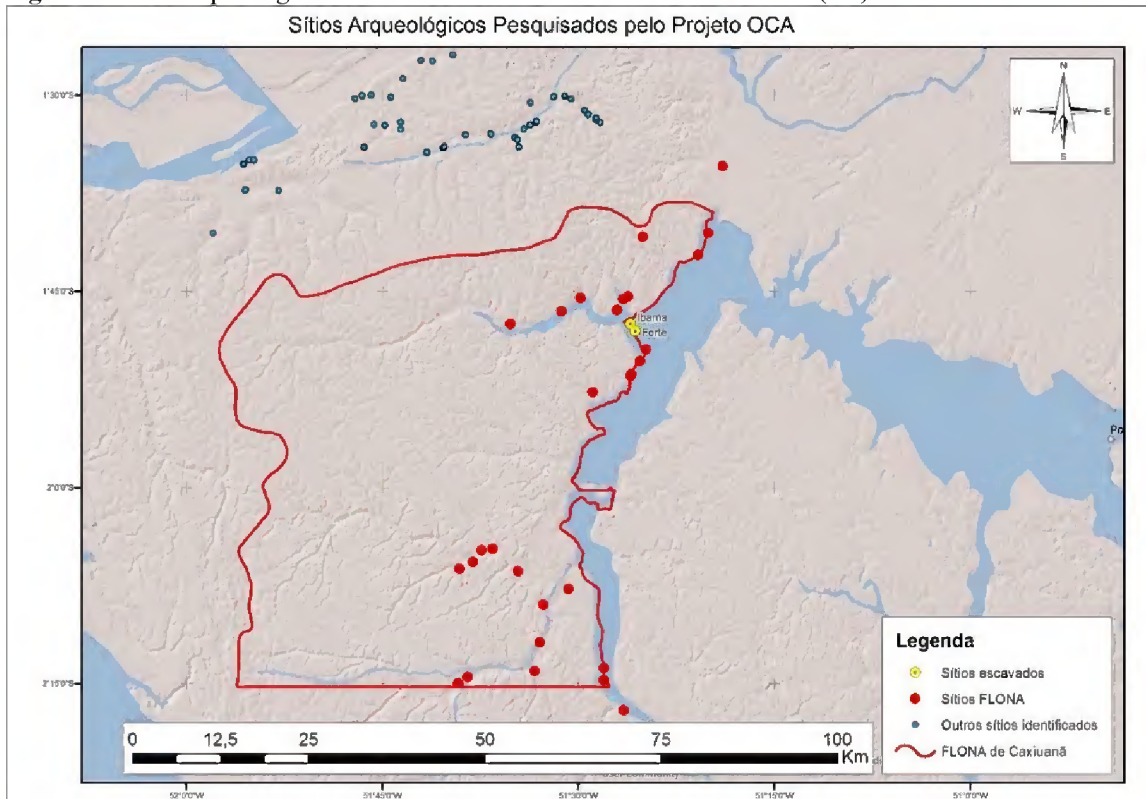
Fonte: Diagnóstico da Vegetação da Floresta Nacional de Caxiuanã – ICMBio. (FERREIRA et al., 2012).

A área é caracterizada por um relevo plano e a precipitação média anual é elevada, em torno de 2.272 ± 193 mm, e na estação seca 555 ± 116 mm de chuva (SILVA JÚNIOR, 2012). O clima da FLONA de Caxiuanã, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo tropical quente e úmido e subtipo climático "Am" com curta estação seca de agosto a novembro (OLIVEIRA, 2008). Já a temperatura média do ar é em torno de $26,7$ °C, com mínimos de 22 °C e máximos 32 °C (FERREIRA DA COSTA et al., 2003). A direção do vento predominante é de nordeste e umidade relativa do ar média anual situa-se em torno de 80% e a predominância da direção do vento é de NE (MORAES et al., 1997).

O estudo em torno dos sítios arqueológicos na Flona vem sendo explorado, principalmente em pesquisas vinculadas ao MPEG. Os registros de sítios estudados dentro e nas proximidades da Flona (Figura 2) representam grande avanço nas pesquisas

desenvolvidas na Amazônia, tendo como destaque atualmente os analisados nesta pesquisa os sítios Ibama e Forte.

Figura 2: Sítios Arqueológicos estudados na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).



Fonte: ICMBio, Museu Paraense Emílio Goeldi, Projeto OCA, Schaan e Martins 2010 e sensor SAR-C (Sentinel Sat, 21/01/2016). Autoria: Bruno Moraes, 2017.

1.2.2 Os Sítios Arqueológicos Ibama e Forte

Os sítios arqueológicos Forte e Ibama vêm sendo estudados pelo Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) desde 2016 através da colaboração entre a Coordenação de Ciências Humanas do MPEG, a Middle Tennessee State University (MSTU), a Universidade Nacional de Seul e Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA através do Projeto Origens, Cultura e Ambiente (OCA), coordenado pela Dra. Helena Lima com o objetivo de estabelecer um sítio-escola de arqueologia para estudantes brasileiros e internacionais afim de participar de pesquisas arqueológicas e pedológicas conduzidas por uma equipe de pesquisadores, pois compreender as origens, os costumes e a adaptabilidade ao ambiente dos povos pré-colombianos exigem esforço multidisciplinar (VASCONCELOS et al., 2013).

As primeiras intervenções realizadas no sítio, com caráter exploratório, foram as tradagens (Figura 1 e 2), as quais foram escavadas com trado de copo manual, em duas

linhas em sentido Norte-Sul e quatro em sentido Leste-Oeste, totalizando cinquenta perfurações (LIMA et al., 2018).

Para este estudo foram selecionados os sítios PA-GU-06: IBAMA (1°47'30.30"S, 51°25'60.00"W) e PA-GU-07: FORTE (1°48'2.60"S, 51°25'38.90"W) e áreas adjacentes localizados na base do ICMBio (1°47'32.90"S, 51°26'1.53"W), as margens da Baía de Caxiuanã, município de Melgaço-PA, tendo como base de apoio a Estação Científica Ferreira Pena do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Os sítios pesquisados se mostram promissores e desafiam o conhecimento sobre a ocupação humana da baixa Amazônia em tempos antigos. Ambos os sítios estão localizados na área do ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. O sítio Forte apresenta verdadeiros concheiros - plataformas construídas pelo empilhamento de conchas, de cerâmicas, camadas e de terra preta. As cerâmicas encontradas sugerem conexão cultural destes povos construtores com povos das Guianas (LIMA, 2016).

O solo das áreas é constituído predominantemente, por Latossolo Amarelo, ocorrendo Planossolo e Gleissolo pouco húmico nas porções mais baixas (KERN; COSTA, 1997). Os sítios estudados estão localizados próximos a margem da Baía de Caxiuanã, sob vegetação de gramíneas no sítio Ibama e floresta no sítio Forte, entretanto as coletas nos sítios seguiram até a profundidade superiores à do horizonte A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROYO-KALIN, M. Las tierras antrópicas amazónicas: algo más que un puñado de tierra. In: In: ROSTAIN, S.; BETANCOURT, C. J. **Las siete maravillas de la Amazonía precolombina**. La Paz - Bolivia, Plural editores, 2017.

BRASIL. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. Link: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonia/1928-flona-de-caxiuana>. 2012

CORRÊA, G.R. **Caracterização pedológica de arqueooantropossolos no Brasil: Sambaquis da Região dos Lagos (RJ) e Terras pretas de índio na região do baixo rio Negro/ Solimões (AM)**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 115p. (Dissertação de Mestrado)

DENEVAN, W. M. The pristine myth: the landscape of the Americas in 1492. **Annals of the Association of American Geographers** 82:369-385. 1992.

DENEVAN, W.M. **Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes**. Oxford, Oxford University Press, 2001. 396p.

FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaí (*Carica papaya* L.). **acta amazônica**. vol. 36(4) 2006: 401 – 406.

FALCÃO, N.P.S.; CARVALHO, E.J.M. & COMERFORD, N. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ARQUEOLOGIA BRASILEIRA, 11., Rio de Janeiro, 2001. Grupo de trabalho: Terras pretas arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte. **Anais**. Rio de Janeiro, 2001. 2p.

FERREIRA DA COSTA, R.; COSTA, A.C.L. DA; MEIR, P.; MALHI, Y. ; BRAGA, A.P.; GONÇALVES, P.H.L.; SILVA JUNIOR, J.A.; SOTTA, E.D.; VALE, R.L.; GRACE, J.; FISHER, R.A. Projeto LBA/ESECAFLOR em Caxiuanã: características, atividades e resultados. In: **Seminário de 10 anos de atividades da Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará**. Belém, 2003.

FERREIRA, L. V.; SILVA, A. S. L.; ALMEIDA, S. S. **Diagnóstico da Vegetação da Floresta Nacional de Caxiuanã** – ICMBio, 2012.

GASPAR, M.D. **Os ocupantes pre-historicos do litoral brasileiro**. M.C. Tenorio (Org.) Pre história da Terra Brasilis. Rio de Janeiro:Editora UFRJ, 1999.

GASPAR, M.D.; DE BLASIS, P. Construção de sambaquis. **Anais da VI Reuniao Cientifica da Sociedade de Arqueologia Brasileira**, Rio de Janeiro (2):811-820. 1992

GLASER B.; WOODS, W. I. Amazonian dark earths: explorations in space and time. Berlin, Germany: **Springer**, 2004.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Phil. Trans. R. Soc. B.**, 362:187-196, 2007.

GLASER, B., BIRK, J. J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). **Geochim. Cosmochim. Acta**, doi:10.1016/j.gca.2010.11.029. 2011

KAMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. **Tópicos Ci. Solo**, 4:277-320, 2005.

KERN, D. C., & KÄMPF, N. Ação antrópica e pedogênese em solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira, Pará. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Ciências Naturais**, 1(2), 187–201. 2005.

KERN, D.C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológicas na região de Oriximiná – PA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.219-225, 1989.

KERN, DIRSE C. Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pa). **Tese (Doutorado)** - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, DIRSE C. Projeto: Estudos Geoarqueológicos na Estação Científica Ferreira Penna, Região de Caxiuanã – PA. MPEG, 2000. (**Relatório de Atividades**).

LEVIS et al. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. **Science** 355, 925–931, 2017.

LIMA, H. P.; MORAES, B. M.; MARIANO, M.; BARRETO, C.N.; MC DANIEL, K.S.; SILVA, A.B.; CUNHA, C. “**Pesquisas Arqueológicas na Floresta Nacional de Caxiuanã: 2016-2018**”. Relatório de atividades. MPEG-IPHAN. Processo n.º 01492.000340/2015-01. Belém, abr. 2018

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

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. *Amazônica - Revista de Antropologia*, v. 1, n. 1, 2009.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; CORRÊA M. M.; MARTINS, G. C.; TORRADO, P. V. Pedogenetic processes in anthrosols with pre-Columbian horizon (Amazonian Dark Earth) in Central Amazon, Brazil. **PLoS One** 12(5): e0178038, 2017.

McCANN, J.M. Before 1492: The making of the pre-Columbian Landscape. Part I: The environment. **Ecol. Rest.**, 17:15-30, 1999a.

McCANN, J.M. Before 1492: The making of the pre-Columbian Landscape. Part II: The vegetation, and implications for restoration for 2000 and beyond. **Ecol. Rest.**, 17:107-119, 1999b.

MCMICHAEL, C. H., M. W.; PALACE, M. B.; BUSH, B.; BRASWELL, S.; HAGEN, E. G. NEVES, M.; R. SILMAN, E.; K. TAMANAHA.; C. CZARNECKI. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. **Proc. R. Soc. B** 281: 20132475. 2014.

MORAES, J.C.; COSTA, J.P.R.; ROCHA, E.J.P. E SILVA, I.M.O. **Estudos Hidrometeorológicos na Bacia do Rio Caxiuanã**. In: Lisboa, P. L. B. (Org). Caxiuanã Cnpq/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p.85-95, 1997.

NEVES E.; PETERSEN J. Political economy and pre-Columbian landscape transformation in central Amazonia. In *Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands* (eds W Balee, CL Erickson), pp. 279–310. New York, NY: **Columbia University Press**, 2006.

PÄRSSINEN, M.; SCHAAN, D.; RANZI, A. 2009 Pre- Columbian geometric earthworks in the upper Puru’s: a complex society in western Amazonia. **Antiquity** 83, 1084–1095.

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.

PROUS, A. **Arqueologia brasileira**. Brasília: Editora UNB, 1992.

ROOSEVELT, A. C.; COSTA, M. Lima da; MACHADO, C. L.; MICHAEL, M.; MERCIER, N.; VALLADAS, H.; FEATHERS, J.; BARNETT, W.; SILVEIRA, M. IMAZIO da; HENDERSON, A., SILVA, J.; CHERNOFF, B.; REESE, D. S.; HOLMAN, J. A.; TOTH, N.; SCHICK, K. Paleoindian Cave Dwellers in the Amazon: The Peopling of America. **Science**, New York, vol. 272, Ed. 5260, p. 372-384, 19 Apr. 1996.

ROOSEVELT, A.C. Arqueologia Amazônica. In: CUNHA, M.C., org. **História dos índios no Brasil**. São Paulo, Cia. das Letras, 2002. p.53-86.

ROOSEVELT, A.C. The Lower Amazon: A dynamic human habitat. In: LENTZ, D.L., ed. **Imperfect Balance: Landscape transformations in the precolumbian Americas**. New York, **Columbia University Press**, 2000. p.455-491.

ROSTAIN, S. Las siete maravillas de la Amazonía precolombina. Cuando naturaleza y cultura se juntam. In: ROSTAIN, S.; BETANCOURT, C. J. **Las siete maravillas de la Amazonía precolombina**. La Paz - Bolivia, Plural editores, 2017.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Comunicado Técnico 184**. ISSN 1679-0472. Dourados, MS. Dezembro 2012.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIM, A. C.; SILVA, D. M. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; FRANÇA, A. B. C. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do estado do Amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:825-836, 2013.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. M. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; FRANÇA, A. B. C. Caracterização de Terras Pretas Arqueológicas no Sul do Estado do Amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:825-836, 2013.

SCHAAN, D. P. **A Amazônia em 1491. Especiaria - Cadernos de Ciências Humanas**. vs. 11 e 12, ns. 20 e 21, jul./dez. 2008 e jan./jun. 2009, p. 55-82.

SILVA, D. M. P.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; CUNHA, J. M.; PAULA NETO, P. Variação espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau. **Rev. Bras. De Agroecologia**, Pelotas. 11(3): 179-187 2016.

SILVA, L. F. D.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, A. F. L.; PANTOJA, J. C. M.; SOARES, M. D. R. MANTOVANELLI, B. C. Variabilidade espacial de agregados e estoque de carbono em solos antropogênicos sob floresta nativa. **Nativa**, Sinop, v.5, esp., p.540-547, dez. 2017.

SILVEIRA, M. I.; SHAAN, D. P. Onde a Amazônia encontra o mar: estudando os sambaquis do Pará. **Revista de Arqueologia**, 18: 67-79, 2005.

SIMÕES, M.F. Coletores-pescadores ceramistas do litoral do Salgado (Pará). **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Antrop.**, 78:1-26, 1981.

TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C. MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. (EDS). As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Edua/**EMBRAPA**. 420 p. 2010

Atributos morfológicos, físicos e químicos de terra preta arqueológica e sambaqui associados na Amazônia¹

RESUMO

A ocorrência de solos antrópicos na Amazônia é bastante conhecida, sobretudo pela alta densidade de sítios arqueológicos contendo Terra Preta Arqueológica - TPA. Entretanto, outra formação ocorre com bastante densidade, os Sambaquis. Estudos arqueológicos têm apontado para a ocorrência de formações em que há a presença destas duas formações em uma mesma área, objeto deste estudo. O objetivo deste estudo é investigar os atributos de Antropossolos em associação, TPA e Sambaqui, em dois sítios arqueológicos na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA. Os Antropossolos associados possuem estruturas monticulares com adição de materiais culturais semelhantes nos dois sítios. O pH nos antropossolos associados foi elevado, semelhante aos de sambaqui, e interferindo negativamente na disponibilidade de nutrientes como P, K e Mg nas escavações 1 e 2 do sítio Forte e escavação 2 do sítio Ibama. Os teores de carbono foram superiores nas profundidades superficiais, onde há camada de TPA definida em ambos os sítios, sendo os mais elevados no sítio Ibama, pois no sítio Forte a partir de 10 cm de profundidade as conchas são praticamente predominantes

Palavras-chave: Solos antrópicos, Terra Preta Arqueológica, Sambaqui.

ABSTRACT

The occurrence of anthropic soils in the Amazon is well known, mainly due to the high density of archaeological sites containing Archaeological Dark Earths (ADE). However, another formation occurs with considerable density, the Shell middens. Archaeological studies have pointed to the occurrence of formations in which there is the presence of these two formations in the same area, object of this study. The objective of this study is to investigate the attributes of Antropossolos in association, ADE and Shell middens, in two archaeological sites in the National Forest of Caxiuanã - PA. The associated Anthroposols have monticular structures with the addition of similar cultural materials at both sites. The pH in the associated antroposols was high, similar to those of sambaqui, and negatively interfering in the availability of nutrients such as P, K and Mg in excavations 1 and 2 of the Forte site and excavation 2 of the Ibama site. The carbon contents were higher at the superficial depths, where there is a TPA layer defined in both sites, being the highest in the Ibama site, because in the Fort site from 10 cm deep the shells are practically predominant

Keywords: Antropic Soil, Amazonian and fertility.

1. Introdução

Os solos antrópicos, também chamados antrossolos ou antropossolos, descritos pelo sistema mundial de classificação *World Reference Base* são assim definidos por apresentarem horizontes denominados antrópicos (Teixeira and Lima, 2016). No território brasileiro existem três principais grupos, as Terras Pretas Arqueológicas e Mulatas, Sambaquis e solos sob abrigos calcários (Vasconcelos et al., 2013).

Na Amazônia especificamente, existe expressiva presença tanto de Terras Pretas, denominadas Arqueológicas ou Antropogênicas (TPA's) (Kern et al., 2009), e Mulatas quanto de Sambaquis, tendo especificidades quanto ao local de ocorrência, pois

¹ Este artigo segue as normas de apresentação da Quaternary International

localizam-se sob classes de solos distintas, além da variação quanto ao tipo e quantidade de material adicionado ao horizonte antrópico, por isso, não se pode generalizar as informações obtidas como representativas para as TPA's, pois as combinações frente aos fatores de formação podem ser diversos.

As TPA's estão presentes em uma variedade de classes de solos e paisagens com dimensões que variam de um hectare a vários quilômetros quadrados (Souza et al., 2016), sendo caracterizadas por apresentar horizonte superficial antrópico de coloração escura, alta fertilidade, presença de artefatos arqueológicos (Costa et al., 2013), alta matéria orgânica (MO) e presença de carvão (Kern et al., 2017), sendo a hipótese mais aceita quanto a formação o manejo de resíduos orgânicos em lixeiras em um contexto de habitação como, registrado por (Schmidt, 2016) na região do Alto Xingu.

Outro solo antrópico de ocorrência no Brasil são os Sambaquis, tanto em contexto fluvial quanto costeiro, sendo também encontrados em diversas regiões litorâneas e bacias hidrográficas da América, África, Europa, Ásia e Austrália (Fonseca e Silva, 2017). Em contexto amazônico são caracterizados por apresentarem depósitos com grande quantidade de carapaças de moluscos, carvão, ossos faunísticos, líticos e fragmentos de cerâmica (Roosevelt et al., 1991; (Silveira e Schaan, 2010). Em pesquisas realizadas no Estado do Pará constatou-se a localização em ambientes diversos, como praias, campos salinos, florestas, dunas, mangues, lagos, rios e igarapés (Ferreira Penna, 1876) estando relacionados a dieta dos sambaquieiros, baseada na exploração de recursos aquáticos (Simões, 1981).

As pesquisas com solos antrópicos na Amazônia têm avançado principalmente em torno da investigação arqueológica e pedológica, e direcionadas as TPA's. Enquanto que os estudos com Sambaquis têm avançado principalmente sob o cunho arqueológico, diferente da costa leste brasileira que tem estudado as características pedológicas (Corrêa et al., 2011; Teixeira et al., 2012; Corrêa et al., 2013; Gernet et al., 2014), sobretudo com relação a gênese e características físico-químicas destes solos.

A existência de sítios arqueológicos na Amazônia, a exemplo dos encontrados por (Silveira e Schaan, 2005) na região do Marajó com ocorrência dessas duas formações em um mesmo sítio arqueológico e os registrados na Floresta Nacional de Caxiuanã, por Kern (1996) sinalizando a presença de bolsões de conchas em TPA traz à tona o fato de ambos ocorrerem conjuntamente. A associação destas formações foi observada na Floresta Nacional de Caxiuanã, levantando a necessidade de se estudar as características pedológicas destes solos frente aos estudos existentes sobre TPA na Amazônia.

Procurar entender o processo de formação, a disposição das faces no perfil em decorrência dos materiais adicionados ao horizonte antrópico, forma dos sítios e características físico-químicas desta associação são importantes para disponibilizar novas informações acerca dos antropossolos na Amazônia, visto que aspectos intrínsecos como a presença de conchas em TPA pode alterar expressivamente o pH e conseqüentemente a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente Ca, Mg, K e P. Assim, o objetivo deste estudo é investigar os atributos de Antropossolos em associação, TPA e Sambaqui, em dois sítios arqueológicos na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Foram avaliadas duas associações de Sambaqui e Terra Preta Arqueológica, nos sítios arqueológicos Forte (PA-GU-07) e Ibama (PA-GU-06), sob as coordenadas $1^{\circ}47'32.90''S$ e $51^{\circ}26'1.53''W$, município de Melgaço (PA) (Figura 3). A formação geológica da região de Caxiuanã é representada por sedimentos lateritizados da Formação Alter do Chão, que foram truncados no Terciário e posteriormente até o nível do horizonte caulínico (Lemos et al., 2009).

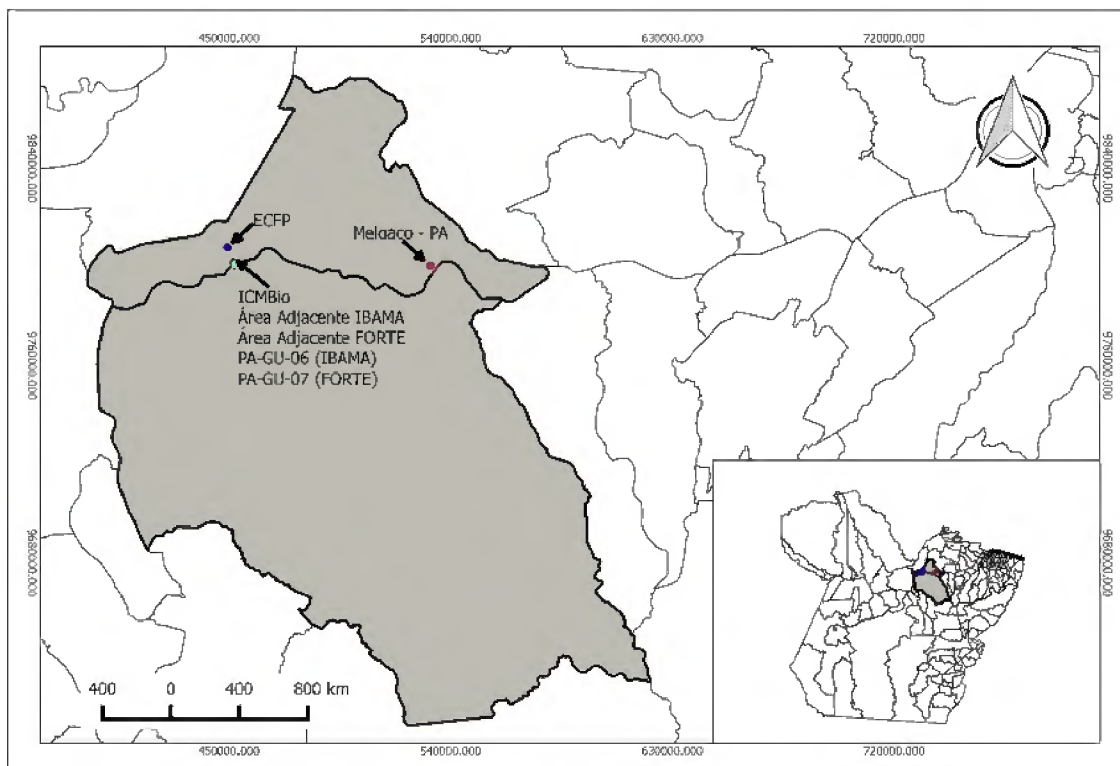


Figura 3: Localização dos Sítios Arqueológicos estudados e áreas adjacentes, Melgaço, PA

A vegetação de terra firme é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, com dossel emergente, em uma altitude de aproximadamente 0 m (Carta IBGE, 1971; Carta SUDAM/IBGE, 1989; Montag et al., 2008). Nos sítios a cobertura vegetal é distinta, sendo de floresta no Sítio Forte e gramínea no Sítio Ibama. O clima da região é tropical quente e úmido e subtipo climático "Am" de acordo com a classificação de Köppen (Pessoa Junior et al., 2012), a temperatura média do ar é em torno de 26,7 °C, com mínimas de 22 °C e máximas 32 e umidade relativa do ar média anual situa-se em torno de 80% °C (Ferreira Da Costa et al., 2003).

2.2 Caracterização morfológica e topográfica

A descrição dos perfis foi feita tomando como base as informações coletadas em campo em níveis artificiais (I, II, III, IV, V, VI e VII) a cada 10 cm nas escavações dos dois sítios arqueológicos, sendo representado em estratigrafias conforme a composição e forma dos sítios. A cor foi descrita com auxílio da Carta de Munsell.

O levantamento topográfico para buscar informações sobre a posição, forma dos sítios, local de amostragem, bem como o tamanho da área foi realizada através de georreferenciamento de um ponto inicial N1000/E1000 com receptor GNSS, posterior estabelecimento de malha de referência espacial, marcados com estação total, seguido de escavações das tradagens nos referidos pontos e distanciados comumente a cada 10 m e por fim escolha dos locais de abertura de trincheiras para a amostragem.

2.3 Amostragem

Em cada sítio foram abertas duas trincheiras de 1m², denominadas de escavação 1 e 2, seguido da seleção das faces norte e oeste do perfil para proceder a amostragem e a descrição estratigráfica. Amostras com estrutura deformada foram coletadas a cada 10 cm de profundidade na coluna de superfície como indicado nas estratigrafias (Figuras 2 e 3). As amostras foram encaminhadas ao laboratório, secas ao ar, destorroadas e em seguida passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar – (TFSA). Em seguida, procedeu-se as análises físicas e químicas.

2.3.1 Análises físicas

A análise da distribuição do tamanho das partículas foi realizada pelo método da pipeta (Gee and Bauder, 1986), com remoção de matéria orgânica com peróxido de

hidrogênio (H_2O_2) e carbonatos com ácido clorídrico (HCl), utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica lenta a 120 rpm por 16 h. A fração argila foi separada por sedimentação, a areia por tamisação e o silte calculado por diferença.

A determinação de densidade de partícula foi obtida pelo método de Blake & Hartge (1986), utilizando 10 g de solo por amostra passados em peneira de 2 mm na condição de terra fina seca ao ar e posteriormente colocados em picnômetros de 100 mL para o procedimento.

2.3.2 Análises químicas e datações radiocarbônicas

As análises químicas foram determinadas conforme metodologia da Embrapa, (1997). O pH do solo em água foi determinado na proporção 1:2,5. O potássio (K^+) e sódio (Na^+) trocáveis e fósforo (P) assimilável foram extraídos com Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama e espectrofotômetro, respectivamente. A acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol a pH 7,0 por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,0250 N. Os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e Al^{3+} foram extraídos com solução de cloreto de potássio (KCl) N e Ca^{2+} e Mg^{2+} determinadas por espectroscopia de absorção atômica. O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley Black, por oxidação úmida com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) $0,4 \text{ molL}^{-1}$.

Analisando toda a documentação de campo (fichas de escavação e coleta, cadernos de campo, fotos e croquis) foram selecionadas amostras de carvão para datação radiocarbônica.

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização morfológica e topográfica

Todos os sítios e escavações conforme contexto das escavações estão inseridos em locais mais elevados como indicado pelo levantamento topográfico (Figura 4), além de apresentarem feições arqueológicas monticulares. Além disso, apresentaram também camada superficial de TPA bem definida logo na primeira profundidade, conchas, fragmentos de cerâmica, carvão e ossos ao longo do perfil. A afirmação da ocorrência de TPA é confirmada pelas características apresentadas, como coloração negra (Campos et al., 2016), presença de horizonte A antrópico e artefatos cerâmicos (Kämpf and Kern,

2005; Campos et al., 2011) de origem pré-colombiana (Lima et al., 2002; Kern et al., 2017).

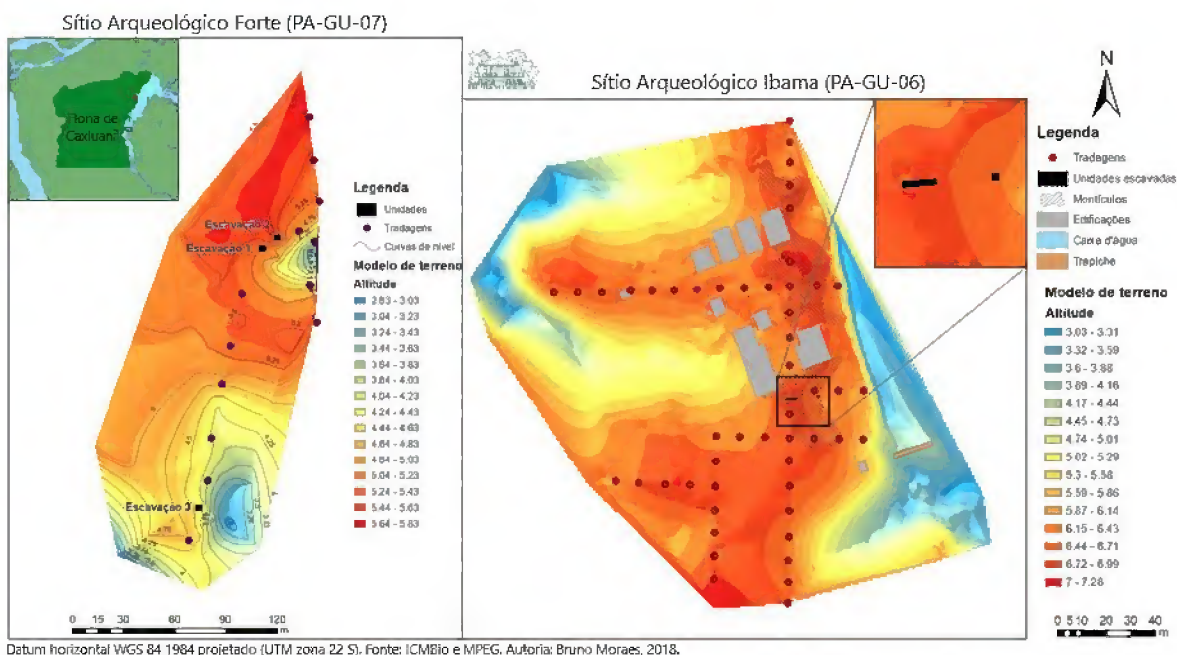


Figura 4: Mapas topográficos exemplificando a altimetria do terreno e tradagens.

A forma das faces ilustra irregularidades ocorrentes no processo de formação dos antropossolos associados (Figuras 5 e 6). Irregularidades alongadas nas faces dos perfis foram observadas em ambos os sítios, a exemplo das observadas nas duas faces escavação 1 do sítio Forte, sendo na face norte ocasionada por bioturbação e na face oeste relacionada possivelmente a perfuração de poste.

A escavação 1 do sítio Forte situada no topo da estrutura monticular, sob vegetação densa apresentou fragmentos de cerâmica e conchas aflorando em superfície. A estratigrafia revela concentração destas conchas nas duas faces da escavação 1 com espessura de aproximadamente 40 cm, a partir da primeira profundidade, sugerindo uma elevação construída para fins específicos, ou mesmo de forma habitacional.

A escavação 2 do Sítio Forte apresentou camada de TPA na coluna de superfície com aproximadamente 5 cm e logo em seguida uma camada espessa de conchas, começando a partir da primeira profundidade na coluna de superfície analisada até 50 cm, contornando-se de forma irregular no perfil, corroborando com estudos de Macedo et al., (2017), acerca da não identificação de um padrão estratigráfico em solos antrópicos.

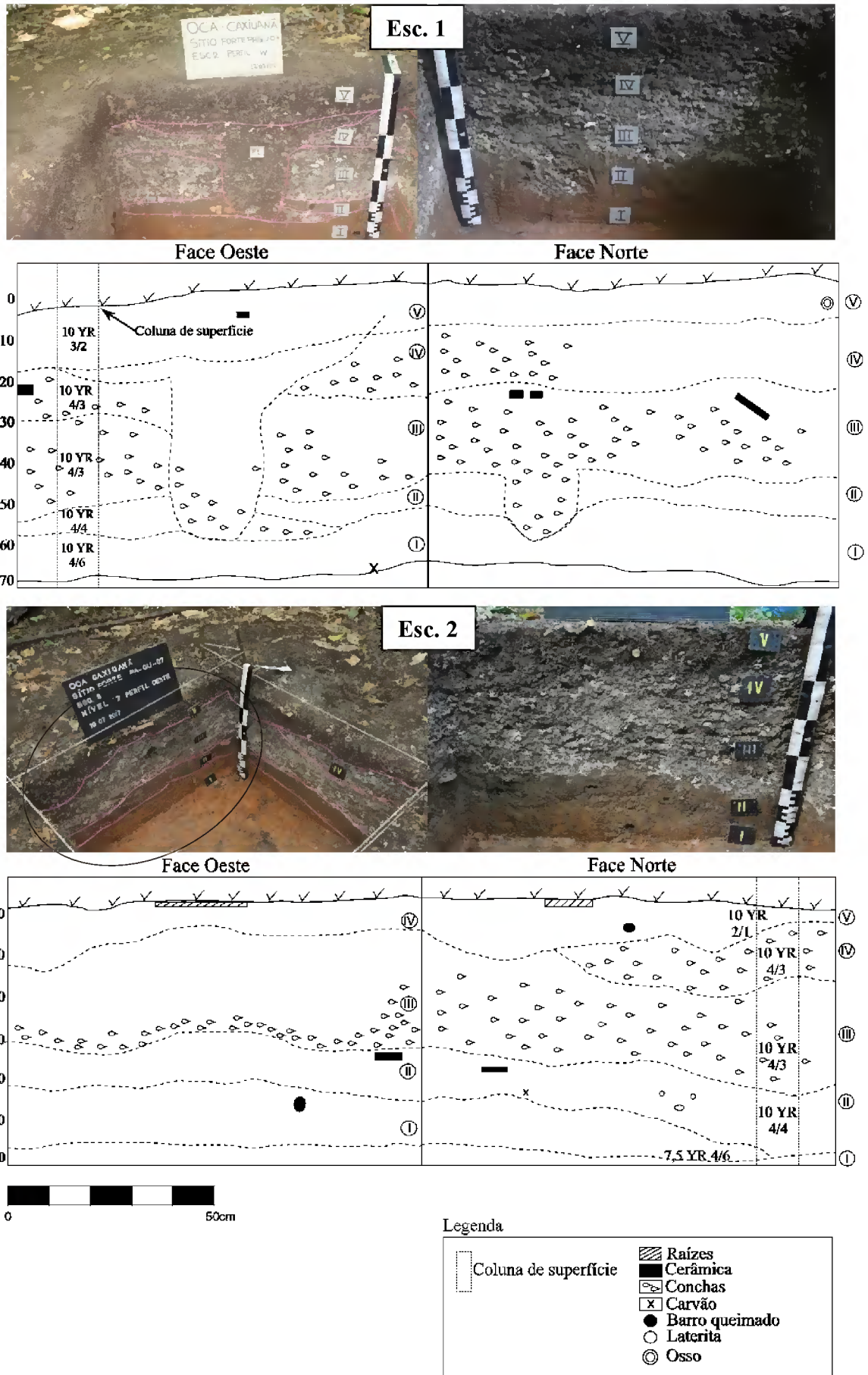


Figura 5: Perfil sítio Forte, escavações 1 e 2 com faces Oeste e Norte.

A descrição do conteúdo observado nos perfis (Tabelas 1 e 2) foi enumerada de acordo com as profundidades e níveis artificiais analisados em todas as faces, para caracterizar a ocorrência específica de materiais e distribuição ao longo do perfil

Tabela 1: Especificações de materiais encontrados nas escavações 1 e 2, nas faces do perfil do sítio Forte.

Prof. (cm)	Níveis	Descrição
Escavação 1		
0-10	V	Camada de TPA com poucos materiais culturais, são eles: cerâmicos, líticos, carvão, algumas conchas fragmentadas de bivalves e gastrópodes, ossos faunísticos, possivelmente de mamíferos grandes e quelônios.
10-20	IV	TPA em maior proporção, entretanto apresentando aumento significativo de conchas, perfurações por bioturbação por insetos ou raízes, inclusões ferruginosas nas conchas e matriz do solo, ossos faunísticos, mamíferos grandes, quelônios e aves.
20-30	III	Intensificação da presença de conchas para centro do depósito de conchas, material cerâmico de menor espessura, pedaços de argila densos, solo esbranquiçado, carvão, ossos faunísticos e materiais líticos.
30-40	III	Densa concentração de conchas, principalmente no canto noroeste, conchas mais intactas, presença de carvão, ossos faunísticos, incluindo um dente de animal.
40-50	II	Ainda com grande concentração de conchas, mas com proporção de solo, cor mais clara, úmido e solto, com inclusões de laterita, conchas queimadas, cerâmica na face sul, líticos e ossos.
50-60	I	Mudança de coloração do solo, presença de argila queimada e quantidade de conchas diminuída. Análises osteológicas das conchas identificaram ossos de peixes (vértebras, espinha dorsal e costelas).
60-70	I	Solo levemente compactado e presença de carvão.
Escavação 2		
0-10	VI	Camada de TPA com poucos fragmentos cerâmicos, carvão e lítico, a partir de 3 a 5 cm camada solta de conchas (bivalves e gastrópodes).
10-20	V	Camada de conchas, conchas queimadas no perfil nordeste, fragmentos de ossos, possivelmente de mamífero, fragmentos cerâmicos e carvão
20-30	IV	Camada de conchas, pouco solo e, material cultural, o que incluiu cerâmica, carvão e conchas pintadas.
30-40	III	Solo de coloração mais clara, marrom avermelhado. Camada de conchas ainda presente, bem como pouco material cerâmico, lítico e carvão.
40-50	II	Solo com coloração mais clara (marrom avermelhado), bioturbações por formigas e raízes, camada de concha ainda existente ligeiramente na face nordeste, poucos fragmentos de conchas de cerâmica, dentre eles alguns queimados
50-60	I	Solo aparentemente argiloso (marrom avermelhado) já sem materiais culturais.

I, II, III, IV, V, VI e VII: níveis artificiais de coleta

O sítio Ibama (Figura 4) apresentou também camada de conchas, entretanto menos acentuada, até aproximadamente 30 cm e TPA acima, entremeada e abaixo desta camada. A profundidade dos horizontes antrópicos variou entre as escavações o que de acordo Denevan (1996) depende do tempo de ocupação dos sítios.

Além disso, o sítio Ibama comparado ao Forte possui maior quantidade de artefatos cerâmicos localizados nas profundidades superficiais até aproximadamente 50 cm na escavação 1 e até aproximadamente 30 cm na escavação 2, além de fragmentos de carvão por todo o perfil, artefatos líticos em superfície na escavação 1 e presença de bioturbação por insetos e raízes nas duas escavações.

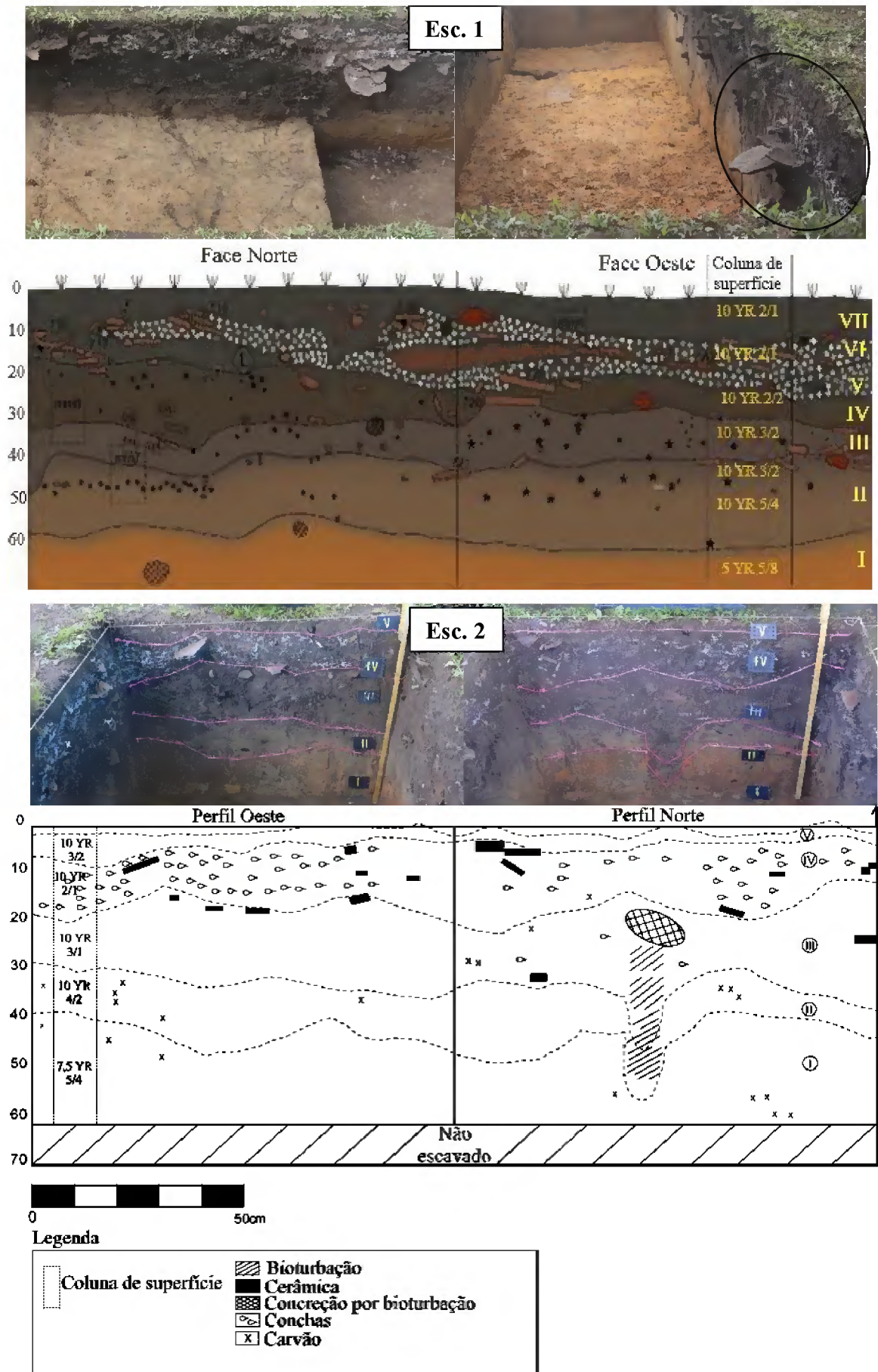


Figura 6: Perfil sítio Ibama, escavações 1 e 2 com faces Oeste e Norte.

Tabela 2: Especificações de materiais encontrados na escavação 1 e 2, nas faces do perfil do sítio Ibama.

Prof. (cm)	Níveis	Descrição
Escavação 1		
0-10	VII	Camada de TPA, presença de formigas, conchas, ossos de animais, carvão, e líticos, sementes carbonizadas, argila queimada, e concentração de fragmentos cerâmicos na face norte. Além disso foram registrados materiais modernos como pregos.
10-20	VI	TPA com consistência suave, compactada, com inclusões ferruginosas e raízes, presença de cerâmicas decoradas depositadas horizontalmente, com incisões na borda, incisões em espinha de peixe, outras mais grosseiras e espessas, materiais líticos, conchas e ossos de animais. Em algumas áreas foi constatada coloração mais amarelada entre a TPA. Ao final da face norte as conchas desaparecem, restando apenas TPA e carvão e muitas cerâmicas.
20-30	V	TPA, com bem menos concha, muito carvão, pequenos e grandes, bioturbação por raízes e formigas, presença de cerâmica, porém quantidade inferior ao nível anterior em dispostas de forma horizontal, ossos faunísticos, carvão, argila queimada. Ainda aparece resquícios do solo amarelado encontrado no nível anterior e ossos de quelônios queimados. Ao final do nível as conchas praticamente desaparecem e a cerâmica diminui.
30-40	IV	TPA mais clara (10 YR 3/2), com presença de ossos faunísticos, líticos, cerâmicas com bordas, bases e apliques, os artefatos permanecem na horizontal.
40-50	III	TPA com presença de carvão e mudança de coloração (10 YR 5/4), manchas mais escuras em alguns pontos e perfurações arredondadas provenientes de bioturbação por raízes e formigas, além de redução da quantidade de carvão e cerâmica.
50-60	II	TPA coloração 10 YR 5/4 e transição para 5 YR 5/8 (solo de origem) com presença de carvão e apenas um fragmento cerâmico.
60-70	I	Coloração do solo avermelhada, sem material cultural.
Escavação 2		
0-10	VI	Camada de TPA contendo pequenos fragmentos cerâmicos e conchas, 3 e 5 cm camada compactada de conchas com cerâmicas entremeadas em matriz de TPA. Além disso, aparecem cerâmicas semi-inteiras e dispostos horizontalmente
10-20	V	Camada de TPA também com cerâmicas grandes e presença de conchas, fragmentos de até 25 cm, ossos faunísticos, um dente de macaco e um dente de onça, além de bioturbação por raízes, formigas e cupim
20-30	IV	Camada de TPA com conchas menos intensas que já começam a desaparecer, porém estão mais bem preservadas, praticamente inteiras e muitos fragmentos cerâmicos. O solo se torna mais claro.
30-40	III	Solo mais avermelhado, muitos carvões e poucos fragmentos cerâmicos
40-50	II	Solo mais avermelhado e mais próximo do perfil de origem, contendo muitos carvões em camada praticamente estéril de matérias culturais, porém ainda contendo bioturbação (formigas e cupins)
50-60	I	Solo de origem, contendo carvões grandes, pedaços de madeira carbonizada.

I, II, III, IV, V, VI e VII: níveis artificiais de coleta

A deposição de material em Sambaqui é tratada por vários estudiosos como deposições em plataformas construídas. Neste estudo a estas as camadas observadas tanto no sítio Forte com camada de conchas espessa como no sítio Ibama com camada de conchas e cerâmica levanta a hipótese de que estes locais foram intencionalmente utilizados como material construtivo, principalmente pela quantidade e disposição no perfil. As cerâmicas existentes no sítio Ibama sempre se apresentaram de horizontal. Este tipo de deposição horizontal parece indicar que grandes pedaços de vasilhas foram

colocados nesta área com as conchas, como material construtivo, talvez para adicionar mais volume ao terraço e também para selar a camada construída (LIMA et al., 2018).

3.2 Datações radiocarbônicas

O sítio Forte apresentou datação de 1980 ± 20 AP, enquanto que o Sítio Ibama, mais recente, apresentou entre 580 ± 20 a 850 ± 40 AP nas amostras de carvão analisadas (Tabela 3). Estes dados apontam principalmente a disponibilidade de recursos, pois o fato de o sítio Ibama conter quantidade de conchas menor, implica que em determinado período a disponibilidade de recursos alimentares provenientes de moluscos pode ter diminuído, tornando como alternativa para as plataformas construídas também as cerâmicas. Isso explica a forma com que as cerâmicas foram encontradas em todas as profundidades.

Tabela 3: Datação de amostras de carvão analisadas nos sítios.

Sigla/Sítio	Profundidade	Datação
PA-GU-06: IBAMA	24 - 29 cm	580 ± 20 AP 850 ± 40
PA-GU-07: FORTE	37 cm	1980 ± 20

AP: Antes do presente

3.3 Distribuição do tamanho de partículas e atributos químicos do solo

As classes texturais das áreas com horizonte antrópico e áreas adjacentes foram definidas como franca e franco siltosa (Tabela 4). A área adjacente do sítio Ibama predominou em todas as profundidades amostradas a textura franco siltosa. Nos sítios e áreas adjacentes a fração silte foi superior em todas as profundidades, com exceção da escavação 1 do sítio Forte nas profundidades 20-30 e 30-40 cm que apresentou a fração areia predominante. Resultados semelhantes da fração silte foram encontrados por Santos et al., (2013) analisando solos antrópicos de TPAs sob Argissolos, Neossolos e Cambissolos no Amazonas.

Os atributos químicos avaliados sofreram modificações relevantes, apresentando certa similaridade entre áreas antrópicas, enquanto que em comparação com as áreas adjacentes obtiveram valores diferentes e semelhantes aos das áreas com modificações antrópicas.

Tabela 4: Caracterização granulométrica das diferentes profundidades de perfil de TPA associada a Sambaqui (Sítios Arqueológicos Forte e Ibama, escavação 1 e 2 e áreas Adjacentes. Melgalço-PA).

Áreas	Profundidade (cm)	Areia	Silte (g/Kg)	Argila	Classe textural	Dp (g/kg)
Sítio Forte	Escavação 1					
	0-10	440	490	70	Franca	2,3
	10-20	280	610	110	Franco Siltoso	2,4
	20-30	360	470	170	Franca	2,6
	30-40	510	380	110	Franca	2,6
	40-50	480	400	120	Franca	2,6
	50-60	90	720	190	Franco Siltoso	2,5
	60-70	100	660	240	Franco Siltoso	2,5
	Escavação 2					
	0-10	320	570	110	Franco Siltoso	2,4
	10-20	260	670	70	Franco Siltosa	2,6
	20-30	410	450	140	Franca	2,6
	30-40	320	520	160	Franco Siltosa	2,6
	40-50	310	540	150	Franco Siltosa	2,5
50-60	100	740	160	Franco Siltosa	2,4	
Adj. S. Forte	Adjacente					
	0-10	376	533	91	Franco Siltosa	2,4
	10-20	407	492	101	Franca	2,4
	20-30	377	540	83	Franco Siltosa	2,4
	30-40	304	453	243	Franca	2,4
Sítio Ibama	Escavação 1					
	0-10	340	493	167	Franca	2,4
	10-20	350	520	130	Franco siltosa	2,4
	20-30	270	590	140	Franco siltosa	2,5
	30-40	220	645	135	Franco siltosa	2,4
	40-50	140	730	130	Franco siltosa	2,5
	50-60	193	607	200	Franco siltosa	2,5
	Escavação 2					
	0-10	462	492	97	Franca	2,5
	10-20	391	488	121	Franca	2,4
	20-30	348	504	148	Franco siltosa	2,5
	30-40	140	700	160	Franco siltosa	2,5
	40-50	90	750	160	Franco siltosa	2,5
	50-60	60	740	200	Franco siltosa	2,5
Adj. S. Ibama	Adjacente					
	0-10	245	615	140	Franco Siltosa	2,4
	10-20	294	540	166	Franco Siltosa	2,5
	20-30	215	615	169	Franco Siltosa	2,5

O pH em água determinado revelou-se alcalino em ambos os sítios, valores altos se comparados a área adjacente, acima de 7,1 na primeira profundidade em que há TPA com poucos fragmentos de conchas, e acima de 8,0 nas demais, diferente dos valores comumente encontrados em TPA, como observado em resultados de Falcão et al. (2009) de 4,3 a 6,6; Santos et al., (2013) de 4,5 a 6,8 e Silva et al., (2017) de 5,49 a 6,31 para pH em água.

Entretanto, estes valores de pH foram semelhantes aos encontrados por Corrêa et al (2011; 2013) estudando Sambaquis no Estado do Rio de Janeiro e Teixeira et al (2012)

analisando Sambaqui fluvial no Estado de São Paulo. Estes autores também afirmam ter tido aumento dos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e P assimilável quando comparados as áreas adjacentes, resultado também observado para TPAs (Souza et al., 2014; Souza et al., 2016; Macedo et al., 2017).

A composição das conchas, principalmente por carbonato e cálcio (CaCO_3) (Corrêa et al., 2011; Teixeira et al., 2012), o qual contém efeito alcalinizante, muito utilizado na agricultura no processo de calagem, por conter sais levemente solúveis de bases moderadamente fortes e ácidos fracos é o motivo do aumento do pH, com efeito direto na disponibilidade de nutrientes na solução do solo.

Em solos tropicais com elevado grau de intemperismo de acordo com (Moraes et al., 2018) podem apresentar sérias limitações químicas para o desenvolvimento das plantas. Em solos tropicais a acidez elevada, consequência do processo de intemperismo, ocasiona a redução da capacidade de troca catiônica (CTC), redução da saturação por bases (V), capacidade para fixar o fósforo (P) (Barbosa Filho et al., 2001) e toxicidade por Al (Natale et al., 2012).

A investigação em torno das TPAs têm buscado auxílio para o manejo sustentável dos solos, almejando atributos químicos e físicos semelhantes que proporcionem condições favoráveis tanto a disponibilidade de nutrientes quanto a condições físicas estruturais favoráveis ao crescimento das plantas, o que em solos tropicais é recorrente frente ao manejo sustentável.

Nas propriedades químicas o pH influencia diretamente outras propriedades, como citado por Troe e Thompson (2007) o pH tem influência sob a taxa de liberação de nutrientes por intemperização, solubilidade de materiais no solo e quantidade de íons armazenados nos sítios de troca de cátions. Na associação sambaqui e TPAs a característica alcalina do sambaqui prevaleceu, entretanto pode não favorecer determinados nutrientes da solução do solo.

Os teores de Ca^{2+} foram elevados e estão associados justamente ao carbonato de cálcio presente na composição das conchas (Figura 7) (Corrêa et al., 2011; Teixeira et al., 2012). Houve aumento em todas as escavações, comparadas as áreas adjacentes e com relevância na escavação 1 do sítio Ibama (239,0 a 534,38 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), superiores aos encontrados em Sambaqui por Teixeira et al., (2012) variando de 3,69 a 9,67 $\text{cmol}_c \text{dm}^3$ e Corrêa et al., (2013) entre 3,82 a 12,98 $\text{cmol}_c \text{dm}^3$.

Áreas	Prof. cm	pH H ₂ O	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	m	P	C	MO
Sítio Forte	Escavação 1														
	0-10	7,76	0,30	24,88	0,34	0,03	25,55	0,10	0,10	25,64	99,62	0,38	0,66	44,67	77,01
	10-20	8,12	0,30	18,87	0,11	0,00	19,28	0,20	0,20	19,47	99,00	1,00	0,19	21,82	37,62
	20-30	8,16	0,30	8,68	0,02	0,01	9,02	0,10	0,10	9,11	98,93	1,07	0,22	2,39	4,12
	30-40	8,33	0,30	9,32	0,02	0,03	9,67	0,10	0,10	9,76	99,00	1,00	0,09	9,48	16,34
	40-50	8,38	0,30	7,10	0,02	0,01	7,42	0,20	0,20	7,62	97,44	2,56	0,08	5,46	9,41
	50-60	8,30	0,30	9,76	0,02	0,06	10,14	0,10	0,10	10,23	99,05	0,95	0,10	0,68	1,18
	60-70	8,16	0,11	12,30	0,02	0,05	12,48	0,20	0,20	12,67	98,46	1,54	0,32	3,51	6,05
	Escavação 2														
	0-10	7,87	0,24	19,49	0,39	0,08	20,20	0,20	0,20	20,39	99,04	0,96	0,05	29,67	51,14
	10-20	8,22	0,19	8,15	0,08	0,05	8,47	0,10	0,10	8,57	98,86	1,14	0,10	1,36	2,35
	20-30	8,25	0,27	9,18	0,07	0,04	9,56	0,20	0,20	9,76	98,00	2,00	0,13	4,56	7,87
	30-40	8,33	0,30	11,95	0,11	0,05	12,41	0,10	0,10	12,51	99,22	0,78	0,10	4,56	7,87
	40-50	8,36	0,30	8,58	0,08	0,01	8,97	0,20	0,20	9,17	97,87	2,13	0,02	4,09	7,05
50-60	8,22	0,16	9,88	0,20	0,04	10,28	0,10	0,10	10,38	99,06	0,94	0,42	4,91	8,47	
Adj. S. Forte	Adjacente														
	0-10	4,57	0,20	4,59	1,37	0,35	6,51	0,59	9,57	16,08	40,47	8,26	1,49	23,87	41,14
	10-20	3,95	0,10	2,00	1,16	0,15	3,41	1,46	7,03	10,44	32,65	30,06	0,77	3,86	6,66
	20-30	4,8	0,14	1,40	1,09	0,10	2,73	1,17	5,27	8,00	34,11	30,04	0,20	6,32	10,89
	30-40	5,3	0,18	3,04	1,13	0,10	4,45	2,34	7,03	11,48	38,75	34,51	0,81	3,16	5,45
Sítio Ibama	Escavação 1														
	0-10	7,16	7,76	503,62	0,66	2,38	514,43	0,19	0,19	514,62	99,96	0,04	664,12	50,50	87,06
	10-20	8,07	10,1	534,38	0,22	1,05	545,74	0,19	0,19	545,93	99,97	0,03	152,63	32,46	55,97
	20-30	8,18	7,35	495,69	0,12	2,09	505,25	0,19	0,19	505,44	99,96	0,04	803,66	39,96	68,88
	30-40	8,26	6,13	391,22	0,09	1,76	399,19	0,19	0,19	399,38	99,95	0,05	549,39	17,48	30,14
	40-50	8,46	5,97	262,06	0,08	1,16	269,26	0,14	0,14	269,40	99,95	0,05	152,26	14,12	24,34
	50-60	8,26	8,88	239,00	0,09	1,27	249,23	0,19	0,19	249,42	99,92	0,08	64,41	11,65	20,09
	Escavação 2														
	0-10	7,93	0,33	26,67	0,40	0,14	27,53	0,10	0,10	27,63	99,65	0,35	3,03	36,49	62,90
	10-20	8,02	0,30	20,73	0,08	0,04	21,15	0,20	0,20	21,35	99,09	0,91	0,96	20,12	34,68
	20-30	8,13	0,03	16,47	0,03	0,04	16,57	0,10	0,10	16,67	99,41	0,59	59,68	10,23	17,64
	30-40	8,16	0,08	14,98	0,04	0,09	15,18	0,10	0,10	15,28	99,36	0,64	29,15	4,77	8,23
	40-50	8,20	0,05	8,98	0,03	0,05	9,11	0,20	0,20	9,31	97,90	2,10	10,06	0,35	0,61
	50-60	8,22	0,05	11,57	0,05	0,08	11,75	0,39	0,39	12,14	96,78	3,22	1,37	1,40	2,42
Adj. S. Ibama	Adjacente														
	0-10	4,38	0,16	4,58	1,63	0,25	6,62	1,07	9,67	16,28	40,64	13,97	1,19	16,85	29,04
	10-20	4,82	0,10	4,98	1,60	0,15	6,84	0,29	5,47	12,31	55,57	4,11	0,74	11,58	19,97
20-30	4,88	0,12	3,80	1,57	0,10	5,59	3,12	7,71	13,30	42,01	35,86	9,24	8,42	14,52	

Tabela 4: Caracterização química das diferentes profundidades de perfil de TPA associada a Sambaqui (Sítio Arqueológico Forte e Ibama, escavações 1 e 2 e área Adjacente).

CTC: Capacidade de Troca de Cátions a pH 7.

V: Saturação por bases.

M: Saturação por Al.

SB: Soma de bases.

Já os teores de Mg²⁺ foram inferiores as áreas adjacentes em ambos os sítios e aos teores encontrados na literatura para Sambaqui, com exceção de Teixeira et al., (2012) que encontrou situação semelhante com teores entre 0,08 a 0,77 cmol_c dm³ na área com solo antrópico e área adjacente entre 0,29 a 1,4 cmol_c dm³. Os baixos teores de Mg indicam que o aumento do pH se deu em função da adição de Ca, bases frequentemente acrescentadas em correções de solo na agricultura.

O P assimilável apresentou redução no sítio Forte variando entre 0,09 a 0,66 mg/kg⁻¹ (escavação 1) e 0,02 a 0,42 mg/kg⁻¹ (escavação 2) quando comparado a área adjacente 0,20 a 1,49 mg/kg⁻¹. Já o sítio Ibama apresentou aumento variando entre 64,41 a 803,66 mg/kg⁻¹ na escavação 1 e escavação 2 (0,96 a 59,68 mg/kg⁻¹).

O aumento do P é uma característica dos solos antropogênicos (Corrêa et al., 2011) e seu aumento se dá em função do incremento de ossos de animais, sangue

(Teixeira and Lima, 2016) e restos de vegetais tais como na mandioca, açaí, bacaba entre outros (Kämpf e Kern, 2005).

Entretanto, comumente em solos alcalinos há uma deficiência na disponibilidade de P, pois a formação de fosfato de cálcio precipita em pH alto, tornando-se indisponível às plantas, mas em pH acima de 8,5 e o aumento de sais de sódio disponibilizam o P novamente (Troeh e Thompson, 2007) o que pode ter ocorrido na escavação 1 do sítio Ibama, justificando seu aumento.

Além disso, o P apresentou variabilidade nas profundidades. Estudos de Costa (2003) também em Caxiuanã no sítio Ilha de Terra afirmam que esta variabilidade é um indicativo de que houve maior atividade de concentração do material depositado, como por exemplo, acúmulo em determinadas camadas (Santos et al., 2013; Teixeira et al., 2012).

Os teores de K^+ nos solos antrópicos foram inferiores ($0,00$ a $0,14$ $cmol_c\ kg^{-1}$) aos obtidos nas áreas adjacentes ($0,10$ a $0,35$ $cmol_c\ kg^{-1}$), com exceção da escavação 1 do sítio Ibama, que foi superior, variando de $1,05$ a $2,38$ $cmol_c\ kg^{-1}$, o que está relacionado também ao aumento do pH que leva o nutriente a posições não trocáveis.

Campos et al., (2012) considerou valores baixos obtidos em solos antrópicos contendo TPA variando entre $0,0$ a $0,2$ $cmol_c\ kg^{-1}$ e $0,0$ a $0,1$ $cmol_c\ kg^{-1}$ nas áreas adjacentes, assim como a maioria dos encontrados neste estudo. Analisando Sambaqui Teixeira et al., (2012) obteve valores de K^+ variando de $0,05$ a $0,18$ $cmol_c\ kg^{-1}$ para o solo antrópico e área adjacente variando de $0,04$ a $0,30$ $cmol_c\ kg^{-1}$.



Figura 7: Conchas de caramujos e bivalves presentes nos sítios analisados

Os teores de carbono orgânico foram superiores no sítio Ibama tanto em comparação a área adjacente quanto com relação ao sítio Forte, variando entre 11,65 a 50,50 g kg⁻¹ na escavação 1 e 0,35 a 36,49 g kg⁻¹ na escavação 2. Os teores de carbono orgânico obtidos no sítio Forte, escavação 1 (0,68 a 44,67 g kg⁻¹) e escavação 2 (1,36 a 29,67 g kg⁻¹) e área adjacente (3,86 a 23,87 g kg⁻¹) foram superiores na primeira profundidade, reduzindo nas demais.

Valores semelhantes foram obtidos por Silva et al., (2011) variando de 0,79 a 60,90 g/kg⁻¹ e foram considerados baixos, o que foi atribuído a baixa estabilidade do carbono por ocasião do baixo teor de argila.

O acúmulo de carbono nestas condições de solo pode ser atribuído a deposição de material orgânico (Kern and Kämpf, 1989) sobretudo de origem pirogênica (Glaser et al., 1999), o que foi constatado nos sítios estudados, com a presença de muitos fragmentos de carvão, como também pelos elevados teores de cálcio encontrados nos Sambaquis, estabilizando a MO (Oades, 1988).

Entretanto, na associação Sambaqui/TPA uma questão a ser observada é ainda com relação ao aumento do pH, pois como no manejo de solos na agricultura, onde a adição de calcário favorece a atividade microbiana, e como consequência acelera a decomposição da MO, o mesmo provavelmente pode ocorrer na associação Sambaqui/TPA, muito embora a MO esteja estabilizada, o que possivelmente explica os baixos teores de carbono.

Mais estudos sobre o comportamento de solos antrópicos nestas condições se fazem necessária para melhor avaliar parâmetros arqueológicos de deposição e permanência pelos povos pré-colombianos, bem como no sentido elucidar também as fontes e comportamento dos nutrientes no solo.

4. Conclusão

Os Antropossolos associados possuem estruturas monticulares com adição de materiais culturais semelhantes nos dois sítios, mas diferenças na quantidade principalmente de conchas no sítio Forte e cerâmica no sítio Ibama. As estruturas sugerem uma plataforma construída inicialmente por conchas no sítio Forte e posteriormente por indisponibilidade de recursos conchíferos por cerâmicas depositadas horizontalmente e entremeadas a conchas no sítio Ibama, ambas num contexto de habitação.

O pH nos antropossolos associados foi elevado, semelhante aos de sambaqui, e interferindo negativamente na disponibilidade de nutrientes como P, K e Mg nas escavações 1 e 2 do sítio Forte e escavação 2 do sítio Ibama.

Os teores de carbono foram superiores nas profundidades superficiais, onde há camada de TPA definida em ambos os sítios, sendo os mais elevados no sítio Ibama, pois no sítio Forte a partir de 10 cm de profundidade as conchas são praticamente predominantes, tendo logo abaixo o solo de origem, com coloração acinzentada e posteriormente sua coloração normal, com menos MO comparado com o sítio Ibama que possui TPA também abaixo da camada de conchas.

5. Referências Bibliográficas

- Campos, M.C.C., Alho, L.C., Silva, D.A.P. da, Soares, M.D.R., Cunha, J.M. da, Silva, D.M.P. da, 2016. Distribuição espacial do efluxo de CO₂ em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau e café no município de Apuí, AM, Brasil. *Rev. Ambient. Água* 11, 788–798. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Campos, M.C.C., Antônio, L., Marcelo, D., Mantovanelli, B.C., Dayron, M., Soares, R., 2012. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas Physical and chemical characterization of archaeological dark earths and non- anthropogenic soils the Manicore, region, Amazon 102–109.
- Campos, M.C.C., Ribeiro, M.R., Souza Júnior, V.S., Ribeiro Filho, M.R., Souza, R.V.C., 2011. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia* 70, 598–609.
- Corrêa, G.R., Ernesto, C., Gilkes, R.J., 2013. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. *Quat. Int.* 315, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.036>
- Corrêa, G.R., Schaefer, C.E.G.R., Melo, V.D.F., Souza, K.W. De, Ker, J.C., Morais, I., Rodrigues, M., Senra, E.O., 2011. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the região dos lagos, rio de janeiro, brasil. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 35, 1100–1111.
- Costa, J.A., Lima da Costa, M., Kern, D.C., 2013. 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. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2771–2782.

- <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.027>
- Santos, L.A.C., Campos, M.C.C., de Aquino, R.E., Bergamin, A.C., da Silva, D.M.P., Marques Junior, J., França, A.B.C., 2013. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 37, 825–836. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400001>
- Denevan, W.M. A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. *Ann. Am. Geogr.*, 1996. p.654-681.
- Embrapa, Claessen, M.E.C., Barreto, W.D.O., Paula, J.L. De, Duarte, M.N., 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*, Embrapa. <https://doi.org/1517-2627>
- Ferreira Da Costa, R., Costa, A.C.L. da, Meir, P., Malhi, Y., Fisher, R.A., Braga, A.P., Oliveira, P.J., Silva Júnior, J.A., Gonçalves, P.H.L., Costa, J.M.N., Vale, R.L., Sotta, E.D., Cohen, M.L., Ruivo, M.L., Silva, R.B.C., Andrade, V.M.S., Grace, J., 2003. Projeto LBA / Esacaflor em Caxiuanã : Características , Atividades e Resultados . *Proj. Esacaflor* 6262, 5–7.
- Fonseca, D., Silva, S.F.S.M. da, 2017. Os pescadores, coletores e caçadores holocênicos dos litorais Sul e Norte do Brasil considerações sobre os sambaquis. *Clio Arqueol.* V32N1, 95–145. <https://doi.org/10.20891/clio.V32N1p95-145>
- Gernet, M.V., Melo, V.F., Dieckow, J., Lima, V.C., Silva, W.T.L., 2014. Genesis and occupancy of a shell midden on Paraná State coast, Brazil. *Quat. Int.* 352, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.044>
- Kämpf, N., Kern, D.C., 2005. O SOLO COMO REGISTRO DA OCUPAÇÃO. *Tópicos Ciência do Solo* 4, 277–320.
- Kern, D.C., Kämpf, N., Woods, W.I., Denevan, W.M., Costa, M.Li. da, Frazão, F.J.L., Sombroek, W., 2009. Parte II As Terras Pretas de Índio na Amazônia, in: Teixeira, W.G., Kern, D.C., Madari, B.E., Lima, H.N., Woods, W. (Orgs.), . *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p. 72–81.
- Kern, D.C., Lima, H.P., Kämpf, N., Amorim, J., Moraes, B.M., Lima, H.V. De, Ribeiro, A.B., 2017. *Terras pretas : Approaches to formation processes in a new paradigm.* Wiley 694–706. <https://doi.org/10.1002/gea.21647>
- Lemos, V.P., Costa, M.Li. da, Gurjão, R. da S., Kern, D.C., Mescouto, C.S.T., Lima, W.T. dos S. de, Valentim, T.L., 2009. Comportamento do arsênio em perfis de solos do Sítio Ilha de Terra de Caxiuanã- Pará. *Rev. Esc. Minas* 62, 139–146.
- Macedo, R.S., Teixeira, W.G., Corr, M.M., Martins, G.C., Vidal-torrado, P., 2017.

- Pedogenetic processes in anthrosols with pretic horizon (Amazonian Dark Earth) in Central Amazon , Brazil. PLoS One 1–19.
- Montag, L.F. de A., Freitas, T.M. da S., Wosiacki, W.B., Barthem, R.B., 2008. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel , Pará - Brasil). Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi 3, 11–34.
- Moraes, E.R. De, Cristinne, A., Elias, N., Ferreira, M., Menezes, F.G. De, 2018. Revista de Agricultura Neotropical Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio 60–65.
- Natale, W., Rozane, D.E., Parent, L.E., Parent, S.-É., 2012. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. Rev. Bras. Frutic. 34, 1294–1306. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400041>
- Pessoa Junior, E.S.F., Souza, W.B. de, Souza, K. dos S. de, Pio, M.C. da S., Santana, G.P., 2012. Terra preta de índio na região amazônica. Sci. Amaz. 1, 1–8.
- Schmidt, M.J., 2016. A Formação da Terra Preta: análise de sedimentos e solos no contexto arqueológico, in: Magalhães, M.P. (Org.), . Amazônia Antropogênica, Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 429.
- Silva, F.W.R., Lima, N.H., Teixeira, W.G., Motta, M.B., Santana, R.M., 2011. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na amazônia central. Rev. Bras. Cienc. do Solo 35, 673–681. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcscs20150068>
- Silva, L.F.D., Cunha, J.M., Campos, M.C.C., Lima, A.F.L., Pantoja, J.C.M., Soares, M.D.R., Mantovanelli, B.C., 2017. Variabilidade espacial de agregados e estoque de carbono em solos antropogênicos sob floresta nativa Spatial variability of aggregates and carbon stock in anthropogenic soils under native forests. Nativa 5, 540–547.
- Silveira, M.I. da S., Schaan, D.P., 2010. A vida nos manguezais : a ocupação humana da Costa Atlântica durante o. Arqueologia 35–48.
- Silveira, M.I. da S., Schaan, D.P., 2005. Onde a Amazônia encontra o mar : estudando os sambaquis do Pará Pesquisas anteriores no litoral do Salgado As primeiras informações disponíveis. Rev. Arqueol. 67–79.
- Souza, L.C. De, Lima, H.V. De, Rodrigues, S., Kern, D.C., 2016. Chemical and physical properties of an anthropogenic dark earth soil from Bragança , Para , Eastern Amazon. Acta Amaz. 46, 337–344. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505663>
- Souza, L.C. De, Souza, L.C. De, Gerusa, L., Lima, S., Lima, V. De, 2014. Caracterização química em horizonte antrópico no Pará Chemical characterization anthropic

- horizon in Pará. *Rev. Verde Agroecol. e Desenvolv. Sustentável* 9, 340–344.
- Teixeira, W. G.; Lima, R.A., 2016. Anais do IV Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico, in: O solo modificado pelo homem (solo antrópico) como artefato arqueológico. Rio de Janeiro, p. 123–147.
- Teixeira, W.G., Plens, C.R., Figuti, L., 2012. Caracterização de um perfil de solo desenvolvido no sambaqui fluvial Moraes, município de Miracatu – SP 1. *Rev. Mus. Arqueol. e Etnol.* 22, 181–194.
- Troeh, F.R., Thompson, L.M., 2007. Solos e Fertilidade do Solo, Sexta. ed. Blackwell Publishing Ltda, Oxford.
- Vasconcelos, B.N.F., Ker, J.C., Schaefer, C.E.G.R., Poirier, A.P.P., Andrade, F.V., 2013. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cástico no Norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 986–996.

Estabilidade de agregados de Terra Preta Arqueológica associada a Sambaqui²

RESUMO:

Na Amazônia, existe a ocorrência de solos modificados e evidências pedoarqueológicas de sua formação pelo homem pré-colombiano, como exemplos as Terras Pretas e Sambaquis. A existência de especificidades provenientes da associação destes solos antrópicos e verdadeiros patrimônios históricos é objeto de investigação nesta pesquisa. Analisar os atributos do solo relacionados à estrutura são de suma importância na composição de índices que possam servir como referenciais para qualificar as condições de estruturação dos solos antrópicos da Amazônia. Diante da necessidade de se investigar o comportamento de atributos que influenciam a estrutura em solos antrópicos de TPA associadas a Sambaqui o objetivo deste estudo foi avaliar o estado de agregação de dois sítios e suas respectivas áreas adjacentes por meio da determinação da estabilidade de agregados em água. O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Caxiuanã. As amostras foram coletadas na extensão dos sítios arqueológicos em três pontos P1 P2 e P3 e coletadas três amostras com estrutura indeformada em blocos, nas profundidades 0-10; 10-20 e 20-30 cm para a determinação da estabilidade via úmida, fertilidade, textura e carbono. Os resultados da distribuição do tamanho de agregados em cada classe foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% e posteriormente submetidos à ANOVA e teste t a 5%, a proporção geral das amostras em agregados e partículas simples, DMP, DMG e carbono orgânico foram submetidos ao teste t a 5% e teste de Tukey a 5% utilizando o software Action Stat, e Análise de Componentes Principais utilizando o software Past. O sítio Ibama possui a maior proporção de partículas simples, atribuídas a maior concentração de fragmentos cerâmicos, de carvão e conchas em menor estado de degradação, dada a cronologia mais recente. Os teores elevados de cálcio, característica dos sambaquis, e os teores de carbono orgânico estável das TPA's influenciam positivamente o estado de agregação dos antropossolos associados nas profundidades 0-10 e 10-20 cm nos dois sítios. No sítio Forte, à medida que o teor de C e Ca²⁺ reduzem, profundidade 20-30 cm, o teor de argila é o que mais influência nos atributos da estabilidade de agregados, conferindo melhor resistência a desagregação.

Palavras-chave: estrutura do solo, conchas e carbono

In the Amazon, there is the occurrence of modified soils and pedological and pedoarchaeological evidence of its formation by pre-Columbian man, such as the Archaeological Dark Earth - ADA and Shell middens. The existence of specificities deriving from the association of these anthropic soils and true historical patrimones is the object of investigation in this research. Analyzing the soil attributes related to the structure are of great importance in the composition of indices that can serve as references to qualify the structuring conditions of the Amazonian anthropic soils. Given the need to investigate the behavior of attributes that influence the structure in ADA anthropic soils associated to Shell middens, the objective of this study was to evaluate the aggregation status of two sites and their respective adjacent areas by determining the stability of aggregates in water. The study was carried out in the Caxiuanã National Forest. The samples were collected in the extension of the archaeological sites at three points P1 P2 and P3, and three samples with undisturbed block structure were collected at depths 0-10; 10-20 and 20-30 cm for determination of stability via wet, fertility, texture and carbon. The results of the aggregate size distribution in each class were submitted to the Kolmogorov-Smirnov normality test at 5% level and then submitted to ANOVA and tested at 5%, the overall proportion of samples in aggregates and single particles, WAD, GMD and organic carbon were submitted to the 5% ta test and 5% Tukey test using the Action Stat software and Principal Component Analysis using the Past software. The Ibama site has the highest proportion of simple particles, attributed to a higher concentration of ceramic, coal and shell fragments in a lower degradation state, given the more recent chronology. The high levels of calcium, characteristic of the sambaquis, and the stable organic carbon contents of the TPA's positively influence the aggregation state of the associated anthroposols at depths 0-10 and 10-20 cm at both sites. In the Forte site, as the C and Ca²⁺ content reduces, depth 20-30 cm, the clay content is the one that most influences the attributes of the stability of aggregates, giving a better resistance to disaggregation.

Keywords: soil structure, shell and carbon

² Este artigo segue as normas de apresentação da Geoderma

1. Introdução

Os antropossolos são solos modificados e formados pela ação humana pré-colombiana (Kern et al., 2017), como as denominadas Terras Pretas Arqueológicas-TPA, as quais apresentam em seu perfil horizonte A antrópico contendo fragmentos cerâmicos (Silva et al., 2017), elevados teores de nutrientes como P, Ca, Mg, Zn e Mn; alto teor de matéria orgânica estável, pH em água entre 5,2 e 7,0 (Falcão et al., 2001) e maior atividade biológica quando comparados aos solos adjacentes (Glaser, 2007), sem interferência antrópica.

Além das TPAs existem os Sambaquis e/ou concheiros (Silveira et al., 2011) ou minas de sernambi (Silveira and Schaan, 2005), sítios arqueológicos datados de 8.000 até 2.000 anos ante do presente (AP) (Prous, 1992; Vasconcelos et al., 2013), caracterizados pela presença de conchas de moluscos (bivalves, caramujos) pH geralmente entre 7 a 8,5 e níveis elevados de cálcio provenientes do carbonato de cálcio que compõe as conchas (Teixeira et al., 2012). Estes solos localizam-se próximo a estuários, como na região do Salgado no Estado do Pará (Silveira et al., 2011), bem como próximos as margens de rios. Entretanto, pouco se sabe quanto as suas características físicas, sobretudo relacionadas à estrutura e sua relação com os atributos químicos.

A ocorrência da associação de TPA e Sambaqui na Amazônia foram descritos na região do Marajó (Silveira and Schaan, 2005; Kern, 1996), no entanto, há a necessidade de se investigar o comportamento dessa junção de características distintas nestas formações antrópicas, pois se sabe que a ocorrência de solos antrópicos na Amazônia configura grandes reservatórios de carbono orgânico (CO) (Silva et al., 2016), apresentando, por exemplo em TPA, até seis vezes mais CO estável que solos não antrópicos (Glaser et al., 2001).

O alto teor de carbono armazenado nas Terras Pretas, por parâmetro exemplo, na forma de carvão e matéria orgânica (Schmidt et al., 2014) tem influência na sua qualidade estrutural e resiliência ao longo do tempo, influenciando diretamente a estabilidade de agregados (Silva et al., 2017), os quais compõem a estrutura do solo e influenciam a manutenção da porosidade e aeração, o crescimento das plantas e da população microbiana, a infiltração de água e o controle dos processos erosivos (Oades, 1984; Dexter, 1988; Bastos et al., 2005).

Analisar os atributos do solo relacionados à estrutura do solo são de suma importância na composição de índices que possam servir como referenciais para

qualificar as condições de estruturação em solos antrópicos. Desta forma, objetivou-se avaliar o estado de agregação de dois sítios arqueológicos de TPA associados a Sambaqui, Forte e Ibama, e suas respectivas áreas adjacentes por meio da determinação da estabilidade de agregados em água analisando a influência de atributos sobre a estrutura dos solos antrópicos.

2. Material e métodos

2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado na base do ICMBio, sob as coordenadas 1°47'32.90"S e 51°26'1.53"W, na Floresta Nacional de Caxiuanã (Flona Caxiuanã), localizada às margens da baía de Caxiuanã próximo as sedes municipais de Portel e Melgaço, PA sob as coordenadas 1°47'32.90"S e 51°26'1.53"W. Os sítios associados estão localizados sob as coordenadas geográficas, 1°47'39.43"S e 51°25'55.95"W (sítio Ibama) e 1°48'2.60"S e 51°25'38.90"W (sítio Forte) e distantes entre si a aproximadamente 1,2 km e aproximadamente 250 m das áreas adjacentes.

O solo da região foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico (IBGE, 2008) relevo plano e suave ondulado, com cobertura vegetal de floresta em todas as áreas, com exceção do sítio Ibama, sob vegetação de gramíneas. O clima de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido e subtipo climático "Am" com curta estação seca de agosto a novembro (Oliveira et al., 2008), temperatura média do ar é em torno de 26,7 °C, com mínimos de 22 °C e máximos 32 °C (Ferreira Da Costa et al., 2003) e precipitação média anual é elevada, em torno de 2.272±193 mm, e na estação seca 555±116 mm de chuva (Silva Júnior et al., 2013).

Os dois sítios estudados apresentam camada superficial de TPA contendo pequenos fragmentos de conchas, carvão e cerâmica envolvidos. O Sítio Forte (PA-GU-07) apresenta posteriormente camada espessa de conchas misturadas ao solo até encontrar-se com o solo de origem (não antrópico), já o Sítio Ibama (PA-GU-06) apresenta camada menos espessa de conchas, contendo muitos fragmentos cerâmicos entremeados a TPA e as conchas, retornando a camada de TPA. E, as áreas adjacentes são caracterizadas por apresentar características comuns as da região estudada, sem alteração antrópica.

2. 2 Amostragem

As amostras foram coletadas na extensão da área em três pontos P1 P2 e P3 em três amostras com estrutura indeformada em blocos, nas profundidades 0-10; 10-20 e 20-30 cm, embaladas em recipientes plásticos e encaminhados ao Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA. Nos mesmos pontos também foram coletadas amostras com estrutura deformada para a determinação de análises químicas e granulometria.

2. 3 Procedimento em laboratório

No laboratório as amostras foram espalhadas em bancadas a sombra até atingirem o ponto de umidade, correspondente a friabilidade (Palmeira et al., 1999), posteriormente foram quebradas nos pontos de fraqueza em agregados maiores e em seguida agregados menores. O material foi passado em peneira de 8,0 e 4,76 mm, retidos em peneira de 2,0 mm e posteriormente colocados para secar novamente a sombra durante 5 dias. Para evitar que materiais como pedaços de cerâmica, carvão, raízes e conchas fossem pesados juntamente com os agregados nas determinações, foi feita uma triagem utilizando pinça em cada uma das profundidades.

A estabilidade de agregados foi determinada pelo método de peneiramento úmido, conforme metodologia de Kemper and Chepil, (1965) utilizando o equipamento de oscilação vertical (Yoder, 1936). Os agregados retidos na peneira de 4,76 mm foram pesados em sub amostras contendo 20 g de agregado e umedecidas por capilaridade em placas de vidro com papel filtro durante 2 horas (Cesário et al., 2010) de forma a observar um filme de água sobre as amostras, garantindo sua saturação.

O jogo de peneiras utilizadas na determinação é composto de 6 peneiras: 2,00, 1,00; ,0,5; 0,25; 0,105 e 0,053 mm de malha. Decorrido o tempo de umedecimento, as amostras foram transferidas com o auxílio de jatos de água para a primeira peneira do jogo. O conteúdo < 0,053 mm também foi quantificado, somando sete classes de agregados.

A agitação seguiu por 15 minutos a uma amplitude de 4,0 cm e 32 oscilações por minuto. Dessa maneira foi determinada a quantidade e a distribuição do tamanho dos agregados em cada classe, estáveis as condições do teste em água. Ao término as amostras foram retiradas e transferidas para recipientes de vidro e levados a estufa a 105 °C por 24 h. Posteriormente obteve-se as partículas simples utilizando hidróxido de sódio (NaOH) (Palmeira et al., 1999; Salton et al., 2008) para dispersar as partículas, que em seguida foram colocadas em suas respectivas classes de peneira, lavadas e secas em estufa por 24

h a 105 °C. Além dos materiais e partículas considerados por Palmeira et al., (1999), como por exemplo areia e raízes, também foram considerados fragmentos de conchas, cerâmica, carvão, ossos, etc. A separação das partículas simples teve a finalidade de obter a massa de solo que o sistema foi capaz de agregar (Vezzani and Mielniczuk, 2011).

Para calcular a porcentagem de agregados estáveis em água em cada classe de tamanho (C1 = 4,76-2,00 mm; C2 = 2,00-1,00 mm; C3 = 1,00-0,5 mm; C4 = 0,5-0,25 mm; C5 = 0,25-0,105 mm; C6 = 0,105-0,053 e C7 = <0,053 mm, e o DMP foi utilizada a expressão, conforme (Kemper and Chepil, 1965; Palmeira et al., 1999).

$$\% aGRi = \left[\frac{MAGRi - mi}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

em que

% AGRi = proporção de agregados estáveis em água em determinada classe (i);

MAGRi = massa de agregados + partículas simples na classe i;

mi = massa de partículas simples ou partículas simples (areia, raízes, conchas, cerâmica, carvão, ossos, etc.) na classe i;

O diâmetro médio ponderado (DMP) foi obtido pela seguinte equação:

$$DMP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n DMi(MAGRi - mi)}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \quad (2)$$

em que

DMi = Diâmetro médio ponderado da classe i (mm);

O diâmetro médio geométrico (DMG) foi obtido pela seguinte equação:

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi) \log Dmi}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \quad (3)$$

Os atributos químicos determinados por Embrapa (1997), foram: pH em H₂O na proporção 1:2,5. O K⁺ e Na⁺ trocáveis e P assimilável foram extraídos com Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama e espectrofotômetro, respectivamente. A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol a pH 7,0 por titulação com solução de NaOH 0,0250 N. Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ Al³⁺ foram extraídos com solução de KCl N sendo Ca²⁺ e Mg²⁺ determinadas por espectroscopia de absorção atômica. O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley Black, por oxidação úmida com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,4 molL⁻¹. A análise textural foi determinada por Gee and Bauder (1986).

3. 4 Análise estatística

Os resultados da distribuição do tamanho de agregados em cada classe foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% e posteriormente submetidos à análise de variância e teste t a 5%, a proporção geral das amostras em agregados e partículas simples, o DMP, o DMG e carbono foram submetidos ao teste t a 5% e teste de Tukey a 5% utilizando o software Action Stat, e Análise de Componentes Principais utilizando o software Past.

3. Resultados e discussão

3.1 Distribuição geral do tamanho de agregados e partículas simples

A proporção dos agregados e partículas simples das amostras em cada profundidade avaliada está na figura 8. A maior porcentagem de partículas simples se deu na área adjacente do sítio Forte, o que possivelmente pode ter ocorrido pela maior proporção de areia contida nestas profundidades, compondo por hora os agregados. Ao passo que no sítio Forte, com maior proporção de agregados a interferência das conchas, aparentemente em estado de decomposição mais avançado, aliada a MO destes solos possivelmente formou agregados mais estáveis.

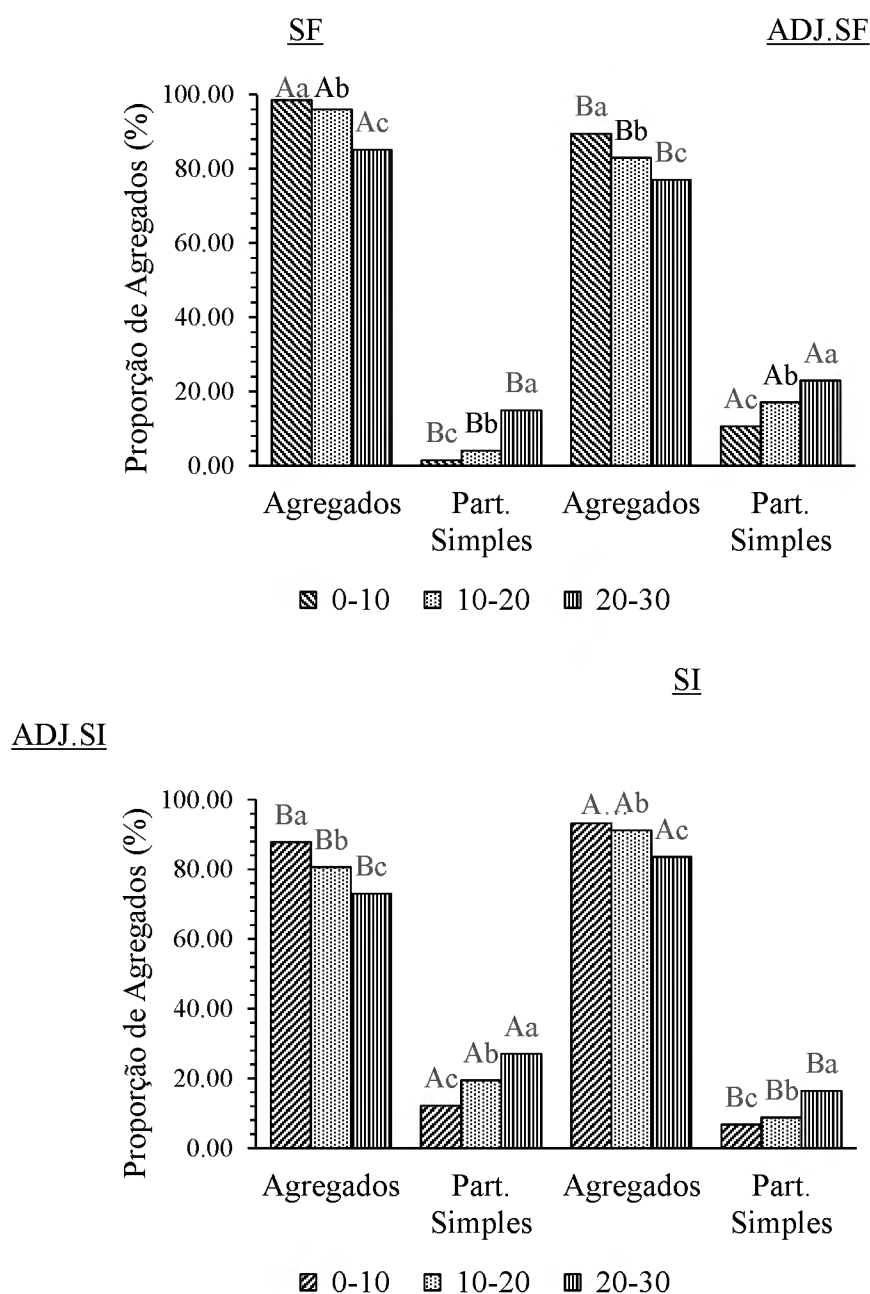


Figura 8: Proporção de agregados e partículas simples de todas as classes de diâmetro nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30 cm.

SF: Sítio Forte; ADJ.SF: Área adjacente ao sítio Forte; SI: Sítio Ibama e ADJ.SI: Área adjacente ao sítio Ibama. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste t a 5% para sítio e área adjacente e médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% para as diferentes profundidades.

Em todas as áreas houve decréscimo em profundidade da resistência a desagregação e aumento da porcentagem de partículas simples, o que nos sítios é atribuído, sobretudo no sítio Ibama, a maior concentração de fragmentos cerâmicos no interior dos agregados, visto que este sítio apresenta muitos fragmentos cerâmicos e fragmentos de concha em estado de decomposição aparentemente inferior ao sítio Forte.

3.2 Distribuição do tamanho de agregados em cada classe

Na distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água nas profundidades para os sítios e áreas adjacentes analisados houve maior distribuição nas classes de agregados maiores, entre 4,76-2,00 mm nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, com destaque para sítio Forte, seguido do sítio Ibama, na seguinte ordem de valores: 99,2; 88,2; 72,9 e 44,4 % respectivamente (Figura 9). As áreas adjacentes obtiveram valores inferiores nestas mesmas classes: 11,8; 1,02; 50,27 e 27,71%, respectivamente.

Os altos valores distribuídos na maior classe de agregados, inclusive acima de 90% foram também encontrados por Pantoja et al., (2015) analisando TPA sob pastagem na profundidade 0-5 cm e foram decrescendo em profundidade. Esse decréscimo foi verificado para o sítio Forte e Ibama e suas respectivas áreas adjacentes. Aquino et al., (2014) também analisando TPA obteve valores médios superiores para a área adjacente, 76,38% em comparação com TPA 67,55% na classe <2mm. O que deve estar relacionado à formação da TPA, de origem antrópica que concentra grande quantidade de matéria orgânica derivada da queima parcial do carvão vegetal, deixando este solo mais solto e como consequência a predominância em formações de microagregados (Campos et al., 2012; Aquino et al., 2014).

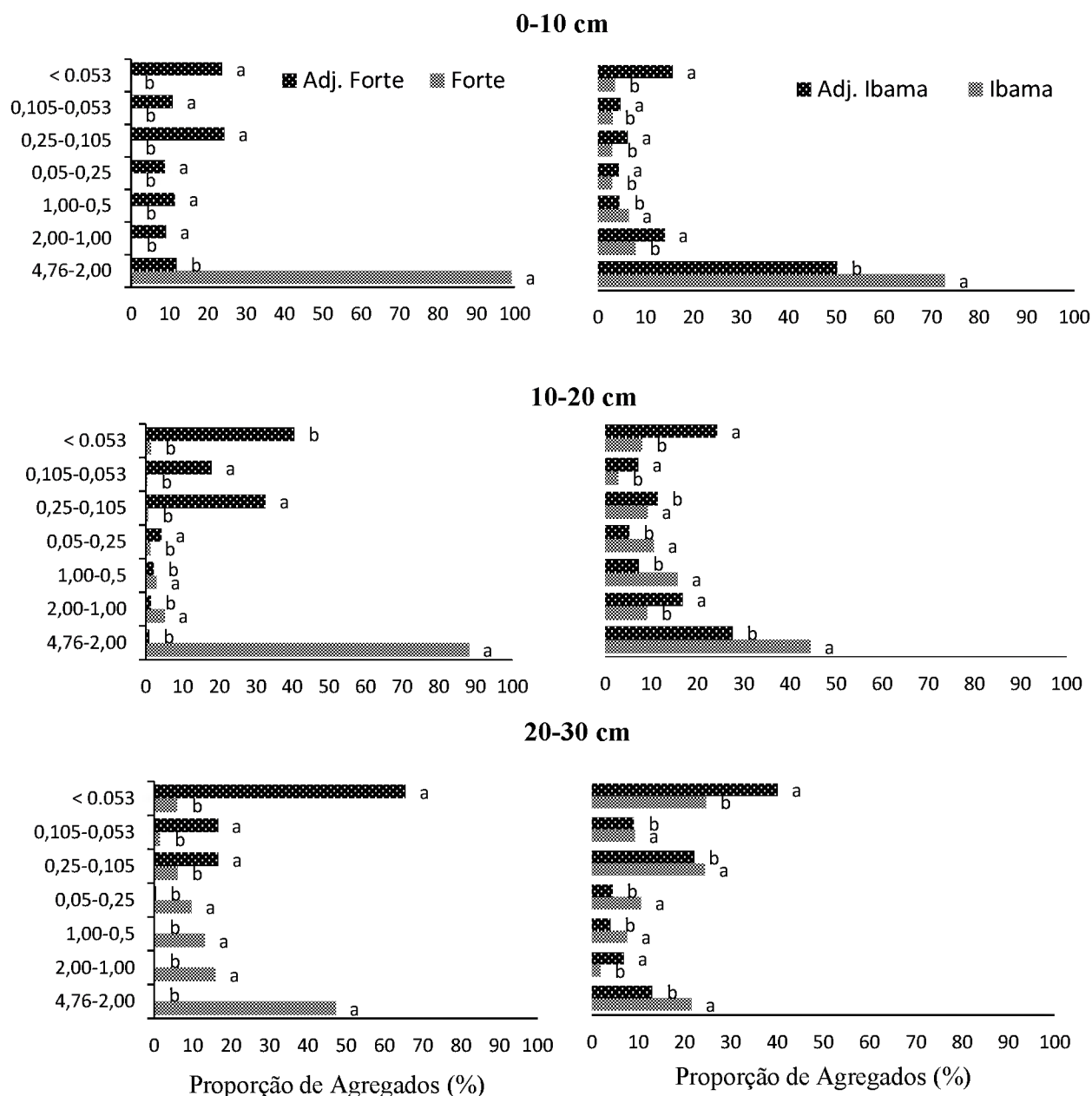


Figura 9: Distribuição de agregados em todas as classes de tamanho analisadas. Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de t a 5% para sítio e área adjacente
Adj: Área adjacente

Os dados apresentados por Aquino et al., (2014) são diferentes dos encontrados neste estudo, aproximando-se dos encontrados por Pantoja et al., (2015), sobretudo quando analisado a concentração em macroagregados ($>0,25$ mm), para as profundidades estudadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Neste caso, tem-se: sítio Forte 99,6; 97,6 e 86,4 %; sítio Ibama 90,3; 79,9 e 41,7%. As áreas adjacentes como esperado, apresentaram concentrações de macroagregados menores comparadas as TPAs associadas a Sambaqui:

área adjacente ao sítio Forte: 41,1; 8,9 e 1,0 % e área adjacente ao sítio Ibama: 73,3; 57,1 e 28,6 %.

3.3 Atributos químicos e textura

Os antropossolos associados Forte e Ibama apresentaram teores elevados de cálcio (Ca^{2+}), variando de 117,7 a 237,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no sítio Forte e 245,7 a 260,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no Ibama (Tabela 1). Adições deste cátion e Mg^{2+} são comumente utilizados na agricultura para corrigir a acidez do solo e disponibilizar nutrientes às plantas.

Entretanto este comportamento nos antropossolos associados está diretamente associado a composição dos materiais adicionados, como as conchas, elevando os teores de cálcio, o que também influenciou nos baixos teores de Mg^{2+} .

Outro papel importante do cálcio está na influência na agregação do solo. Os cátions di e trivalente cálcio e alumínio tem papel importante na floculação das argilas, atuando como neutralizante das cargas negativas, aderindo a sua superfície, além de formar pontes nas partículas de argila (Brady and Weil, 2013).

Tabela 1: Caracterização química de antropossolos associados e áreas adjacentes na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).

Prof.	pH	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	MO
cm	H_2O	----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----								%		mg kg^{-1}	g Kg^{-1}
Sítio Forte													
0-10	7,7	3,5	237,7	0,5	1,1	242,7	0,2	0,2	243,0	99,5	0,5	142,8	77,5
10-20	8,1	4,8	189,2	0,1	0,4	194,5	0,3	0,3	194,8	99,2	0,8	3,1	32,7
20-30	8,2	4,3	117,7	0,1	0,2	122,3	0,2	0,2	122,5	98,9	1,1	0,5	15,2
Adj. Sítio Forte													
0-10	4,5	0,2	4,1	1,2	0,3	5,9	0,7	9,2	15,1	38,8	10,1	1,5	34,5
10-20	4,2	0,1	2,2	1,1	0,2	3,6	1,4	6,8	10,5	34,7	28,3	0,6	12,1
20-30	4,8	0,1	1,4	1,1	0,0	2,6	0,5	4,7	7,3	36,1	14,3	0,2	11,2
Sítio Ibama													
0-10	6,7	4,3	260,7	0,5	1,4	266,9	0,2	1,5	268,4	99,4	0,2	223,5	64,3
10-20	7,2	5,1	272,1	0,1	0,8	278,2	0,2	1,4	279,5	99,2	0,3	55,3	42,3
20-30	7,7	4,2	245,7	0,1	1,2	251,2	0,2	0,8	252,0	99,5	0,2	292,3	42,2
Adj. Sítio Ibama													
0-10	4,4	0,5	4,3	1,7	0,3	6,8	1,0	9,3	16,1	42,1	12,6	1,4	28,4
10-20	4,7	0,1	4,5	1,7	0,2	6,4	1,0	6,1	12,6	51,2	13,1	0,9	22,1
20-30	4,8	0,1	4,0	1,5	0,1	5,7	2,1	6,6	12,3	46,7	26,4	4,2	17,9

CTC: Capacidade de Troca de Cátions a pH 7.

V: Saturação por bases.

M: Saturação por Al.

SB: Soma de bases.

Os teores de carbono foram superiores as áreas adjacentes, entretanto foram considerados baixos para os valores comumente encontrados em solos antrópicos, sendo semelhante aos encontrados por Silva et al., (2011) variando de 0,79 a 60,90 g kg^{-1} que

foram considerados baixos, o que foi atribuído pelos autores a baixa estabilidade do carbono por ocasião do baixo teor de argila.

A origem do Carbono obtidos deve-se principalmente a incorporação de MO que há nos solos antrópicos, um dos principais agentes cimentantes das partículas do solo (Vicente et al., 2012). Além da influência do carbonato de cálcio, presente na composição das conchas de Sambaqui (Teixeira et al., 2012), influenciando a agregação Bastos et al., (2005).

Os teores de carbono orgânico (Figura3) foram superiores as áreas adjacentes, sendo maior no sítio Forte na profundidade 0-10 cm com 51,9 g kg⁻¹, decrescendo em profundidade, já para o sítio Ibama embora os valores tenham decrescido, foram considerados iguais. Os valores de carbono nos sítios analisados foram inferiores aos encontrados por Silva et al., (2016) em TPA sob cultivo de cacau, obtendo: 114; 105; 107 e 101 g kg⁻¹ mm nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm. Entretanto, foram superiores aos encontrados por Silva et al., (2017) com 22,9; 23,2 e 18,0 g kg⁻¹ nas profundidades 0-5; 5-10 e 10-20 cm.

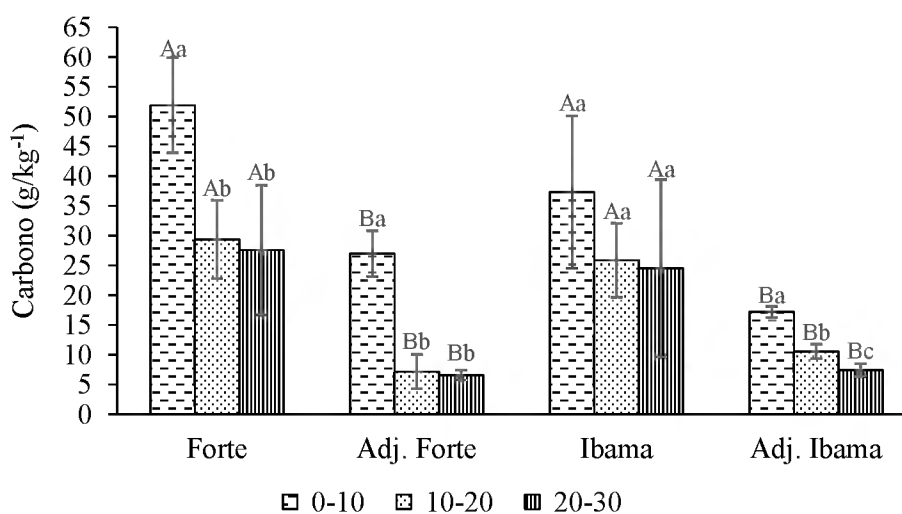


Figura 10: Teores de carbono orgânico nas diferentes áreas e profundidades.

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste t a 5 % para sítio e área adjacente e médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% para as diferentes profundidades.

Em hierarquia, considerando os processos físico-químicos a formação de agregados está associada principalmente com o tipo e teor de argila, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganês, exudatos orgânicos de plantas, substâncias orgânicas provenientes da ação de microrganismos e outros

compostos orgânicos, sendo a MO, os óxidos e os hidróxidos agentes cimentantes, tanto das partículas primárias quanto das partículas secundárias do solo (Bastos et al., 2005).

Tabela 2: Caracterização textural de antropossolos associados e áreas adjacentes na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).

Profundidade (cm)	Areia	Silte g/kg ⁻¹	Argila	Textura
Sítio Forte				
0-10	283	570	147	Franco siltoso
10-20	357	510	133	Franco siltoso
20-30	307	527	167	Franco siltoso
Adj. Sítio Forte				
0-10	378	530	92	Franco siltoso
10-20	407	492	101	Franco siltoso
20-30	374	543	82	Franco siltoso
Sítio Ibama				
0-10	320	538	142	Franco siltoso
10-20	330	523	147	Franco siltoso
20-30	247	610	143	Franco siltoso
Adj. Sítio Ibama				
0-10	118	741	140	Franco siltoso
10-20	294	540	166	Franco
20-30	215	615	169	Franco siltoso

A fração argila foi a menor fração em todas as áreas, tendo a maior fração o silte, com classe textural predominante franco siltosa. Altos valores de silte também foram encontrados por Kern, (1996) no sítio Mina II, também localizado na Floresta Nacional de Caxiuanã.

3.4 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico

A superioridade das maiores classes de agregados influenciou também nos elevados valores observados para o diâmetro médio ponderado (DMP) e para o diâmetro médio geométrico (DMG). De acordo com Hickmann et al., (2011) o DMP será maior quanto maior a proporção da classe de maior tamanho e já o DMG representa apenas uma estimativa das classes de agregados de maior ocorrência.

Os valores de DMP nas TPA's associadas a sambaqui apresentaram-se superiores as áreas adjacentes ($p < 0,005$), com destaque para o Sítio Forte com 3,4; 3,1 e 2,0 mm (Figura 11). Estes valores foram semelhantes aos encontrados por Pantoja et al., (2015) que obteve DMP 3,06; 2,79 e 2,27 mm nas profundidades 0-5; 10-20 e 20-30 cm, respectivamente, os quais decresceram conforme assim como os teores de carbono orgânico, semelhante aos resultados deste estudo. Em TPA sob floresta nativa Silva et al

(2017) nas mesmas profundidades aqui apresentadas, obtiveram DMP de 3,09; 2,74 e 1,96 mm mostrando-se inferiores aos obtidos no sítio Ibama que foram 2,65; 1,82 e 0,91 mm.

Os valores de DMG alcançaram para o sítio Forte 3,31; 2,73 e 1,16 mm, já o sítio Ibama: 1,84; 0,91 e 0,24 mm, os quais sofreram redução considerável em profundidade se comparados com os resultados obtidos por Silva et al., (2016) obtendo: 2,6;2,5; 2,5; 2,5 mm nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm e Silva et al., (2017) 2,74; 2,08 e 1,21 nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm.

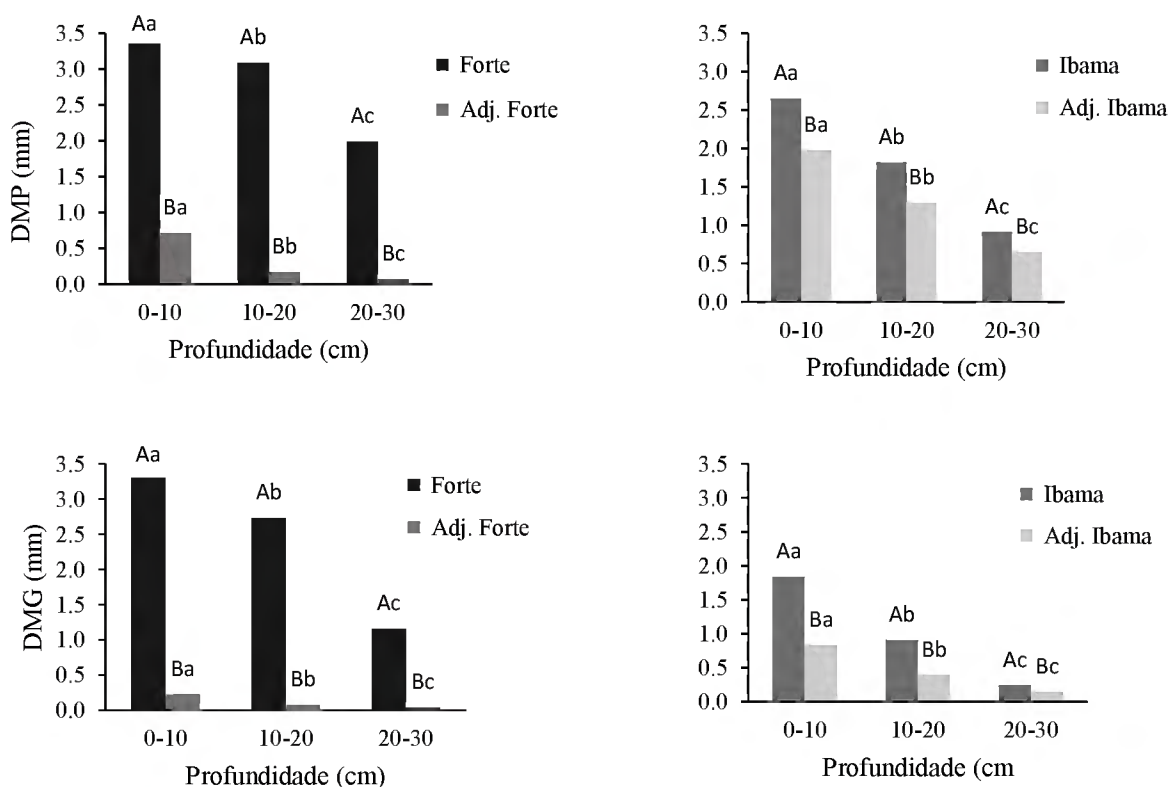


Figura 11: Diâmetro médio Ponderado e Diâmetro Médio Geométrico das TPA's associadas a sambaqui e suas respectivas áreas adjacentes

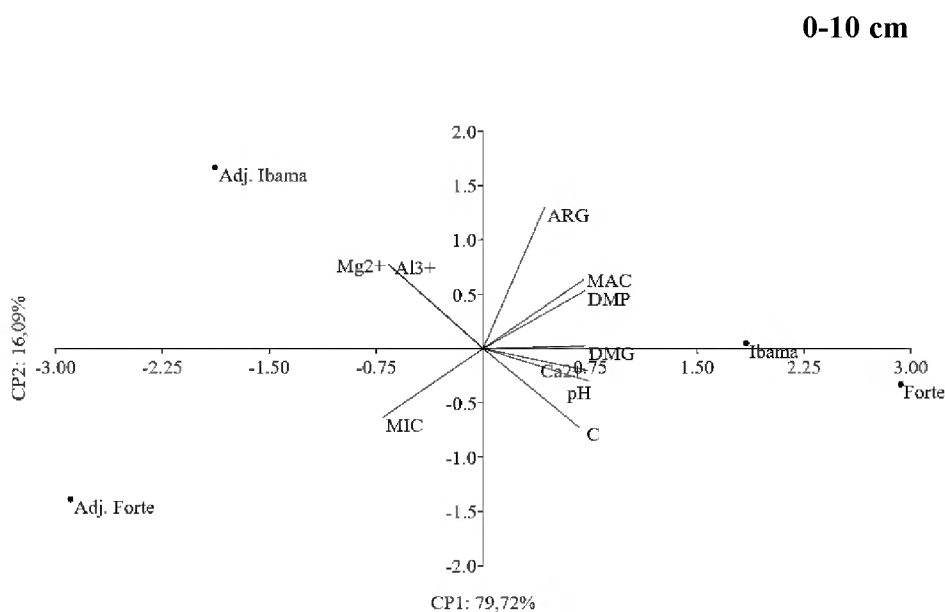
Adj: Área adjacente

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste t a 5 % para sítio e área adjacente e médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% para as diferentes profundidades.

Os dois primeiros componentes gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) foram usados para explicar a variação total dos antropossolos associados nos sítios arqueológicos e nas áreas adjacentes analisados com os atributos físicos e químicos do solo. Nas profundidades 0-10; 10-20 e 20-30 cm (Figura 12) o primeiro componente principal (CP1) explicou 79,72; 80,37 e 72,91 %, enquanto que o segundo componente

principal (CP2) explicou 16,09; 13,67 e 19,95 %, respectivamente, totalizando 95,81; 94,04 e 92,91 da variância total acumulada entre as áreas. O que de acordo com Campos et al., (2013), para estudos de solos, valores acima de 70% da variância total acumulada são considerados valores aceitáveis, validando assim as informações do trabalho em questão.

A dispersão gráfica das áreas estudadas (Figura 12) evidencia dissimilaridade entre as áreas adjacentes e delas com os sítios em todas as profundidades, o que também foi constatado entre os sítios Ibama e Forte na profundidade 20-30 cm, entretanto nas profundidades 0-10 e 10-20 cm houve similaridade entre os sítios, sendo maior na segunda profundidade. Esta similaridade nas primeiras camadas possivelmente está relacionada as semelhanças em ambos os sítios apresentando camada inicial com fragmentos de conchas, cerâmica, carvão e TPA bem definida, seguida de camada de conchas, a ponto que a dissimilaridade ocorre a partir desta, pois enquanto o sítio Forte continua com camada espessa de conchas o sítio Ibama retoma camada de TPA (20-30 cm).



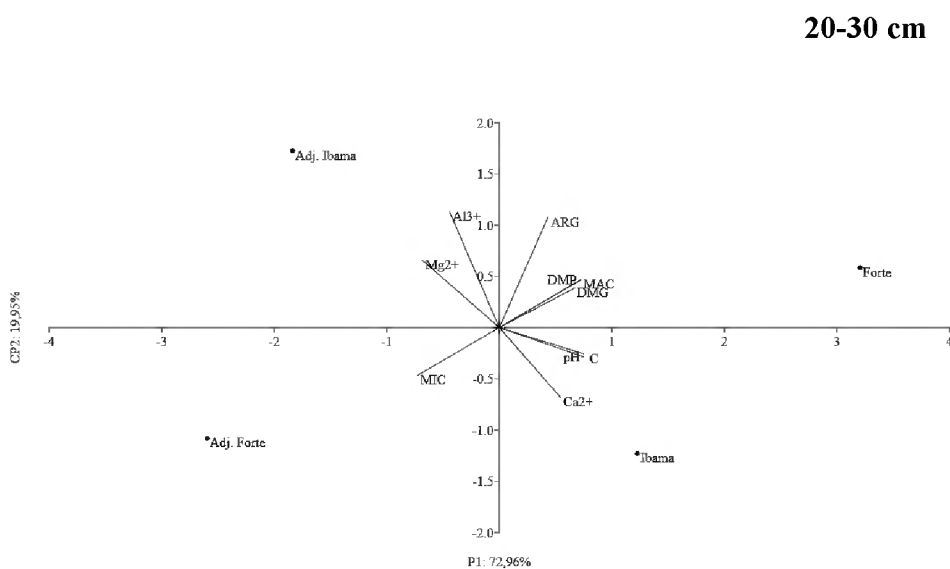
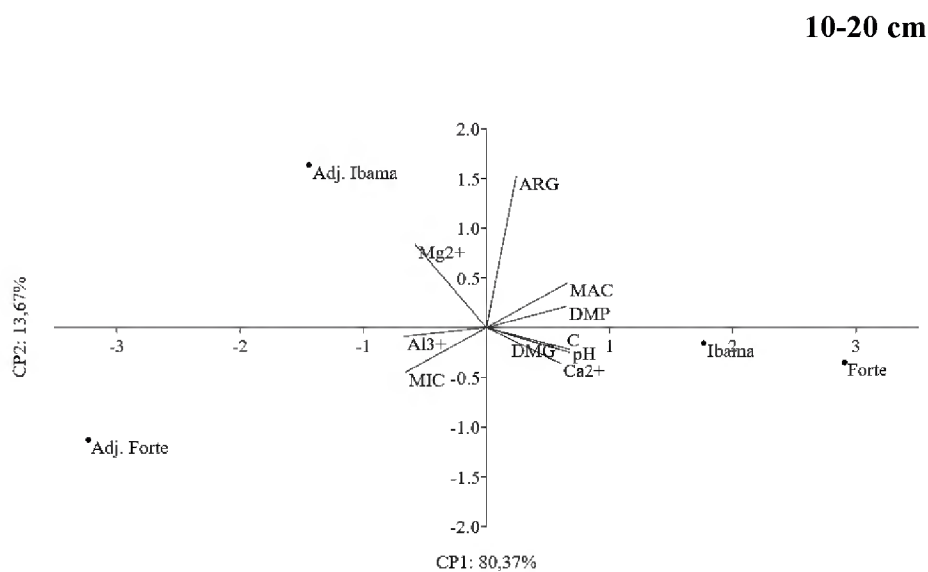


Figura 12: Análise de componentes principais de variáveis relacionadas a estabilidade de agregados em solos antrópicos associados, profundidade 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, na Floresta Nacional de Caxiuanã, PA.

As frações mais associadas ao CP1 nas três profundidades em ordem crescente foram pH, Ca^{2+} , DMG, DMP, MAC, C e ARG com autovetores positivos e MIC, Mg^{2+} e Al^{3+} com autovetores negativos (Tabela 3).

Na profundidade 0-10 cm no CP1 os atributos do solo mais representativos (Tabela 3) foram pH, Ca^{2+} , DMP, DMG e MAC apresentando valores mais elevados e estando associados aos sítios Ibama e Forte. Já no CP2 os atributos mais representativos foram ARG, com maior vetor, associada tanto aos sítios quanto a área adjacente do sítio Ibama e apresentando os menores valores na área adjacente do sítio Forte, e Mg^{2+} e Al^{3+} apresentando teores mais elevados associados a área adjacente do sítio Ibama. Apesar de os MIC não apresentarem representatividade nos CP's foram mais associados a área adjacente do sítio Forte.

A ARG mostrou-se melhor correlacionada ao índice de estabilidade de agregados DMP e aos MAC e negativamente correlacionado aos MIC (Tabela 4 e Figura 5), muito embora estes solos associados contenham nas suas frações granulométricas a argila como menor fração. Tal acontecimento remete a influência da argila na formação e estabilização de agregados maiores. Enquanto o índice DMG mostrou-se correlacionado com os atributos químicos pH, Ca^{2+} e C, evidenciando a contribuição destes atributos na maior ocorrência de agregados maiores e mais estáveis, e negativamente com Mg^{2+} e Al^{3+} , pois a modificação química da solução do solo pode influenciar a estabilidade de agregados, alterando a dispersão ou floculação dos colóides e afetando a agregação das partículas do solo (Seta and Karathanasis, 1997).

Na profundidade 10-20 cm ocorreu comportamento semelhante, com exceção ao DMG que ocorreu em quadrante diferente, entretanto permanece com maior representatividade na CP1 e fortemente correlacionado ao pH, Ca^{2+} e C se comparado a profundidade anterior, coincidindo com camada de conchas nesta profundidade. Os altos teores de Ca^{2+} na associação de antropossolos deve-se ao incremento pelas conchas, ricas em carbonato de cálcio (Teixeira et al., 2012), utilizadas também para corrigir a acidez do solo na agricultura (Lo Monaco et al., 2012) como fonte alternativa de resíduos (Lo Monaco et al., 2015)

Na terceira profundidade 20-30 cm houve dissimilaridade entre os sítios com maior representatividade na CP1 para as variáveis pH, DMP, DMG, MAC e C. Na CP2 a maior representatividade foi da ARG e Al^{3+} . Os índices de estabilidade e MAC foram direcionados ao sítio Forte, sendo melhor correlacionados a ARG. O que indica melhor estado de agregação, nesta profundidade, em relação ao sítio Ibama que continuou

apresentando correlação positiva com Ca^{2+} , pH e C. Este comportamento no sítio Forte está relacionado a redução do Ca^{2+} , C e aumento do teor de ARG nesta profundidade.

Tabela 3: Cargas relativas nos componentes principais para os atributos de Antropossolos associados e áreas adjacentes na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA)

Atributos do solo	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
pH	0,348	-0,140	0,349	-0,129	0,361	-0,138
Ca^{2+}	0,341	-0,094	0,311	-0,186	0,263	-0,330
Al^{3+}	-0,301	0,352	-0,345	-0,045	-0,214	0,548
Mg^{2+}	-0,308	0,360	-0,299	0,433	-0,331	0,318
DMP	0,332	0,248	0,334	0,110	0,348	0,225
DMG	0,337	0,012	0,306	-0,114	0,324	0,186
MAC	0,329	0,296	0,339	0,231	0,350	0,225
MIC	-0,329	-0,296	-0,339	-0,231	-0,350	-0,225
C	0,312	-0,336	0,350	-0,114	0,362	-0,124
ARG	0,201	0,607	0,125	0,784	0,209	0,519

pH: pH medido em água; Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} : cálcio, alumínio e magnésio disponíveis; DMP: diâmetro médio ponderado; DMG: diâmetro médio geométrico; MAC: macroagregados; MIC: microagregados; C: carbono orgânico e ARG: teor de argila do solo.

Tabela 4: Coeficientes de correlação das componentes principais para os atributos de Antropossolos associados e áreas adjacentes na a Floresta Nacional de Caxiuanã (PA)

Atributos do solo	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
pH	0,981	-0,178	0,988	-0,151	0,976	-0,195
Ca^{2+}	0,963	-0,119	0,883	-0,217	0,710	-0,465
Al^{3+}	-0,849	0,446	-0,977	-0,053	-0,578	0,773
Mg^{2+}	-0,872	0,458	-0,848	0,506	-0,893	0,449
DMP	0,937	0,314	0,950	0,129	0,940	0,317
DMG	0,954	0,015	0,865	-0,133	0,873	0,263
MAC	0,926	0,375	0,961	0,271	0,945	0,317
MIC	-0,926	-0,375	-0,961	-0,271	-0,945	-0,317
C	0,879	-0,426	0,990	-0,133	0,979	-0,175
ARG	0,568	0,771	0,354	0,918	0,563	0,733

pH: pH medido em água; Ca^{2+} , Al^{3+} , Mg^{2+} : cálcio, alumínio e magnésio disponíveis; DMP: diâmetro médio ponderado; DMG: diâmetro médio geométrico; MAC: macroagregados; MIC: microagregados; C: carbono orgânico e ARG: teor de argila do solo.

3. Conclusão

O sítio Ibama possui a maior proporção de partículas simples, atribuídas a maior concentração de fragmentos cerâmicos, de carvão e conchas em menor estado de degradação, dada a cronologia mais recente.

Os teores elevados de cálcio, característica dos sambaquis, e os teores de carbono orgânico estável das TPA's influenciam positivamente o estado de agregação dos antropossolos associados nas profundidades 0-10 e 10-20 cm nos dois sítios.

No sítio Forte, à medida que o teor de C e Ca^{2+} reduzem, profundidade 20-30 cm, o teor de argila é o que mais influencia nos atributos da estabilidade de agregados, conferindo melhor resistência a desagregação.

4. Referências Bibliográficas

- Aquino, R.E., Campos, M.C.C., de Oliveira, I.A., Marques Junior, J., Silva, D.M.P., Silva, D.A.P., 2014. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de manicoré, AM. *Biosci. J.* 30, 988–997.
- Bastos, R.S., De Sá Mendonça, E., Alvarez V., V.H., Corrêa, M.M., Da Costa, L.M., 2005. Formação e estabilização de Agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 29, 21–31. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100003>
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2013. *Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos*. Bookman.
- Campos, M.C.C., Alho, L.C., Silva, D.A.P. da, Soares, M.D.R., Cunha, J.M. da, Silva, D.M.P. da, 2016. Distribuição espacial do efluxo de CO_2 em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau e café no município de Apuí, AM, Brasil. *Rev. Ambient. Água* 11, 788–798. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Campos, M.C.C., Antônio, L., Marcelo, D., Mantovanelli, B.C., Dayron, M., Soares, R., 2012. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas Physical and chemical characterization of archaeological dark earths and non- anthropogenic soils the Manicore, region, Amazon 102–109.
- Campos, M.C.C., Ribeiro, M.R., Souza Junior, V.S., Ribeiro Filho, M.R., Aquino, R.E., Oliveira, I.A., 2013. Geomorphic Surfaces and Soil Attributes in a Toposquence of the Low Land/High Land. *Biosci. J.* 29, 132–142.
- Campos, M.C.C., Ribeiro, M.R., Souza Júnior, V.S., Ribeiro Filho, M.R., Souza, R.V.C., 2011. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia* 70, 598–609.

- Cesário, F. V., Donagemma, G.K., Ruiz, H.A., Balieiro, F. de C., 2010. Estabilidade de agregados em água: análise crítica e padronização. *Embrapa Solos. (Embrapa Solos. Bol. Pesqui. e desenvolvimento, 57)* 1–7.
- Corrêa, G.R., Ernesto, C., Gilkes, R.J., 2013. Phosphate location and reaction in an archaeoanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. *Quat. Int.* 315, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.036>
- Corrêa, G.R., Schaefer, C.E.G.R., Melo, V.D.F., Souza, K.W. De, Ker, J.C., Morais, I., Rodrigues, M., Senra, E.O., 2011. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the região dos lagos, rio de janeiro, Brazil. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 35, 1100–1111.
- Costa, J.A., Lima da Costa, M., Kern, D.C., 2013. 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. *J. Archaeol. Sci.* 40, 2771–2782. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.027>
- Dexter, A.R., 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* 11, 199–238. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(88\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(88)90002-5)
- Santos, L.A.C., Campos, M.C.C., de Aquino, R.E., Bergamin, A.C., da Silva, D.M.P., Marques Junior, J., França, A.B.C., 2013. Caracterização de terras pretas arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 37, 825–836. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400001>
- Embrapa, Claessen, M.E.C., Barreto, W.D.O., Paula, J.L. De, Duarte, M.N., 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*, Embrapa. <https://doi.org/1517-2627>
- Falcão, N.P.S.; Clement, C.R.; Tsai, S.M.; Comerford, N.B. 2009. Pedology, fertility, and biology of Central Amazonian Dark Earths. In: Woods, W.I.; Teixeira, W.G.; Lehmann, J.; Steiner, C.; WinklerPrins, A.M.G.A.; Rebellato, L. (Ed.). *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision*. Springer, Berlin. p. 213-228.
- Ferreira Da Costa, R., Costa, A.C.L. da, Meir, P., Malhi, Y., Fisher, R.A., Braga, A.P., Oliveira, P.J., Silva Júnior, J.A., Gonçalves, P.H.L., Costa, J.M.N., Vale, R.L., Sotta, E.D., Cohen, M.L., Ruivo, M.L., Silva, R.B.C., Andrade, V.M.S., Grace, J., 2003. Projeto LBA / Esecafloor em Caxiuanã: Características, Atividades e Resultados. *Proj. Esacafloor* 6262, 5–7.
- Fonseca, D., Silva, S.F.S.M. da, 2017. Os pescadores, coletores e caçadores holocênicos dos litorais Sul e Norte do Brasil: considerações sobre os sambaquis. *Clio Arqueol.* V32N1, 95–145. <https://doi.org/10.20891/clio.V32N1p95-145>

- Gernet, M.V., Melo, V.F., Dieckow, J., Lima, V.C., Silva, W.T.L., 2014. Genesis and occupancy of a shell midden on Paraná State coast, Brazil. *Quat. Int.* 352, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.044>
- Glaser, B., 2007. Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 362, 187–196. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1978>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., Zech, W., 2001. The ‘Terra Preta’ phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 88, 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Hickmann, C., da Costa, L.M., Schaefer, C.E.G.R., Fernandes, R.B.A., 2011. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um argissolo vermelhoamarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 35, 2191–2198. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600034>
- Kämpf, N., Kern, D.C., 2005. O SOLO COMO REGISTRO DA OCUPAÇÃO. *Tópicos Ciência do Solo* 4, 277–320.
- Kemper, W.D., Chepil, W.S., 1965. Size Distribution of Aggregates, in: *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties.* pp. 499–510. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.1.c39>
- Kern, D.C., 1996. *Geoquímica e Pedogequímica em sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-PA).*
- Kern, D.C., Kämpf, N., Woods, W.I., Denevan, W.M., Costa, M.Li. da, Frazão, F.J.L., Sombroek, W., 2009. Parte II As Terras Pretas de Índio na Amazônia, in: Teixeira, W.G., Kern, D.C., Madari, B.E., Lima, H.N., Woods, W. (Eds.), . *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, pp. 72–81.
- Kern, D.C., Lima, H.P., Kämpf, N., Amorim, J., Moraes, B.M., Lima, H.V. De, Ribeiro, A.B., 2017. *Terras pretas : Approaches to formation processes in a new paradigm.* Wiley 694–706. <https://doi.org/10.1002/gea.21647>
- Lemos, V.P., Costa, M.Li. da, Gurjão, R. da S., Kern, D.C., Mescouto, C.S.T., Lima, W.T. dos S. de, Valentim, T.L., 2009. Comportamento do arsênio em perfis de solos do Sítio Ilha de Terra de Caxiuanã- Pará. *Rev. Esc. Minas* 62, 139–146.
- Lo Monaco, P.A. V., Júnio Roldi, G., Vieira, G.H.S., 2015. Conchas de ostras e cascas de ovos moídas como corretivos da acidez do solo. *Eng. na Agric.* 23, 584–590.
- Lo Monaco, P.A. V., Matos, A.T., Eustáquio Júnior, V., Ribeiro, I.C.A., Teixeira, D.L.,

2012. Utilização do farelo de conchas de vôngole na adsorção de fósforo e como corretivo da acidez do solo. *Eng. Agrícola* 32, 866–874. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000500006>
- Macedo, R.S., Teixeira, W.G., Corr, M.M., Martins, G.C., Vidal-torrado, P., 2017. Pedogenetic processes in anthrosols with pretic horizon (Amazonian Dark Earth) in Central Amazon , Brazil. *PLoS One* 1–19.
- Montag, L.F. de A., Freitas, T.M. da S., Wosiacki, W.B., Barthem, R.B., 2008. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel , Pará - Brasil). *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi* 3, 11–34.
- Moraes, E.R. De, Cristinne, A., Elias, N., Ferreira, M., Menezes, F.G. De, 2018. Revista de Agricultura Neotropical Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio 60–65.
- Natale, W., Rozane, D.E., Parent, L.E., Parent, S.-É., 2012. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. *Rev. Bras. Frutic.* 34, 1294–1306. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400041>
- Oades, J.M., 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76, 319–337. <https://doi.org/10.1007/BF02205590>
- Oliveira, L.L. De, Costa, R.F. Da, Costa, A.C.L. Da, Sousa, F.D.A.S. De, Braga, A.P., 2008. Modelagem da interceptação na Floresta Nacional de Caxiuanã, no Leste da Amazônia. *Rev. Bras. Meteorol.* 23, 318–326. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862008000300006>
- Palmeira, P.R.T., Pauletto, E.A., Teixeira, C.F.A., Gomes, A.S., Silva, J.B., 1999. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 23, 189–195. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000200001>
- Pantoja, J.C.M., Cunha, J.M., Campos, M.C.C., Silva, L.F.D., Mendonça Júnior, A.F., 2015. Distribuição dos agregados em terra preta arqueológica de áreas cultivadas no município de Novo Aripuanã, Amazonas. *Rev. Verde Agroecol. e Desenvol. Sustentável* 10, 91. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i4.4425>
- Pessoa Junior, E.S.F., Souza, W.B. de, Souza, K. dos S. de, Pio, M.C. da S., Santana, G.P., 2012. Terra preta de índio na região amazônica. *Sci. Amaz.* 1, 1–8.
- Salton, J.C., Mielniczuk, J., Bayer, C., Boeni, M., Conceição, P.C., Fabrício, A.C., Macedo, M.C.M., Broch, D.L., 2008. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 32,

- 11–21. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100002>
- Schmidt, M.J., 2016. A Formação da Terra Preta: análise de sedimentos e solos no contexto arqueológico, in: Magalhães, M.P. (Ed.), . *Amazônia Antropogênica*, Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 429.
- 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., 2014. Dark earths and the human built landscape in Amazonia: A widespread pattern of anthrosol formation. *J. Archaeol. Sci.* 42, 152–165. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.002>
- Silva, Douglas Marcelo Pinheiro da; Cmapos, Milton Cesar Costa; Alho, Leandro Coutinho; Cunha, Jose Mauricio da, Paula Neto, P. de, 2016. Variação espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em área de terra preta arqueológica sob cultivo de cacau. *Rev. Bras. Agroecol.* 11, 179–187.
- Silva, F.W.R., Lima, N.H., Teixeira, W.G., Motta, M.B., Santana, R.M., 2011. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (terras pretas de índio) na amazônia central. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 35, 673–681. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150068>
- Silva Júnior, J. de A., Costa, A.C.L., Azevedo, P.V., Costa, R.F., Metcalfe, D.B., Golçalves, P.H.L., Braga, A.P., Malhi, Y.S., Aragão, L.E.O.C., Meir, P., 2013. Fluxo de CO₂ do solo na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR / LBA. *Rev. Bras. Meteorol.* 28, 85–94. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000100009>
- Silva, L.F.D., Cunha, J.M., Campos, M.C.C., Lima, A.F.L., Pantoja, J.C.M., Soares, M.D.R., Mantovanelli, B.C., 2017. Variabilidade espacial de agregados e estoque de carbono em solos antropogênicos sob floresta nativa Spatial variability of aggregates and carbon stock in anthropogenic soils under native forests. *Nativa* 5, 540–547.
- Silveira, M.I. da, Oliveira, E.R.D.O., Kern, D.C.K., 2011. O sítio Jabuti , em Bragança , Pará , no cenário arqueológico do litoral amazônico Site Jabuti , in Bragança , State of Pará , in the archaeological scenario of the Amazonian coastal landscape. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi* 6, 335–345.
- Silveira, M.I. da S., Schaan, D.P., 2010. A vida nos manguezais : a ocupação humana da Costa Atlântica durante o. *Arqueologia* 35–48.
- Silveira, M.I. da S., Schaan, D.P., 2005. Onde a Amazônia encontra o mar : estudando os

- sambaquis do Pará Pesquisas anteriores no litoral do Salgado As primeiras informações disponíveis. *Rev. Arqueol.* 67–79.
- Souza, L.C. De, Lima, H.V. De, Rodrigues, S., Kern, D.C., 2016. Chemical and physical properties of an anthropogenic dark earth soil from Bragança , Para , Eastern Amazon. *Acta Amaz.* 46, 337–344. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505663>
- Souza, L.C. De, Souza, L.C. De, Gerusa, L., Lima, S., Lima, V. De, 2014. Caracterização química em horizonte antrópico no Pará Chemical characterization anthropic horizon in Pará. *Rev. Verde Agroecol. e Desenvolv. Sustentável* 9, 340–344.
- Teixeira, W. G.; Lima, R.A., 2016. Anais do IV Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico, in: *O Solo Modificado Pelo Homem (Solo Antrópico) Como Artefato Arqueológico*. Rio de Janeiro, pp. 123–147.
- Teixeira, W.G., Plens, C.R., Figuti, L., 2012. Caracterização de um perfil de solo desenvolvido no sambaqui fluvial Moraes, município de Miracatu – SP 1. *Rev. Mus. Arqueol. e Etnol.* 22, 181–194.
- Troeh, F.R., Thompson, L.M., 2007. *Solos e Fertilidade do Solo*, Sexta. ed. Blackwell Publishing Ltda, Oxford.
- Vasconcelos, B.N.F., Ker, J.C., Schaefer, C.E.G.R., Poirier, A.P.P., Andrade, F.V., 2013. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cástico no Norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 986–996.
- Vezzani, F.M., Mielniczuk, J., 2011. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* 35, 213–223. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>
- Vicente, T.F. da S., Pedrosa, E.M.R., Rolim, M.M., Oliveira, V.S., Oliveira, A.K.S., Souza, A.M.P.L., 2012. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.* 16, 1215–1222. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001100010>
- Yoder, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28, 337–351. <https://doi.org/10.2134/agronj1936.00021962002800050001x>

5. CONCLUSÕES GERAIS

O termo antropossolos associados é neste caso específico proveniente da associação de TPA com Sambaqui. Este tipo de associação apresentou características físicas e químicas distintas quando comparadas ao Sambaqui e TPA separadamente.

Os antropossolos apresentaram resistência a desagregação elevada nas classes de maior diâmetro, demonstrando uma maior estabilidade destes agregados o que influencia diretamente na qualidade do solo apontando assim como a TPA alternativas de manejo para a sustentabilidade e manejo de áreas cultivadas.