Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Caracterização antracológica, físico-química, isotópica e molecular
da Terra Preta do Sítio Arqueológico Porto, Santarém, PA**

Álisson Rangel Albuquerque

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2017

Álisson Rangel Albuquerque
Engenheiro Florestal

**Caracterização antracológica, físico-química, isotópica e molecular
da Terra Preta do Sítio Arqueológico Porto, Santarém, PA**

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MARIO TOMMASIELLO FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Albuquerque, Álisson Rangel

Caracterização antracológica, físico-química, isotópica e molecular da Terra Preta do Sítio Arqueológico Porto, Santarém, PA / Álisson Rangel Albuquerque. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2017.

184p. :il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP,

1. Terra Preta Arqueológica 2. Arqueologia amazônica 3. Antracologia 4. Isótopos estáveis 5. Pirólise. I. Título

"Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente". (Henfil)

AGRADECIMENTOS

A minha amiga, esposa e companheira Raquel A. Rangel por todo amor e apoio incondicional a minhas ideias. Por me ajudar nas noites em claro (sempre me fazendo companhia), pela revisão do texto desta Tese e principalmente por ser o meu espelho.

A minha filha Sophia A. Rangel por sempre me encher de carinho, por compreender todas as minhas ausências e por ser esta criança tão especial,

Aos meus pais João Rangel e Elza A. M. Rangel por sempre acreditar, incentivar e apoiar os meus sonhos.

A minha irmã Aline M. R. Bacelar por todo o carinho e confiança.

Ao meu orientador Mario Tommasiello Filho por todo suporte que me deste para o desenvolvimento deste trabalho.

A Profa. Rita Scheel-Ybert pela amizade, ensinamentos e conversas.

A toda a equipe envolvida diretamente na pesquisa e estudo do Sítio Porto - Santarém: (a) Pesquisadores: Denise P. Schaan (Coordenadora), Camila Guarim, Daiana T. Alves, Joana Troufflard, Rhuan C.S. Lopes, Anne R.P-Daniel; (b) Técnicos de campo e laboratório: André dos Santos, Ana B.C. da Silva, Raimundo R. da Silva, Juliano S. Pereira; (c) Assistentes de campo: Cliverson G.P. da Silva, Raquel Lopes, Tallyta S.A. da Silva; (d) Estudantes da Ufopa: Alvina M.P da Cinha, Hesley C.M. Goés, Manoel F.M Santos, Natale P. Cassuli Neto, Nei R.G. Monteiro; (e) Estudante UFPA: Felipe Silva; (f) Auxiliares: Antony J.T. Esquerdo, José R.X. dos Santos, Mairon S.N. Mello, Marcos L.M. da Silva, Patrick A.S. Félix, Rainilson L. da Silva, Rômulo H.R. de Aguiar, Sandro L.P. Perna, Wanderson F. Licata, Weslysson G.R. Fernandes.

Ao amigo Prof. Victor P. Moutinho da UFOPA pelas conversas, hospedagem, contatos e disponibilidade.

A Profa. Lilian Rebellato da UFOPA pelas conversas, dicas de material bibliográfico e pela parceria na coleta e análise do solo.

Ao Prof. João R.V. Gama da UFOPA pela ajuda com a coleta de material recente e pela disponibilidade de dados.

Aos Profs. José A. Bendassoli e Paulo C. O. Trivelin do LIE CENA/USP pela parceria na análise de ^{13}C do solo.

Ao Prof. Luiz Carlos R. Pessenda do Laboratório de ^{14}C do CENA/USP por todas as considerações em minha qualificação e em minha defesa.

Ao Carlos R. San'Ana Filho do LIE CENA/USP pela ajuda com gráficos de ^{13}C e ideias de análise.

A Guaciara M. dos Santos da UC Irvine pela datação dos carvões, conversas por e-mail, e correções assíduas, pertinentes e extremamente construtivas desta Tese.

Ao Grupo do Laboratório de Gênese e Classificação de Solos do Dpto de Solos da ESALQ/USP por toda a ajuda com as análises de solo: Prof. Pablo V. Torrado, Mariane Chiapini e Rodrigo Macedo.

A Dra. Judith Schellekens por toda a ajuda no decorrer desta tese: obtenção dos pirogramas, orientação na etapa de fracionamento, identificação dos compostos, análise estatística e interpretação dos resultados. Por sempre me atender e se dispor em ajudar e principalmente, por me orientar nas diversas etapas desta tese.

Ao Dr. Peter Buurman por toda a ajuda na interpretação dos pirogramas e identificação dos compostos orgânicos.

Aos técnicos do Departamento de Solos Luís Silva, Edinéia C. S. Mondoni (Néia), Nivanda M. M. Ruiz, Reginaldo N. Nogueira (Rossi) e Wladimir Rosignolo (Wladi).

Ao Prof. Luiz C.R. Pessenda do Laboratório de ^{14}C do CENA/USP, pelas conversas, apontamentos e críticas construtivas as quais fizeste a este trabalho, permitindo assim uma abordagem mais significativa.

Ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) pelas análises com auxílio da linha IMX. Em especial a Douglas Galante, Francis P. O'Dowd, Gabriel S. R. Conta, Lara Maldanis, Nathaly L. Archilha.

A Maria R.C. Bermudez pela amizade, conselhos e ajuda durante todo o período que passei no LAIM. E também pelos cafezinhos, sempre reanimadores.

Aos amigos Ananias F. Dias Júnior do LQCE ESALQ/USP pelas conversas, risadas e pela ajuda na caracterização energética, e Gabriel Coletta do Herbário ESA ESALQ/USP pela ajuda na identificação e registro do material botânico.

Aos Colegas que conviveram comigo no LAIM (2010-2016) do Depto de Ciências Florestais da ESALQ-USP pelas conversas, parcerias e trocas de experiência, em especial a: Angel T. B. Ferreira, Luciana K. V. S. Sousa, Matheus P. Chagas, Moisés S. Lobão e Raquel S. Medeiros.

Aos discentes do curso de Eng. Florestal da UFOPA pela ajuda na coleta e preparo do material botânico do Bosque Mekdece: Andrea M. Garcia, Arlene M. V. Fernandes, Cezarina S. S. Carvalho, Girlene S. Cruz, Juliane S. Sampaio, José N. M. Rocha, Louise B. Dantas, Peterson S. Souza, Tainara S. Pinto.

Ao técnico de campo (mateiro) da UFOPA, o José N. M. Rocha “Seu Juca” pela ajuda na identificação.

Ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP pelo conhecimento ao qual fui apresentado através de seu corpo docente, discente e técnico.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo apoio ao Projeto de Salvamento do Sítio Porto, permitindo assim a execução deste trabalho.

Ao DTRN/UEPA, em especial aos colegas de trabalho do Campus VIII, ao (ex) coordenador (a) e (ex) chefe de departamento por todo o apoio durante a realização do doutorado.

A CAPES pela bolsa de doutorado.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	21
LISTA DE SIGLAS	23
1 INTRODUÇÃO	25
1.1 Objetivos Geral e Específicos	27
1.1.1 Geral.....	27
1.1.2 Específicos	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1 Sítio Arqueológico PA-ST-42 (Sítio Porto Santarém/PA)	29
2.1.1 Resgate Histórico	29
2.2 Terra Preta de Índio (TPI).....	31
2.3 Estudo de Paleoambientes.....	36
2.3.1 Antracologia	36
2.3.2 Isótopos de Carbono e seu papel na reconstrução do paleoambiente.....	38
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 Sítio PA-ST-42: Sítio Porto Santarém	45
3.1.1 Geomorfologia, Geologia e Solos.....	46
3.2 Metodologia de Escavação.....	47
3.3 Coleta, Armazenamento e Identificação dos carvões	50
3.4 Coleta de solo por perfil estratigráfico	50
3.5 Identificação dos táxons	51
3.5.1 Inventário Florestal no Bosque Mekdece – conhecendo a vegetação nativa do baixo Amazonas	51
3.5.2 Análise Antracológica dos carvões.....	53
3.5.3 Microtomografia de Raio X na linha IMX	55
3.5.4 Análise geoarqueológica	57
3.5.5 Medições de radiocarbono via AMS	62
4 ARQUEOLOGIA AMAZÔNICA – SÍTIO PA-ST-32 (SÍTIO PORTO)	63
4.1 Escavações na área 10A-3	63
4.1.1 Escavação 1 (UTM 21M 751427 L 9732490 N)	65

4.1.2 Escavação 2 (UTM 21M 751429 L 9732498 N)	67
4.1.3 Escavação 3 (UTM 21M 751428 L 9732482 N)	69
4.1.4 Escavação 4 (UTM 21M 751424 L 9732484 N)	71
4.1.5 Escavação 5 (UTM 21M 751424 L 9732462 N)	73
4.1.6 Escavação 6 (UTM 21M 751432 L 9732468 N)	76
4.1.7 Escavação 7 (UTM 21M 751419 L 9732456 N)	78
4.1.8 Escavação 10 (UTM 21M 751434 L 9732458 N)	80
4.1.9 Escavação 11 (UTM 21M 751415 L 9732454 N)	83
4.1.10 Escavação 12 (UTM 21M 751437 L 9732438 N)	87
4.1.11 Escavação 13 (UTM 21M 751431 L 9732464 N)	90
4.2 Escavação na área 10A-4.....	92
4.2.1 Escavação 9 (UTM 21M 751444 L 9732502 N)	92
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
5.1 Cronologia da região Amazônica e do Sítio PA-ST-32	97
5.2 Análise Antracológica para identificação dos Táxons	101
5.3 Caracterização do perfil das escavações do Sítio PA-ST-32 – Sítio Porto, Santarém/PA	109
5.3.1 Físico-química.....	110
5.3.2 Composição Isotópica.....	117
5.3.3 Análise Multivariada Fatorial.....	119
5.3.4 Composição química das amostras – pirólise (CG/EM).....	125
6 CONCLUSÕES.....	131
7 REFERÊNCIAS	133
ANEXOS	153

RESUMO

Caracterização antracológica, físico-química, isotópica e molecular da Terra Preta do Sítio Arqueológico Porto, Santarém, PA

Evidências arqueológicas indicam que as atividades humanas antigas nos habitats amazônicos transformaram significativamente a paisagem na vizinhança dos assentamentos. Um registro marcante são os solos afetados pelo homem pré-histórico e que apresentam cor escura, restos de material arqueológico (fragmentos cerâmicos e de artefatos líticos), fragmentos de carvão vegetal e alta fertilidade. O Sítio Porto Santarém, localizado a margem do rio Tapajós, possui todas as evidências desta ocupação e, por isso, foi escolhido como o objeto deste estudo. O objetivo aqui proposto consiste correlacionar os diferentes métodos analíticos e de interpretação (biológicos, isotópicos, moleculares e de imagem) para compreender os fatores de formação da Terra Preta no Sítio PA-ST-32. Os resultados indicaram um predomínio de cobertura florestal (C_3) em todas as escavações durante a faixa de tempo abordada (400 ± 30 a 3.830 ± 30 anos AP), com enriquecimento isotópico em profundidade, como resultado, provavelmente, da dieta dos indígenas. Também, verificou-se um teor maior de carbono na TPI em relação ao perfil sem a camada antrópica, mas que mostraram valores similares (TIC%) de poliaromáticos oriundos da queima (carvão pirogênico). Foram identificados 100 fragmentos de carvão, onde 62% pertencem aos gêneros representativos da família Fabaceae.

Palavras-chave: Terra Preta Arqueológica; Arqueologia amazônica; Antracologia, Isótopos estáveis, pirólise.

ABSTRACT

Anthrachological, physico-chemical, isotopic and molecular characterization of the Black Earth of the Porto Archaeological Site, Santarém, PA

Archaeological evidence indicates that ancient human activities in Amazonian habitats have significantly transformed the landscape in the vicinity of the settlements. A striking record are the soils affected by prehistoric man and which are dark in color, remains of archaeological material (ceramic fragments and lytic artifacts), fragments of charcoal and high fertility. The Porto Santarém Site, located on the banks of the Tapajós River, has all the evidence of this occupation and, therefore, was chosen as the object of this study. The objective here is to correlate the different analytical and interpretation methods (biological, isotopic, molecular and image) to understand the formation factors of Black Earth in the PA-ST-32 site. The results indicated a predominance of forest cover (C3) in all excavations during the time range (400 ± 30 to $3,830 \pm 30$ years BP), with deep isotopic enrichment, probably as a result of indigenous diet. Also, a higher carbon content was observed in TPI in relation to the profile without the anthropic layer, but they showed similar values (TIC%) of polyaromatics from the burning (pyrogenic charcoal). 100 charcoals fragments were identified, where 62% belong to the representative genus of the Fabaceae family.

Keywords: Amazon Black Earth; Amazonian archeology; Anthracology, Stable isotopes, pyrolysis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Imagem de satélite do sítio porto de Santarém, com identificação das áreas da pesquisa, 10A-3.....46
- Figura 2.** Croqui de disposição das Escavações realizadas em 2013 nas áreas 10A-3, Sítio PA-ST-42: Sítio Porto Santarém.....48
- Figura 3.** Escavação arqueológica realizada em julho de 2013 no Sítio PA-ST-42, Área 10A-3, escavação 11 seguida pelas etapas: **(A)** Delimitação dos grides (1x1 metros); **(B)** início da escavação (superfície, 0-1 centímetros de profundidade); **(C)** Escavação a 5 cm de profundidade; **(D)** escavação concluída; **(E)** peneira suspensa (2x2 mm) para recolhimento de pequenos carvões e/ou líticos; (X-F) toco carbonizado encontrado na escavação 5 a 84 cm de profundidade (2.850 ± 15 BP).....49
- Figura 4.** Inventário realizado no Bosque Meckdece, Santarém-PA: **(A)** Vegetação predominante do fragmento, **(B e C)** Obtenção de material botânico (em triplicata) para montagem e registro das exsicatas, **(D)** Limpeza do material botânico coletado para remoção de sedimentos.....52
- Figura 5.** Seccionamento do carvão vegetal: **(A)** com lâmina de aço; **(B)** manual, **(C)** microscópio de luz refletida.....54
- Figura 6.** Análise dos fragmentos de carvão vegetal. (A) metalização das amostras; (B) amostras inseridas no MEV.....55
- Figura 7.** **(A)** Anel do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM); **(B)** Amostra de Carvão Arqueológico colada no porta-amostra da linha de luz IMX (microtomografia de raio X); **(C)** Amostra de carvão arqueológico.....56
- Figura 8-** Mesa agitadora Reciprocante Marconi, **(B)** Centrífuga Sigma 2-16 PK com rotor Sigma 16151.....58
- Figura 9.** **(A)** Amostra de solo inserida no recipiente de amostra; **(B)** A cápsula sendo inserida no pirolisador; C: Sistema pirólise – CG/EM do departamento de

Ciência do Solo ESALQ/USP. Pirolisador indicado pela seta, abaixo o sistema acoplado de CG/EM. A seta preta indica onde se encontra a amostra de material a ser analisado.....59

Figura 10. Processo para análise isotópica à partir do solo: **(A)** Moinho de bolas e cápsula contendo a amostra de solo, **(B)** lavagem das cápsulas e secagem com ar comprimido, **(C)** balança analítica de precisão por sensor, **(D)** suporte para inserção das cápsulas de estanho contendo as amostras de solo pesadas.....61

Figura 11. **(A)** Espectrômetro de massa ANCA GSL do Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Estudos Nucleares na Agricultura – USP, com **(B)** Placa contendo as cápsulas de estanho +amostras de solo.....62

Figura 12. Perfis norte e leste da escavação 1 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....66

Figura 13. Perfis leste e sul da escavação 2 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....68

Figura 14. Escavação 2 realizada na área 10A-3 no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil): **(A)** fragmentos de cerâmica decorados encontrados no nível 20-30 cm de profundidade, **(B)** abrasadores sulcados encontrados no nível 40-50 cm de profundidade.....68

Figura 15. Perfis norte e leste da escavação 3 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....70

Figura 16. Escavação 3 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto Santarém/PA, Brasil): (A) ossos carbonizados encontrados aos 40 cm de profundidade, (B) concentração de cerâmica e lítico aos 83 cm de profundidade.....70

Figura 17. Perfis das paredes oeste e norte da escavação 4 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....72

Figura 18. Escavação 4 da área 10A-3, Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Satarém/PA, Brasil): **(A)** fragmentos de material lítico encontrados no nível de 40-50 cm de profundidade; **(B)** fragmentos de Cerâmica, e **(C)** face de estatueta.....74

- Figura 19.** Perfis das paredes norte e leste da escavação 5 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....74
- Figura 20.** Escavação 5 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA). (A) material recente encontrado nos primeiros 10 cm e (B) Tronco carbonizado de *Acacia sp* datado de 2.855 AP $\pm$ 15 (UCI).....75
- Figura 21.** Perfis das paredes norte e leste da escavação 6 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....78
- Figura 22.** Vasilha encontrada na Escavação 6 da área 10A-3 do Sítio PA-TS-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil). **(A)** início da presença da vasilha (31 cm de profundidade) e **(B)** totalmente exposta (35 cm de profundidade).....71
- Figura 23.** Perfis das paredes norte e leste da escavação 7 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....79
- Figura 24.** Cerâmicas encontradas na Escavação 7 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA), sendo **(A)** no nível de 10-20 cm e **(B)** 20-30..... 80
- Figura 25.** Perfil da parede norte da escavação 10 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....82
- Figura 26.** Perfil da parede oeste da escavação 10 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....82
- Figura 27.** Escavação 10 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA) **(A-B)** 30-40 cm, fragmentos decorados de cerâmica; **(C)** rodela de fuso coletada aos 39 cm de profundidade na Unidade 1; **(D)** fragmento zoomorfo coletado aos 37 cm, Unidade 2 (tracajá).....83
- Figura 28.** Perfis das paredes norte e leste da escavação 11 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....84
- Figura 29.** Perfis das paredes sul e oeste da escavação 11 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....85

- Figura 30.** Escavação 11 realizada na da área 10A-3 – **(A)** fragmentos de cerâmicas adornadas, **(B)** rodela de fuso.....86
- Figura 31.** Perfis das paredes leste e sul da escavação 12 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....88
- Figura 32.** Escavação 12 da área 10A-3, Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA): (i) nível de 10-20 cm - **(A)** material histórico; e (ii) nível 30-40 cm - material histórico, **(B)** pé de estatueta de cerâmica, **(C)** cerâmica e **(D)** lítico.....89
- Figura 33.** Perfil da parede norte da escavação 13 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....91
- Figura 34.** Escavação 13 da área 10A-3 do Sítio PS-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA): **(A)** Calibradores de arenito, encontrado a 33 cm e **(B)** fragmento zoomorfo, encontrado a 39 cm de profundidade.....92
- Figura 35.** Perfil das paredes sul e oeste da escavação 9 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.....94
- Figura 36-** Croqui das escavações realizadas no Sítio PA-ST-32, Santarém/PA com delimitação das camadas arqueológicas (terra preta e terra mulata) e as idades das amostras datadas.....100
- Figura 37.** Táxons identificados a partir de 100 fragmentos de carvão arqueológico remanescente da cultura tapajônica coletados.....105
- Figura 38.** Eletromicrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura de três fragmentos de carvão arqueológico da Escavação 9, Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém. Fragmento STM-2015-22 (144 cm de profundidade, idade de 3030 ± 30 AP) – (A) plano transversal e (B) plano tangencial. Fragmento STM-2015-23 (124 cm de profundidade, idade de 3830 ± 30 – (C) plano transversal, (D) plano longitudinal tangencial e (E) plano longitudinal radial. Fragmento STM-2014-22 (98 cm de profundidade, idade de 3060 ± 15) – (F) plano transversal, (G) plano longitudinal tangencial e (H) plano longitudinal radial. Fragmento 4 (68 cm de profundidade, idade de 1805 ± 15) – (I) plano longitudinal radial.....95

Figura 39. Fotomicrografias obtidas através da linha IMX (X-ray Imaging) do Laboratório Nacional de Luz Sincroton, CNPEM, dos fragmentos de carvão do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém-PA. Fragmento STM-2015-01 (A, B e C), fragmento STM-2015-02 (C, D e E), fragmento STM-2015-2015-03 (G, H e I) nos planos: transversal (A, D e G), longitudinal tangencial (B, E, H) e longitudinal radial (C, F e I).....107

Figura 40. Fotomicrografias obtidas através da linha IMX (X-ray Imaging) do Laboratório Nacional de Luz Sincroton, CNPEM, dos fragmentos de carvão do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém-PA. Fragmento STM-2015-20 (A, B e C), fragmento STM-2014-21 (C, D e E), fragmento STM-2015-2014-25 (G, H e I) nos planos: transversal (A, D e G), longitudinal tangencia (B, E, H) e longitudinal radia (C, F e I).....108

Figura 41. Gráfico da composição isotópica do carbono ($\delta\text{‰ }^{13}\text{C}$) da matéria orgânica do solo nos perfis estudado.....118

Figura 42. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 1.....122

Figura 43. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 2.....123

Figura 44. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 3.....123

Figura 45. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 4.....124

Figura 46. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 5.....124

Figura 45. Gráfico dos parâmetros (Fy1 a Fy5) em profundidade e por perfil, para interpretação da análise molecular do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto, Santarém/PA.....130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coletas de carvão arqueológico realizadas por nível em cada escavação da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil).....	64
Tabela 2. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 01.....	65
Tabela 3. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 2.....	67
Tabela 4. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 03.....	69
Tabela 5. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 4.....	71
Tabela 6. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 5.....	73
Tabela 7. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 6.....	76
Tabela 8. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 7.....	79
Tabela 9. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto –Santarém/PA), Escavação 10, Unidades 1 e 2.....	80
Tabela 10. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 11.....	84
Tabela 11. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 12.....	87
Tabela 12. Descrição da escavacação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 13.....	90

Tabela 13. Descrição da escavação arqueológica realizada na área 10 Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 9.....	93
Tabela 14. Coletas realizadas por nível na Escavação 9 do Sítio PA-ST-32, Santarém-PA.....	95
Tabela 15. ^{14}C resultados para site de Porto Santarém (PA-ST-42), Brasil, são mostrados como FmC e com idades de ^{14}C não calibradas. O erro 1σ foi calculado com base na contagem de estatísticas e de dispersão em múltiplas medições em cada amostra, juntamente com as incertezas propagadas a partir de normalização para material de referência, subtração de fundo, e correções fracionamento isotópico, após análise instrumental descrito em Santos et al. (2007). Resultados de duplicatas são indicados.....	99
Tabela 16. Lista de espécies encontradas no Bosque Meckdece e identificadas pelo Herbário ESA da ESALQ-USP.....	102
Tabela 17. Características físico-químicas dos perfis escavados no Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA.....	112
Tabela 18. Composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânico do solo nos perfis estudados.....	117
Tabela 19. Proporção da variância explicada pelos fatores de 1 a 5 dentro das escavações no Sítio PA-ST-32, Sítio Porto - Santarém/PA (valores inferiores a 20% explicam a variância).....	120
Tabela 20. Produtos quantificados da pirólise e seu íon fragmentado específico (m/z valores) e tempo de retenção (RT).....	125
Tabela 21. Parâmetros para interpretação da composição molecular da matéria orgânica das amostras de solo dos perfis do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA.....	127

LISTA DE BREVIATURAS E SIGLAS

ADE	Amazon Dark Earth
AMS	<i>Accelerator mass Spectrometry</i>
BC	<i>Black Carbon</i>
^{12}C	Carbono 12
^{13}C	Carbono 13
^{14}C	Carbono 14 (datação radioisotópica)
CAM	Metabolismo Ácido das Crassulácias
CDP	Companhia de Docas do Pará
CENA	Centro de Estudos Nucleares na Agricultura
CNPEM	Centro de Pesquisa em Energia e Materiais
COT	Carbono Orgânico Total
CP	Carvão Pirogênico
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
GC/MS	<i>Gas Chromatograph/Mass Spectrometer</i>
IMX	<i>X-ray Imaging</i>
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LAIM	Laboratório de Anatomia, Densitometria de Raios-X e Identificação de Madeiras – ESALQ/USP
LAP	Laboratório de Arqueobotânica e Paisagem – Museu Nacional?URFJ
LMS	Laboratório Multiusuário de Análises de Solo – ESALQ/USP
L^{14}C	Laboratório de Carbono 14 – CENA/USP
LIE	Laboratório de Isótopos Estáveis – CENA/USP
LNLS	Laboratório Nacional de Luz Sincrotrón - CNPEM
LRQ	Laboratório de Resíduos Químicos – ESALQ/USP
MO	Matéria Orgânica
MOS	Matéria Orgânica do Solo
^{15}N	Nitrogênio 15
PBA	Projeto Baixo Amazonas
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
TPA	Terra Preta Arqueológica
TPI	Terra Preta de Índio
r.p.m	rotações por minuto
UC	Universidade da Califórnia
UTM	Universal Transversa de Mercator
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país detentor da maior área de floresta tropical do mundo, somando cerca de 5,5 milhões de km² ou 65% do seu território (DE HOLANDA et al., 2010). Desse total, 3,3 milhões de km² são florestas tropicais úmidas e estão situadas na Amazônia Legal, abrangendo os estados do Amazonas, Amapá, Acre, Mato Grosso, oeste do Maranhão, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (FERREIRA et al, 2005; VERÍSSIMO et al., 2011). Segundo o IBGE (2010), originalmente, a floresta amazônica ocupava 4 milhões de km², porém o avanço da fronteira agrícola já havia removido cerca de 0,7 milhões de km² até 2010.

De acordo com Rodrigues et al. (1994) e Forzza (2010), a Amazônia constitui-se no maior reservatório de biodiversidade da Terra, concentrando a maior diversidade de Angiospermas. Viana. (2013) infere que da grande variedade de espécies madeireiras na Amazônia, poucas são conhecidas e, até o momento, muitas não têm estudos tecnológicos conclusivos da madeira, para a sua utilização sustentável e manutenção da biodiversidade das florestas tropicais.

A região Amazônica é caracterizada pela enorme diversidade de vida, tanto vegetal como animal, bem como pelas sociedades humanas. A intensidade de interferência humana sobre alguns aspectos ambientais é explícita na Amazônia desde os tempos pré-históricos (SCHIFFER 1987; PESSOA JÚNIOR, et al., 2009).

Segundo Magalhães (2016), pesquisas arqueológicas realizadas nas últimas décadas levantaram novas evidências e novas perguntas sobre as civilizações que existia na Amazônia. Relatos do século XVIII lamentam uma Amazônia escassa de habitantes depois de 250 anos de tumulto. Porém, evidências depositadas no solo, na vegetação e nos vestígios arqueológicos, estão lançando luz sobre o passado esquecido. A existência de inúmeras manchas de terra preta é uma das maiores indicações deste passado e são registros complexos que oferecem uma fonte de conhecimento esperando ser decifrado.

Os solos antrópicos da Amazônia conhecidos como Terra Preta de Índio (TPI), Terra Preta Arqueológica (TPA), ou simplesmente Terra Preta (TP) se caracterizam por manchas de solo encontradas em toda a bacia Amazônica e que apresentam riqueza de nutrientes, fator este que propicia a sua utilização por pequenos agricultores locais. Contudo, os solos de TP são considerados pela maioria dos pesquisadores um componente crítico dos sítios arqueológicos, por

apresentarem potencial para revelar as estruturas da sociedade, o uso de recursos e as mudanças ocorridas nos períodos pré-históricos e pós-contato nas comunidades amazônicas (PETERSON; FRY, 1987; HECKENBERGER et al. 1999; NEVES et al. 2003; TEIXEIRA et al., 2009).

Os solos antropogênicos são um componente importante dos sítios arqueológicos por apresentarem potencial para acrescentar dados sobre as estruturas das sociedades, o uso de recursos e as mudanças ocorridas nos períodos anteriores e posteriores ao contato com os europeus nas comunidades amazônicas (HECKENBERGER et al., 1999; PETERSEN; FRY, 2001; NEVES et al., 2003; SCHMIDT et al., 2009; SCHMIDT, 2014). Da mesma forma, o padrão de distribuição da terra preta em um sítio pode elucidar os processos da sua própria formação.

Estudos de pedoarqueologia têm observado uma correlação entre as áreas de atividade antrópicas e as alterações ocorridas no solo (COOK; HEIZER, 1965; SCUDDER et al., 1996). Alguns estudos têm mostrado como a formação da terra preta pode seguir padrões específicos conforme o padrão de assentamento e as atividades praticadas pelas populações indígenas (HECHT; POSEY, 1989; HECKENBERGER, 1996; ERICKSON, 2003; HECHT, 2003).

A antracologia é uma disciplina privilegiada no contexto arqueológico, podendo fornecer numerosas informações paleoetnobotânicas relevantes. Assim como os microvestígios, os fragmentos de carvão apresentam excelente potencial de preservação em diferentes contextos passíveis de análise, sendo abundantes em praticamente todos os contextos arqueológicos. No entanto são, ainda raras, as análises de carvão na região amazônica, limitando-se aos estudos de Tardy (1998) na Guiana Francesa, Montañez (2005) na Amazônia colombiana, Caromano et al. (2008) e Albuquerque (2012) na Amazônia brasileira.

Em regiões tropicais, como é o caso do sítio PA-ST-32 (Sítio Porto), a conservação de restos alimentares vegetais é dificultada. Contudo, o estudo de restos carbonizados é, frequentemente, a única forma de se acessar dados sobre dieta e cultivo a partir de macrovestígios (DI PIAZZA, 1998; SCHEEL-YBERT, 2001a; 2001b; TENGBERG, 2002).

1.1 Objetivos Geral e Específicos

1.1.1 Geral

Correlacionar os diferentes métodos analíticos e de interpretação (biológicos, isotópicos, moleculares e de imagem) para compreender os fatores de formação da Terra Preta no Sítio PA-ST-32 (Sítio Porto), Santarém, PA.

1.1.2 Específicos

- Determinação da composição florística atual do fragmento florestal localizado no entorno do Sítio Porto como forma de compreender a formação vegetal remanescente do baixo Amazonas;
- Caracterização isotópica do carbono (^{13}C) das amostras de solo e sua referência na paleovegetação e no hábito dos tapajônicos;
- Analisar as características físico-químicas e moleculares do solo como subsídio para compreender o processo de formação da Terra Preta;
- Estabelecer uma cronologia da cultura tapajônica através de datação ^{14}C pela técnica *Accelerator Mass Spectrometry* (MAS) de 39 fragmentos de carvão encontrados em níveis estratigráficos estrategicamente selecionados, nas camadas arqueológicas do Sítio das escavações;
- Identificar e caracterizar anatomicamente as espécies vegetais que originaram os carvões (antracologia), em nível estratigráfico escolhido aleatoriamente dentre as áreas escavadas e registrá-las na “Antracoteca do Depto de Ciências Florestais” da ESALQ/USP;
- Verificar a potenciabilidade das técnicas de microscopia eletrônica de varredura (método destrutivo) e microtomografia de raios X por Luz Síncrotron (método não destrutivo) para estudos antracológicos;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sítio Arqueológico PA-ST-42 (Sítio Porto Santarém/PA)

2.1.1 *Resgate Histórico*

A microrregião de Santarém, concernente ao sítio urbano de Santarém, caracteriza-se por uma faixa extensa de terra preta do centro da cidade até a área portuária, onde está localizado o Sítio Porto. Sendo assim, a cidade de Santarém está inserida sobre um grande sítio arqueológico, no qual se destaca o Porto de Santarém (TRAVASSOS, 2012).

O Porto de Santarém está localizado na margem direita do rio Tapajós, na confluência com o rio Amazonas, na área portuária administrada pela Companhia Docas do Pará. O sítio apresenta topografia plana no sentido norte-sul e aclive suave no sentido leste-oeste e possui uma área de 356.950,00 m². A vegetação encontrada no sítio é composta por gramíneas e árvores frutíferas de grande porte como cajueiros e mangueiras (TRAVASSOS, 2012).

No século XVI, a região onde hoje se situa a cidade de Santarém era ocupada por populações indígenas e foram descritas como constituindo um grande reino. Os povos que habitavam o local eram chamados de Tapajós, possuíam uma organização social hierárquica e dominavam grandes extensões de terra desde a orla de Tapajós até o platô da cidade de Belterra (SCHAAN, 2012; STENBORG, SCHAAN e AMARAL-LIMA, 2012). Ainda infere-se que a densidade de material arqueológico encontrada e a extensão da terra preta na margem direita e na foz do rio Tapajós podem significar que um grupo nativo grande, ou vários grupos integrados, ocupavam esse local quando do primeiro contato com os colonizadores (TRAVASSOS, 2012; SCHAAN, 2012).

O primeiro contato desse povo indígena se deu através dos espanhóis, com os índios dizimados nos duzentos anos seguintes pelas doenças européias, guerras e expedições (PORRO, 1996). Existem poucos registros sobre o modo de vida dos Tapajós. No século XIX, a cidade de Santarém se desenvolveu e devido ao seu crescimento os moradores começaram a encontrar vestígios da ocupação dos Tapajós, como objetos de cerâmica, dentre outros (BARATA, 1950,1954; BARBOSA-RODRIGUES, 1875; BOOMERT, 1987; HARTT, 1885; 1886; SHAAN, 2012).

No século XX, a cidade de Santarém desenvolveu-se, ampliando os vestígios dos extintos Tapajós, com numerosos exemplares da cerâmica e de pedras verdes coletados, guardados e vendidos para os comerciantes de objetos arqueológicos, alimentando as coleções particulares no Brasil, Estados Unidos e em países da Europa. O comércio ilegal de peças arqueológicas perdura até hoje em Santarém e algumas das mais importantes áreas desse imenso sítio histórico já foram destruídas (SCHAAN, 2007; SCHAAN, 2012).

Todos os conhecimentos referentes ao modo de vida e a história dos Tapajós podem ser estudados apenas com as pesquisas arqueológicas, uma vez que esse povo indígena não deixou documentos escritos (SCHAAN, 2012)

O geólogo Frederick Hartt foi o primeiro a investigar arqueologicamente a região do baixo rio Tapajós, onde fez escavações no sambaqui de Taperinha e visitou outros sítios distribuídos em ambas as margens deste rio. Hartt foi o primeiro a mencionar as terras pretas e associa-las com os sítios arqueológicos, embora não tenha feito coletas e descrição da cidade de Santarém. Uma de suas propostas é que a alta fertilidade do solo poderia ser o motivo da ocupação pelos povos indígenas antigos (TRAVASSOS, 2012).

Barbosa Rodrigues (1875) situa Santarém como o centro do domínio dos Tapajós, o qual se estendia pelas serras e chapadas próximas (Piquiatuba, Ypanema, Mararú e Taperinha) e ao longo da margem do rio homônimo, tomando como base os vestígios cerâmicos, líticos, depósitos de concha e, nos caminhos cavados, no declive da serra e nos arredores (TRAVASSOS, 2012).

O sítio Porto tem sido objeto de pesquisas arqueológicas desde o ano de 1987 quando se iniciou o Projeto Baixo Amazonas - PBA coordenado por Anna C. Roosevelt. A arqueóloga americana começou a trabalhar na região e logo se interessou pela área do Porto de Santarém, por ser ainda preservada e que, assim, poderia dar informações substanciais sobre os Tapajós (ROOSEVELT 1999, 2000). Identificou as estruturas e os artefatos da ocupação Tapajó, sob a espessa camada de aterro. Verificou-se que, apesar da grande perturbação das camadas arqueológicas e retirada da parte superior desta ao longo dos anos, havia ainda depósitos intactos.

Nas escavações realizadas no sítio do Porto, em 2009, Roosevelt identificou uma camada bem preservada abaixo de uma camada de cascalho e terra preta residual depositada durante as muitas intervenções realizadas pela Companhia

Docas do Pará. Ainda, segundo Roosevelt, nas escavações de 2007 também foram evidenciados vários fragmentos com características diferenciadas na cerâmica, como uma decoração simples de linhas paralelas no entorno do recipiente e bordas e lábios ponteados (SCHAAN, 2010). Além disso, infere-se que ainda se encontra presente em algumas áreas do Sítio Porto uma espessa camada de terra preta arqueológica (TRAVASSOS, 2012).

Os trabalhos de Anna Roosevelt foram fundamentais para a arqueologia amazônica ampliando discussões e transformando a arqueologia tanto na teoria quanto na metodologia. O cenário recebeu novos autores que dinamizaram a arqueologia amazônica e, ao mesmo tempo, demonstrando que a ocupação da região ocorreu sob diferentes formas no manejo dos recursos e na transformação dos espaços (HECKENBERGER, 2001; HECKENBERGER et al., 2003; TRAVASSOS, 2012).

2.2 Terra Preta de Índio (TPI)

A matéria orgânica que formou as TPI, segundo Kern (1996) e Teixeira et al. (2009), é composta principalmente por folhas que serviam para a cobertura de casas, além de sementes, cipós e restos de animais (ossos, carapaças, conchas, fezes, urina, etc.). Essa hipótese explica a prática cultural do povo que habitou determinada área e que colocava materiais de origem orgânica em locais específicos.

As atividades humanas antigas no ambiente amazônico transformaram de maneira significativa a paisagem amazônica conforme indicam as evidências arqueológicas deixadas pelo homem pré-histórico. O registro histórico evidencia a distribuição de manchas de solos de cor negra ricos em matéria orgânica, alto teor de Ca, Mg, Zn, Mn, P e C, além de muitos fragmentos de artefatos cerâmicos e, por vezes, artefatos líticos. Estes solos são conhecidos como Terra Preta de Índio (TPI), Terra Preta Arqueológica (TPA), “Amazon Dark Earth” ou ainda Terra Preta (TP) (KÄMPF e KERN, 2005). Esses solos destacam-se por sua alta fertilidade química, que teria resultado da prolongada ocupação humana pré-histórica (EDEN et al., 1984; PABST, 1985, 1991; ANDRADE, 1986; KERN, 1996; WOODS; MCCANN, 1999; COSTA; KERN, 1999; LIMA et al., 2002; KÄMPF et al., 2005; LEHMANN et

al., 2003; HECHT, 2003; GERMAN, 2003; COSTA et al., 2003; KERN et al., 2003; NEVES et al., 2003; RUIVO et al., 2003; GLASER; WOODS, 2004; KÄMPF; KERN, 2005; KERN et al., 2009).

A fertilidade química da Terra Preta é expressivamente superior à da maioria dos solos amazônicos não alterados pela atividade humana pré-histórica, que são geralmente ácidos e pobres em nutrientes. TPI contém material orgânico decomposto, em parte na forma de carvão residual de fogueiras domésticas e da queima da vegetação para uso agrícola do solo. (RODRIGUES, 1996; KERN; KÄMPF, 1989; WOODS; MCCANN, 1999; MCCANN et al., 2001; LIMA et al., 2002).

Segundo Falesi (1970), Smith (1980), Eden et al. (1984), Kern e Kämpf (1989), Kern (1996), Kern et al. (2009); Teixeira et al. (2009) essa característica é que atribui a alta fertilidade as TPI. Pela alta fertilidade apresentada, as TPI são frequentemente procuradas pelas populações locais para cultivos de subsistência.

Dentre as características mineralógicas, os estudos realizados no sítio de Caxiaunã-PA obtiveram como principais minerais presentes nas TPI o quartzo e caulinita e como minerais acessórios goethita, hematita e anatásio (COSTA, 2003). Com relação à granulometria das TPI há o predomínio da fração areia nos horizontes superficiais e de transição (TEIXEIRA et al., 2009).

Os solos de Terra Preta contêm elevado teor de carbono pirogênico ou carvão, em comparação a média geral de solos não antrópicos (GLASER et al., 2000). De acordo com Teixeira et al. (2009), a quantidade de carbono pode variar nesse tipo de solo.

Estudos micromorfológicos de terra preta mostram que o sedimento escuro consiste de uma matriz de argila com alta densidade de partículas de carvão, partículas de ossos, cerâmica, argila queimada e grãos de quartzo altamente intemperizados – oriundos do solo original (ARROYO-KALIN, 2014). A fertilidade e resiliência de terra preta, em longo prazo, são explicadas pela grande quantidade de carvão e rica diversidade de organismos que a colonizam (GLASER et al., 2000; THIES; SUZUKI, 2003; TSAI et al., 2009; WOODS; MCCANN, 1999).

Resalta-se ainda que a ocorrência das TPI em diferentes unidades geomorfológicas, e recobrimo predominantemente os solos cauliníticos, constituem-se como um aspecto interessante da paisagem Amazônica (COSTA, 2003). Algumas de suas características permanecem ainda pouco conhecidas, especialmente aspectos da composição mineralógica (TEIXEIRA et al., 2009). Os

solos com Terra Preta são amplamente distribuídos na Amazônia Brasileira e os sítios arqueológicos com TP estão comumente localizados ao longo de rios e interflúvios, ocupando várzeas, elevações marginais adjacentes e terra firme.

Os sítios de Terras Pretas em sua maioria ocorrem sobre Latossolos (Oxisols) e Argissolos (Ultisols), que são profundos e muitos profundos, bem drenados, de textura variando de média a muito argilosa e arenosa/média a argilosa/muito argilosa, de baixa reserva de nutrientes essenciais às plantas e situados fora do alcance das enchentes periódicas dos cursos d'água, na denominada "terra firme", na Região Amazônica (SILVIA et al, 1970; KERN; COSTA, 1997).

Nas décadas finais do século XIX, vários cientistas não registraram a presença das Terras Pretas, mas vários outros a reportaram, em diversos locais da Amazônia. Porém, praticamente todos fizeram a conexão entre artefatos indígenas encontrados no interior das TP com a sua origem antropogênica. Os primeiros relatos de que se tem notícia sobre Terra Preta são dos anos de 1870 e 1871, escritos por Charles Hartt e Joseph Beal Steere (WOODS; DENEVAN, 2006; KERN et al., 2009).

Hartt descreve a região do baixo rio Tapajós, incluindo escavações do famoso sítio Taperinha (HARTT, 1874; 1985). Em 1885, esse autor sugeriu que as TPA seriam solos vegetais, para os quais os índios eram atraídos devido à alta fertilidade da terra, onde fundamentou essa hipótese por ter encontrado fragmentos cerâmicos em toda a camada de refugo ocupacional (KERN et al., 2009).

Enquanto Steere chama a atenção para as grandes manchas de terra preta encontradas no sítio Taperinha em Santarém. Para este autor, as Terras Pretas apresentam solos profundos e com grande quantidade de material cerâmico, levantando a hipótese de que esses solos seriam antigos "sítios de vilarejos indígenas" e que a coloração preta do solo era devido ao lixo de uma grande população, somado às folhas podres de palmeiras decorrentes da cobertura de casas, ao longo de várias gerações (KERN et al., 2009).

O geólogo James Orton foi outro observador do fenômeno de Terra Preta, visitando a área de Santarém em 1868. O autor destacou em um de seus livros a fertilidade da Terra Preta. O geólogo britânico C. Barrington Brown fez observações semelhantes quando descreveu as Terras Pretas na Guiana (BROWN, 1876) e nas margens do Amazonas, próximo a Óbidos, mencionando que esses solos, sem dúvida, seriam artificiais (BROWN; LIDSTONE, 1878). Orville A. Derby menciona a

presença de manchas de Terra Preta com material arqueológico dispostas nas margens dos lagos do rio Trombetas, onde estavam assentados os moradores primitivos (DERBY, 1897/98). De acordo com Kern et al. (2009), Friedrich Katzer reconheceu a fertilidade desses solos na região do baixo Amazonas, conduzindo pioneiramente os trabalhos analíticos desses solos.

O antropólogo William Farabee (1921) baseado em uma viagem para a região de Santarém, em 1915, interpretou que as Terras Pretas localizadas no extremo norte do Planalto de Belterra seriam vestígios de antigas aldeias de índios (KERN et al., 2009).

Contudo, no final do século XX as Terras Pretas passaram a ser o centro das atenções de diversos pesquisadores nacionais e estrangeiros, de diversas áreas do conhecimento, demonstrando a importância das pesquisas sobre as TP, para o desenvolvimento agrícola e para o conhecimento da pré-história da Amazônia e da mudança global do clima atual (KERN et al., 2009).

Como Katzer, o antropólogo alemão naturalizado brasileiro Curt Nimuendajú (2004) supôs que as Terras Pretas foram desenvolvidas por meio de atividades de habitação indígenas associadas com os assentamentos permanentes e que os solos férteis resultantes foram, então, utilizados para produção agrícola.

Desde 1986 o Museu Goeldi, juntamente com o Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, Departamento de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa-Rio, ESALQ-SP, Departamento de Microbiologia da Universidade Estadual do Pará - UEPA, Departamento de Solos da UFRA vêm desenvolvendo pesquisas em Terras Pretas, a partir de análises morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas e o solos de áreas adjacentes, além do estudo da distribuição espacial dos elementos químicos, determinando de forma hipotética o padrão de assentamento pré-histórico (KERN et al., 2009).

As TPI possuem uma variante menos escurecida, denominada de Terra Mulata, que ocorrem em áreas mais extensas e apresenta pouco ou nenhum artefato cerâmico. E sua origem pode estar ligada à agricultura intensiva ou semi-intensiva (SOMBROEK, 1966; GLASER et al., 2001). Entretanto, os processos de formação desses solos ainda não são bem esclarecidos muito embora tenham sido sugeridas várias hipóteses de sua gênese.

Segundo muitos pesquisadores, até meados do século XX, acreditava-se que as TPI teriam sido originadas de eventos geológicos. A primeira teoria argumenta que estes solos foram resultado de cinzas que precipitaram nas áreas de planalto, ou seja, de erupções vulcânicas dos Andes (SMITH, 1980; TEIXEIRA, 2009).

De acordo com a segunda teoria, as TPI se formaram a partir de um lago de origem terciária que se formou quando os Andes emergiram. Porém, não existe a certeza sobre a formação do lago, além disso, essa teoria não explica os locais em áreas planas de TPI (TEIXEIRA et al., 2009).

Outra versão da teoria defende que o sítio de Belterra – PA foi formado mais recentemente, em que pequenas depressões no solo foram preenchidas com água no período chuvoso. Com isso, a vegetação teria tomado o lugar e restos de folhas, galhos, como também matéria orgânica de plantas aquáticas, preencheriam eventualmente as lagoas (CUNHA FRANCO, 1962). Nos períodos de seca em que as lagoas secavam, os materiais precipitados no fundo dos lagos entravam em decomposição, formando um sedimento rico em nutrientes que, com o tempo, formaria uma terra rica, escura. Entretanto, essa teoria não consegue explicar os locais de TPI em áreas que a água é improvável de represar, como em platôs (TEIXEIRA et al., 2009).

Os estudos dos solos de Terra Preta são extremamente importantes para a compreensão de estratégias de assentamento e comportamento humano pré-histórico. Além disso, a alta fertilidade desse tipo de solo o torna uma fonte de recursos para a produção agrícola de maneira mais sustentável para a região Amazônica.

A TPI apresenta alta concentração de carbono pirogênico (*black carbon*), um derivado da carbonização parcial (pirólise), principalmente de materiais lignocelulósicos e é composto por unidades poliaromáticas condensadas, deficientes em hidrogênio e com diferentes tamanhos e níveis organizacionais. Este material é altamente resistente à corrosão térmica. E devido à sua recalcitrância, sua incorporação ao solo é um mecanismo importante e eficiente de sequestro de carbono. No entanto, a oxidação parcial das unidades periféricas aromáticas produz grupos carboxílicos diretamente ligados aos grupos carboxílicos destes materiais, contribuindo para a elevada acidez total e consequentemente para a alta fertilidade do solo. Além disso, sua estrutura aromática recalcitrante garante a sustentabilidade e resiliência dessa fertilidade (NOVOTNY et al., 2009).

De acordo com Novotny et al. (2009), no Brasil, o carbono pirogênico não se restringe apenas TPI, e sua ocorrência nem sempre é antropogênica. A ocorrência de carbono pirogênico é comum em solos onde há relatos históricos de queima de vegetação, natural ou antrópica, e é um componente importante da matéria orgânica das Savanas brasileiras e nos solos negros.

2.3 Estudo de paleoambientes

De acordo com Francisquini (2011) os estudos paleoambientais têm por objetivo reconstruir, por processos deposicionais, a sucessão dos ambientes e seus fatores controladores, como o clima, por exemplo, de modo que seja possível compreender a evolução da paisagem até os dias atuais, além de permitir futuras previsões.

2.3.1 Antracologia

A antracologia propriamente dita surgiu na França, na década de 70, onde inicialmente teve como objetivo a reconstituição do meio ambiente no qual viviam as populações pré-históricas. Dessa forma, tem-se visto importantes contribuições para a compreensão do registro arqueológico. Nas últimas décadas têm sido ampliadas as pesquisas em antracologia, direcionadas, principalmente, para a reconstituição paleoecológica da Europa e do Mediterrâneo (VERNET; THIÉBAULT, 1987; HEINZ, 1991; VERNET, 1992; BADAL *et al.*, 1994; FIGUEIRAL, 1995; THIÉBAULT, 1997; HEINZ; THIÉBAULT, 1998; THÉRY-PARISOT, 2001; NELLE, 2002; MARGUERIE; HUNOT, 2007; SADORI; GIARDINI, 2007; THÉRY-PARISOT, 2010). Outros estudos de antracologia foram realizados na Argentina (SOLARI, 1990, 1994; PIQUÉ I HUERTA, 1999, MARCONETTO, 2002), na África e no Oriente Próximo (PRIOR; WILLIAMS, 1985; TUSENIUS, 1989; NEUMANN *et al.*, 1998; WILLCOX, 2002; TENGBERG, 2002). No Brasil, as pesquisas em antracologia são do final da última década em sambaquis dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina, evidenciando a ocupação da restinga em cordões arenosos litorâneos no Holoceno recente (SCHEEL-YBERT, 2000; SCHEEL-YBERT et al., 2006).

O carvão vegetal, de acordo com Meira (2002), é o resíduo sólido da carbonização da madeira, quando queimada ou aquecida em atmosfera restrita de oxigênio, em que à medida do aumento da temperatura ocorre a expulsão da água, dos compostos voláteis, uma fração de compostos orgânicos condensáveis à temperatura ambiente, etc., sem a ocorrência de combustão total pela pouca quantidade de O₂.

A antracologia (derivado do grego *anthrak*, carvão) pode ser entendida como a análise de restos vegetais carbonizados provenientes de solos ou de sítios arqueológicos (SCHEEL et al., 1996; SCHEEL-YBERT, 2004a, 2004b, 2005). É a ciência que analisa a estrutura anatômica dos carvões vegetais, incluindo o estudo e a interpretação dos fragmentos de madeira carbonizada. A preservação da estrutura anatômica da madeira após a sua carbonização torna possível a aplicação da antracologia. A análise da estrutura anatômica do carvão vegetal, nos três planos de estudo, permite a identificação taxonômica da espécie, bem como inferir sobre as suas características e estado de conservação (biodegradação por organismos xilófagos- fungos, insetos, etc.) em relação às condições ambientais (temperatura, disponibilidade de água) (SCHEEL et al., 1996; THÉRY-PARISOT, 2001).

No contexto arqueológico, a antracologia é um método de estudo privilegiado (SCHEEL-YBERT, 1999, 2000, 2001a, 2001b). A reconstituição do ambiente passado a partir da antracologia depende de uma boa amostragem e da determinação sistemática dos fragmentos de carvão, que ocorrealissonrangel com base na estrutura anatômica da madeira, que se conserva perfeitamente após carbonização. Os estudos antracológicos permitem a reconstituição da paleovegetação e do paleoclima e, a partir do mesmo material, fornece informações paleoetnológicas relacionadas à utilização da madeira, economia do combustível e dieta alimentar. Dessa forma, é possível uma avaliação geralmente bastante precisa, tanto da paleovegetação e das relações entre o homem e seu meio ambiente como do impacto antrópico exercido. (SCHEEL-YBERT, 2004a; SCHEEL-YBERT, 2005; SCHEEL-YBERT et al., 2006).

A intervenção do homem pré-histórico no transporte da madeira até o sítio arqueológico não invalida as reconstituições da vegetação passada baseadas na antracologia (SCHEEL-YBERT, 1998, 2000). Da mesma forma, o uso da antracologia para as reconstituições paleoambientais não deve ofuscar as informações paleoetnológicas contidas na mesma amostra (SCHEEL-YBERT,

2001a, 2001b). Logo, estudos arqueológicos e paleoambientais são temas que não são incompatíveis e podem ser tratados a partir do mesmo material (SCHEEL-YBERT, 2004a; 2004b).

A identificação de espécies através da análise da madeira carbonizada é antiga (HEER, 1866; BREUIL, 1903). A aplicação da microscopia de luz refletida, a partir da década de 1960, resultou em simplificação da metodologia (anteriormente utilizava-se lâminas contendo seções histológicas) e a possibilidade de aumento da eficiência das análises antracológicas visando à avaliação paleoecológica dos carvões (WESTERN, 1963; VERNET, 1973).

O desenvolvimento da antracologia no Brasil deve se acompanhar de um aprofundamento dos estudos metodológicos e tafonômicos e de um enriquecimento das coleções de referência. Estas pesquisas poderão contribuir, posteriormente, com estudos de modelização do ecossistema que levem em conta a atividade humana (SCHEEL-YBERT, 2004b).

Os estudos antracológicos são essencialmente interdisciplinares, e podem trazer uma série de informações úteis para as várias ciências e técnicas analíticas a eles relacionadas – Arqueologia, Paleoetnologia, Botânica, Paleoobotânica, Ecologia, Paleoecologia, Paleoclimatologia, Geologia do Quaternário, Pedologia, Análise de radioisótopos, entre outras. Além disso, pode-se inferir que a antracologia apresenta algumas vantagens em relação à palinologia, pois a confrontação com os dados fitossociológicos é mais direta e a determinação taxonômica, freqüentemente no nível de gênero, é em geral mais precisa do que no caso de estudos palinológicos (SCHEEL-YBERT, 2004a).

2.3.2 Isótopos de Carbono e seu papel na reconstituição do paleoambiente

a) Carbono estáveis (^{12}C e ^{13}C)

A palavra “isótopo” vem do grego, isos (igual) e topos (lugar), a qual se refere a um local comum de um elemento específico na tabela periódica. Considerando que um átomo é composto de um núcleo cercado por elétrons, sendo o núcleo composto de prótons (Z) e nêutrons (N) que constituem a massa do átomo. A massa atômica de um elemento atômico, por sua vez, é a soma de $Z + N$ no núcleo. Um núcleo, ou átomo específico-isótopo, é uma “espécie” de um elemento que pode ser

estável ou radioativo, definido pelo seu único número de prótons (Z) e nêutrons (N) (DAWSON; BROOKS, 2011).

Os isótopos estáveis de Carbono, bem como os de outros elementos químicos, ocorrem naturalmente na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Cada elemento tem um isótopo dominante “leve” (como o caso do Carbono ^{12}C) e um ou mais isótopos “pesados” (^{13}C). O ^{12}C é o mais abundante, e se apresenta na atmosfera em 98,89% contra 1,11% de ^{13}C (PESSENDA et al., 2005; FRANCINSQUINI, 2011; COE et al., 2012).

O carbono tem papel central na estrutura e função do sistema Terra-atmosfera-biosfera. Assim, considerável ênfase vem sendo dada ao entendimento da biogeoquímica isotópica desse elemento. O uso de isótopos estáveis em estudos ambientais baseia-se no fato de que a composição isotópica varia de uma forma previsível, conforme o elemento se move através dos diversos compartimentos de um ecossistema. Quando as plantas realizam a fotossíntese, por razões de diferença de massa entre os isótopos, discriminam o mais pesado em favor do isótopo mais leve. Assim, as plantas tendem a ficarem isotopicamente mais leves em relação à atmosfera (TRIVELIN, 2009; COE et al., 2012).

As análises isotópicas são consideradas, atualmente, como uma importante ferramenta para fisiologistas, ecólogos e outros pesquisadores que estudam os ciclos dos elementos e matéria no ambiente (PEREIRA, 2007). Além disso, a abundância natural isotópica pode ser usada: para traçar padrões e verificar mecanismos fisiológicos em organismos; traçar fluxos energéticos em cadeias alimentares; no entendimento de paleo-dietas; e ainda no estabelecimento das vias de ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres e aquáticos (LAJTHA; MARSHALL, 1994).

O solo tende a ter uma combinação isotópica similar à cobertura vegetal sobrejacente. Contudo, é importante pensar nas variabilidades na composição isotópica desses solos, pois provavelmente esta é um reflexo da variabilidade existente na composição isotópica da vegetação presente, mas também do fracionamento isotópico envolvido no processo de decomposição do material vegetal no solo (MARTINELLI et al., 2009). Logo, a distribuição natural dos isótopos estáveis de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) em diferentes componentes do ambiente revela substancial variação na razão desses dois isótopos. Essa variação é o resultado do

fracionamento isotópico durante os processos físicos, químicos e biológicos (TRIVELIN, 2009; COE et al., 2013).

Medidas isotópicas do carbono da matéria orgânica do solo são utilizadas para documentar os efeitos de práticas de uso da terra na estrutura do ecossistema; para quantificar as taxas e padrões da dinâmica da vegetação em ecossistemas naturais; e refinar o nosso entendimento das interações clima-vegetação. Dessa forma, pode-se inferir que a composição isotópica do carbono (^{13}C , ^{12}C) da matéria orgânica dos solos (MOS) fornece registros da ocorrência de espécies de plantas C_3 e/ou C_4 nas comunidades de plantas no passado, uma vez que os valores isotópicos não são modificados com o tempo de modo a causar sobreposição nos valores dos ciclos fotossintéticos (CERLING et al., 1989). Em comunidades vegetais nas quais plantas C_3 e C_4 coexistem (ou coexistiram no passado), os valores de ^{13}C da MOS permitem reconstruir a produtividade relativa delas (VIDOTTO et al., 2007; TRIVELIN, 2009; COE et al., 2012).

Estudos palinológicos (ABSY; VAN DER HAMMEN, 1976; ABSY, 1985; SANFORD et al., 1985; LEDRU, 1992, 1993a, 1993b; BEHLING; COSTA, 2000, 2001), geomorfológicos (SERVANT et al., 1981), sedimentológicos (SUGUIO et al., 1993; TURCQ et al., 1993; SIFEDDINE et al., 1994, 2001, 2003) e isotópicos (VICTORIA et al., 1995; DESJARDINS et al., 1996; PESSENDA et al., 1996a, 1996b, 1996c e 2001, 2004; GOUVEIA et al., 1997, 1999a, 1999b, 2002; FREITAS et al., 2001) indicam a ocorrência de variações paleoclimáticas na Bacia Amazônica e em outras áreas do Brasil e da América do Sul em geral, durante o Quaternário tardio. Além disso, pesquisas indicam que as separações de vegetações de floresta existentes na Amazônia devem ter ocorrido através da expansão e da regressão dos campos (onde dominam as plantas com ciclo fotossintético C_4) e florestas (plantas com ciclo C_3), segundo Freitas et al. (2002) e COE et al. (2013).

Determinando-se a provável paleovegetação, pode-se inferir sobre paleoclimas. Os tipos de estudo que utilizam a composição isotópica do carbono para aferir mudanças do passado em relação ao tipo de vegetação são particularmente importantes em áreas que já sofreram mudanças climáticas pretéritas significantes. Através da aplicação de isótopos estáveis de carbono (^{12}C , ^{13}C) é possível determinar a matéria orgânica predominante dos solos (MOS), que provém quase exclusivamente da vegetação de cobertura e que aparecem como um

testemunho dos eventos climáticos que ocorreram nos últimos milhares de anos (GOUVEIA et al., 1999a; COE et al., 2013).

Segundo Killops e Killops (2013) e COE et al. (2013), a razão entre os isótopos estáveis de carbono pode indicar que tipo de vegetal deu origem ao material estudado, uma vez que seus valores são resultado de como o produtor primário assimilou o CO₂, ou seja, a trajetória assimilatória utilizada e o isótopo preferencialmente assimilado.

A composição isotópica do Carbono é comumente expressa pela relação entre a concentração de átomos de ¹³C sobre a concentração de átomos de ¹²C presentes em uma amostra qualquer. Essa relação, muito pequena, é expressa em partes por mil (‰), e definida pela equação: $\delta^{13}\text{C} = (\text{Ramostra} - \text{Rpadrão}) / \text{Rpadrão} * 100$, onde Ramostra é a relação isotópica ¹³C / ¹²C da amostra e Rpadrão é a relação isotópica ¹³C / ¹²C do padrão (PESSENDA et al., 2005; COE et al., 2012; 2013).

A proporção ¹³C / ¹²C não é idêntica em todos os materiais naturais, em função do chamado "fracionamento isotópico" (aproveitamento seletivo desses isótopos) que ocorre durante processos biológicos, físicos e químicos. A razão dos isótopos de carbono da maioria de materiais naturais de interesse biológico varia aproximadamente entre 0 a -110‰ em relação ao padrão VPDB ($\delta^{13}\text{C}$ ‰). Essa variação natural é extremamente útil para traçar e quantificar as fontes, produtos e taxas de fluxos no ciclo biogeoquímico do carbono (TRIVELIN, 2009; COE et al., 2013).

A variação isotópica do carbono (ou da relação ¹³C/¹²C) é pequena em vegetais e na matéria orgânica do solo. Embora, durante o ciclo da fotossíntese o fracionamento isotópico seja pouco expressivo, ele permite classificar os vegetais terrestres em três grupos distintos: plantas C₃, C₄ e CAM. No sistema solo-planta a razão natural dos isótopos de carbono (¹³C/¹²C), no carbono orgânico do solo, contém informações relativas à presença ou ausência de plantas do ciclo fotossintético C₃ ($\delta^{13}\text{C}$ ‰baixo) e C₄ ($\delta^{13}\text{C}$ ‰alto) na comunidade de plantas do passado e a contribuição relativa da comunidade no tempo, na produtividade primária líquida (TRIVELIN, 2009; COE et al., 2013).

¹ Os valores δ correspondem à razão entre isótopos pesados e leves na amostra, por exemplo, ¹³C e ¹²C, respectivamente. Aumentos nesses valores denotam incremento do montante de isótopos pesados (PETERSON; FRY, 1987).

De maneira geral, as plantas do tipo C_3 , representadas pela maioria das plantas lenhosas (vegetação arbórea e arbustiva), possuem valores isotópicos ($\delta^{13}C$) mais empobrecidos, entre -20,0‰ e -32,0‰, com uma média em torno de -27,0‰, enquanto os valores de $\delta^{13}C$ das espécies C_4 , como as gramíneas, são mais enriquecidos variando entre -9,0‰ e -17,0‰, com média de -13,0‰. Assim, plantas C_3 e C_4 possuem valores de $\delta^{13}C$ distintos que diferem de, aproximadamente, 14,0‰ entre si (BOUTTON, 1991). Existem ainda as plantas CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), como as Crassulaceae, Euphorbiaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae e Cactaceae, que apresentam valores de $\delta^{13}C$ de -10 a -28‰ (CAM facultativas), sendo que para algumas espécies CAM obrigatórias, os valores isotópicos são comparáveis aos de plantas C_4 (BOUTTON, 1996; VIDOTTO et al., 2007; COE et al., 2012).

A análise $\delta^{13}C$ da Matéria Orgânica do Solo (MOS) possibilita a identificação da formação vegetal que a originou como do tipo C_3 (na maioria das árvores) ou C_4 (na maioria das gramíneas). Diferentes mecanismos de assimilação do carbono permitem a distinção das fontes de matéria orgânica, através da avaliação dos sinais obtidos para a composição isotópica do carbono. Além disso, mudanças e alterações na produtividade relativa de plantas C_3 e C_4 em um ecossistema, através do tempo, são frequentemente atribuídas às mudanças ou distúrbios no regime ou clima (TRIVELIN, 2009; COE et al., 2012).

b) Datações através do método radiocarbono (^{14}C)

No ano de 1949, Willard Frank Libby, pesquisador da Universidade da Califórnia, desenvolveu o método de datação por ^{14}C (LIBBY et al. 1949). Segundo Libby (1955), o radionuclídeo ^{14}C é formado continuamente na estratosfera, onde a reação processa-se quando nêutrons secundários interagem com átomos do elemento ^{14}N presente nos gases atmosféricos (BUSO, 2010).

As plantas assimilam ^{14}C via fotossíntese formando compostos orgânicos e os animais incorporam o radionuclídeo após se alimentarem dos vegetais. Verifica-se um equilíbrio entre a atividade específica do ^{14}C em relação à do ambiente, durante toda a vida dos seres vivos (ou seja, em relação a formação de seus tecidos), onde a relação $^{14}C/^{12}C$ pode ser observada na mesma proporção. A assimilação é

constante durante a vida do organismo, devido à contínua absorção de CO_2 pelas plantas (LIBBY et al; 1949). Contudo, quando o organismo morre ou seu tecido cessa a incorporação de ^{14}C , o equilíbrio é rompido e ocorre a desintegração radioativa do ^{14}C que decai em taxa constante. Willard Libby determinou a meia-vida do ^{14}C em 5568 ± 30 anos, que foi adotada, por convenção na Quinta Conferência de Datação de Radiocarbono, realizada em Cambridge, no ano seguinte, em 1962 (GODWIN, 1962; FRANCISQUINI, 2011).

Portanto, o método de datação por ^{14}C se baseia na mensuração da quantidade do isótopo radioativo restante em materiais de origem orgânica, que em algum momento anterior incorporavam o carbono atmosférico. A partir dessa mensuração é possível calcular o tempo decorrido desde o momento em que o tecido orgânico cessou de assimilar ^{14}C (OKUNO et al; 1986; TEIXEIRA et al., 2009; BUSO, 2010). Teixeira et al. (2009) concluíram que a datação com base no ^{14}C tornou-se uma poderosa ferramenta em estudos arqueológicos e em investigações sobre paleoclimas recentes, pois permitiu pela primeira vez a datação de materiais orgânicos, viabilizando a determinação da cronologia dos eventos ocorridos no passado.

A medição da quantidade de ^{14}C em uma amostra pode ser realizada pela mensuração da radioatividade emitida pelos átomos restantes através de diferentes metodologias como a Espectrometria de Cintilação Líquida, o Contador Proporcional Gasoso (CPG) ou através da utilização de um Acelerador de Partículas Acoplado a um Espectrômetro de Massas (AMS) (BUSO, 2010; FRANCISQUINI, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sítio PA-ST-42: Sítio Porto Santarém

O sítio PA-ST-42: Porto de Santarém (Figura 1) está localizado na margem direita do rio Tapajós, em sua confluência com o rio Amazonas, na área portuária administrada pela Companhia Docas do Pará (CDP). Com uma área de 356.950,00 m² (trezentos e cinquenta e seis mil novecentos e cinquenta metros quadrados), sob as coordenadas SAD 69 ²UTM 21M 751610E 9732768N, o sítio tem topografia plana no sentido norte-sul e alicive suave no sentido leste-oeste.

A cobertura vegetal do município de Santarém e região é composta por quatro formações florestais bem distintas que são: floresta equatorial subperenifólia e cerrado equatorial subperenifólio, na terra firme, floresta equatorial higrófila de várzea e campos equatoriais higrófilos de várzeas, nas áreas sujeitas a inundação (RODRIGUES, 2001; DA ROCHA, 2014).

A vegetação encontrada no sítio é composta por gramíneas do gênero *Paspalum* sp., que recobria originalmente os areais de Santarém e remanescentes de floresta antropogênica (BALÉE 1989), formado por espécies úteis aos seres humanos como Cajazeiro (*Spondias mombin*), Araçá (*Psidium* sp.), Coco-de-espinho (*Acrocomia aculeata*), palmeira Juçara (*Euterpe edulis* mart), Murucí (*Byrsonima basiloba*), Tucumã (*Astrocaryum tucuma*), Sapotá verde (*Pouteria macrophylla*) (SCHAAN, 2012) e árvores frutíferas de grande porte como cajueiros e mangueiras.

O clima da região é do tipo Am (clima tropical úmido ou subúmido), de acordo com a classificação climatológica de Köppen (BRASIL, 1976), com precipitação oscilando em torno de 2.000 mm/ano. De acordo com Golfari et al. (1978), o clima Am caracteriza-se por temperaturas médias do mês mais frio sempre superior a 18°C apresentando uma estação seca e outra com elevada precipitação.

A estação chuvosa coincide com os meses de dezembro a junho e a menos chuvosa, com os meses de julho a novembro (SEPOF, 2006).

² Universal Transversa de Mercator (UTM) utiliza um sistema de coordenadas cartesianas bidimensionais para dar localizações na superfície da Terra.

Figura 1. Imagem de satélite do sítio porto de Santarém, com identificação das áreas da pesquisa, 10A-3.

3.1 1 Geomorfologia, Geologia e Solos

O município de Santarém encontra-se na porção central da Bacia Sedimentar do Amazonas, aflorando, na maior parte do seu território, na seção superior da Formação Alter do Chão (Cretáceo/Terciário) (RODRIGUES, 2001). Essa unidade está constituída, predominantemente, por arenitos finos a grossos, esbranquiçados a avermelhados, friáveis, caulínicos, com frequentes estratificações cruzadas: apresentam intercalações de argilas avermelhadas a mosqueadas, estratificadas em bancos.

A geologia da área está representada por litologias dos Períodos geológicos: Cretáceo Terciário e Quaternário (RODRIGUES, 2001). O Período Cretáceo/Terciário está representado pelas litologias da formação Alter do Chão, constituída por arenitos finos e médios, siltitos e argilitos caulínicos, vermelhos, amarelos e brancos, mal consolidados; horizontes de conglomerados e arenitos grosseiros; estratificação cruzada ocasional; inclui o arenito Manaus.

A região se encontra no domínio Morfológico Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, que se refere a relevos elaborados em rochas

sedimentares fanerozóicas dos períodos mesozoico e paleozoico, envolvendo diversas épocas de idade, compreendendo modelados de aplanamento e dissecados onde predomina os topos tabulares e convexos. Uma formação de relevo importante que abrange grande parte da área é o Planalto Tapajós-Xingu. Esta formação apresenta uma grande superfície tabular, de relevo plano e bordos erosivos, onde são encontrados os Latossolos Amarelos distróficos típicos de textura muito argilosa (RODRIGUES, 2001).

O município de Santarém possui áreas situadas principalmente as margens direita do Rio Tapajós, em regiões conhecidas como Planalto Santareno (Embrapa 2001) e Bacia do Rio Moju. Os solos levantados no município, descritos por (RODRIGUES, 2001), foram predominantemente Latossolos Amarelos distróficos típicos (textura média e muito argilosa), Argissolo distrófico típico (textura média e argilosa) e Gleissolos Háplicos.

3.2 Metodologia de Escavação

A metodologia utilizada consistiu na escavação de unidades 1x1 m, 1x2 m e 2x2 m, ao qual permitiram investigar nos planos horizontais e verticais, diversos locais dentro do sítio.

Os trabalhos iniciaram-se com o reconhecimento prévio do terreno, verificação de material arqueológico e histórico em superfície, avaliação das condições de terreno para realização das escavações, tendo em vista perturbações recentes, existência de árvores, cercas e outras ocorrências.

No total, foram escavadas 2 áreas, a saber: 10A-2, 10A-3, 10A-4, 10A-5. Para este trabalho foram estudadas as áreas 10A-3 (Figura 3) e 10A-4.

Na área 10A-3 foram realizadas 12 escavações (1-7 e 10-13) de tamanho 1x1 m, 1x2 m, 2x2 m (Figura 2) em espaços regulares visando cobrir toda a extensão do terreno, embora para este trabalho, a escavação 8 não tinha sido estudada.

Figura 2. Croqui de disposição das Escavações realizadas em 2013 nas áreas 10A-3, Sítio PA-ST-42: Sítio Porto Santarém.

Fonte: Modificado de Schaan (2013).

Enquanto na área 10A-4 foram realizadas 13 escavações de tamanho 1x1 m, em espaços regulares visando cobrir toda a extensão do terreno. Aqui foram feitas as escavações 9 e 14-25 (Figura 3-A a D), mas somente a escavação 9 foi estudada neste trabalho. Nessa área já haviam sido feitas escavações em anos anteriores pela equipe da Dra. Anna Roosevelt, e em 2011 pela equipe da Dra. Denise Pahl Schaan.

Durante as escavações foram coletados todos os objetos encontrados perceptíveis, tanto ecofatos (Figura 3-F) como artefatos. O sedimento foi peneirado, o que possibilita que sejam coletados todos os objetos maiores que $\frac{1}{2}$ cm (Figura 3-E). Todos os resíduos, mesmo pequenos são coletados e observados com microscópio pela equipe da Dra. Denise Pahl Schaan.

Figura 3. Escavação arqueológica realizada em julho de 2013 no Sítio PA-ST-42, Área 10A-3, escavação 11 seguida pelas etapas: **(A)** Delimitação dos grids (1x1 metros); **(B)** início da escavação (superfície, 0-1 centímetros de profundidade); **(C)** Escavação a 5 cm de profundidade; **(D)** escavação concluída; **(E)** peneira suspensa (2x2 mm) para recolhimento de pequenos carvões e/ou líticos; **(X-F)** toco carbonizado encontrado na escavação 5 a 84 cm de profundidade (2.850 ± 15 AP).

3.3 Coleta, Armazenamento e Identificação dos carvões

Os carvões maiores foram coletados manualmente, direto no solo, respeitando o nível, bem como os fragmentos menores recolhidos na peneira (Figura 3-E), os quais foram embalados em papel alumínio, devidamente etiquetados e inseridos em sacos plásticos.

Os dados inseridos na etiqueta de identificação foram: (i) Sítio, (ii) Escavação, (iii) Profundidade, (iv) Coletor, (v) Data da Coleta e (vi) Observações. No item (vi) observações foram inseridos os dados quanto à posição de coleta (NE, SO, NO, NE, etc.) e/ou se o carvão estava dentro ou mesmo em contato com algum artefato de interesse.

3.4 Coleta de solo por perfil estratigráfico

Foram coletados solos (Anexo 1) para análises (i) granulométricas, (ii) macronutrientes do solo, (iii) de isótopos estáveis (^{13}C), e (iv) análise molecular de matéria orgânica do solo (pirólise-GC/MS) para compreender os fatores envolvidos no processo de formação de TPI coletado nas escavações pertencentes à área 10A-3, com exceção da escavação 8 (que já se encontrava inacessível), e na escavação 9 (área 10A-4). Além de uma coleta em um perfil testemunho ou de referência (sem a camada antrópica de terra preta).

As amostras de solo foram coletadas a cada 10 cm no nível estratigráfico, de baixo para cima, dentro da unidade de escavação, minimizando assim as contaminações. Cada faixa de coleta foi padronizada em 30 cm, com início na posição 50 cm e final na área 80 cm, nas paredes norte ou sul, com exceção da escavação 12 no qual a coleta foi realizada na parede leste e coletaram-se, no total, 126 amostras de solo, sendo 116 amostras nas áreas de escavação e 10 amostras dentro do perfil testemunho.

3.5 Identificação dos táxons

3.5.1 Inventário Florestal no Bosque Mekdece – conhecendo a vegetação nativa do baixo Amazonas

Para caracterização da vegetação atual do Bosque Meckdece (área de 1,9 ha, S 2°25'04,65" e W 54°44'29,45"), único fragmento remanescente do baixo amazonas e próximo ao Sítio Porto, realizou-se um inventário florestal dentro de uma área de 1,9 ha, localizado no campus da Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA (S 2° 25' 04,65" e W 54° 44' 29,45"), município de Santarém, estado do Pará (Figura 3).

O fragmento apresenta dossel descontínuo de porte baixo (Figura 4-A), sem definição de sub-bosque, com indivíduos emergentes de pequena amplitude diamétrica.

A coleta de dados quantitativos, Diâmetro (Figura 4-A) a Altura do Peito (DAP) e Altura (H) das espécies foram mensurados em parceria com a equipe do Laboratório de Manejo e Ecossistemas Florestais LAMEF da UFOPA, sob coordenação do Prof. Dr. João R.V Gama, realizados nos meses de outubro de 2010, 2012 e 2014. Para cada espécie mensurada, amostras de material vegetativo/reprodutivo (Figura 4-B e C) foram coletadas para montagem, tombamento e registro de exsicatas de forma a obter uma correta identificação da espécie por um especialista botânico.

Figura 4. Inventário realizado no Bosque Meckdece, Santarém-PA: **(A)** Vegetação predominante do fragmento, **(B)** Limpeza do material botânico coletado para a remoção dos sedimentos, **(C e D)** Obtenção do material botânico (em triplicata) para a montagem e o registro das exsicatas

O material botânico foi encaminhado ao preparado no Laboratório de Tecnologia da Madeira na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) onde o mesmo foi preparado para a montagem de exsiccatas.

Devido ao excesso de sedimentos (fração argila) depositado no material botânico coletado, procedeu-se com a limpeza superficial do mesmo, seguida pela prensagem e secagem em estufa de circulação forçada a 50° Célsius por 72 horas (3 dias).

Todo material vegetativo coletado foi identificado pelo taxonomista Gabriel Colletta e depositado no Herbário ESA da ESALQ-USP.

3.5.2 Análise Antracológica dos carvões

O processo de caracterização anatômica e identificação dos táxons de 100 carvões recolhidos na escavação 9 em 94-105 cm de profundidade foram descritos de acordo as normas da IAWA - "List of microscopic feature for hardwood identification" (IAWA-Committee, 1989) e identificados por meio da bibliografia especializada como: Metcalfe e Chalk (1957); Mainiere e Chimelo (1989); Chichignoud et al. (1990); Ferreira e Hopkins (2004); Trevizor (2011); Albuquerque (2012), entre outros; e com auxílios dos banco de dados interativos i. "InsideWood. 2004-onwards" (WHEELER, 2011; INSIDEWOOD, 2004) e ii. "Intkey" versão 1.0 (CORADIN et al., 2010).

Toda a etapa de identificação das espécies que originaram os fragmentos de carvão foi orientada pela Prof. Dra. Rita Scheel-Ybert do Laboratório de Arqueologia da Paisagem do Museu Nacional/UFRJ.

Os carvões foram quebrados manualmente (Figura 5-A) e com o uso de uma lâmina de aço (Figura 5-B) de acordo com os 3 planos fundamentais da madeira (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial) e sua estrutura anatômica observada em um Microscópio Trinocular de luz refletida com campo claro e escuro Zeiss AxioScope A1 (Figura 5-C), através de imagens obtidas por uma câmera AxioCam MRC de 1.6 megapixels e processadas pelo programa AxioVision SE64 Rel 4.9.1 (LAIM ESALQ/USP). Para identificação dos diferentes elementos anatômicos, necessários para descrição e posterior identificação das espécies

encontradas, foram utilizadas as objetivas Zeiss EC Epiplan-NEOFLUAR de 2.5, 10 e 50 vezes de aumento.

Figura 5. Seccionamento do carvão vegetal: **(A)** com lâmina de aço; **(B)** manual, **(C)** microscópio de luz refletida.

Os fragmentos de carvão vegetal, quebrados e identificados nos 3 respectivos planos, foram secos em estufa a 50 °C com circulação de ar por 2 dias. Em seguida, foram fixados, com uso de cola à base de carbono, em suportes apropriados para observações no microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca Zeiss, acoplado com sistema de microanálise por raios X por espectroscopia de energia dispersiva (NORAN). As amostras de carvão foram recobertas com filme de ouro de espessura média de $2 \cdot 10^{-5}$ mm, por 120 seg., em equipamento BAL-TEC SCD 050 Sputter Coster (Figura 6-A) para posterior observação no MEV (Figura 6-B). Para a aquisição das informações morfológicas (topográficas) no MEV, foram utilizados elétrons secundários acelerados com tensão de 15 kV (ISHIDA, 2010).

Figura 6. Análise dos fragmentos de carvão vegetal. (A) metalização das amostras; (B) amostras inseridas no MEV.

3.5.3 Microtomografia de Raio X na linha IMX

Para análise dos carvões menores de 2 mm de espessura (geralmente excluídos das análises antracológicas), empregou-se a técnica de microtomografia de raio X na linha IMX do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) do Centro de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM) (Figura 7-A)³.

A linha de luz IMX é utilizada para a geração de imagens microestruturais por raios X, permitindo estudos, de maneira não destrutiva, de caracterização de materiais, como arranjos celulares, delimitação de estrutura celular, porosidade e arquitetura anatômica. A linha possui 20 m de comprimento (Figura 7-B) e, atualmente, funciona com um feixe de raios-x branco com um espectro entre 4 e 20 keV, limitado pelo uso de filtros. O tamanho da fonte de raios X é de cerca de 100 μm verticalmente (V) x 400 μm horizontalmente (H). O sistema de detecção de imagem consiste em um cintilador LuAG: Ce de 50 μm de espessura e uma câmera de dispositivo de acoplamento carregado (PCO2000) de 2048 x 2048 pixels, filtro de 350 μm de espessura de sílica, 1001 projeções, detector a 30 mm do eixo de rotação. O algoritmo de reconstrução de imagens foi o PyRaft (MICHELIS; HELOU, 2014; KOCHEV et al., 2016), o software utilizado para processamento das imagens foi o Avizo 3D 9.1.1 GRV4.

³ Para utilização da linha foi submetida uma proposta com o projeto (20160376) intitulado “Use of X-ray Imaging to micro anthracology studies in the PA-ST-32 Archeological Site, Low Amazon”, para utilização de 4 dias consecutivos da linha IMX.

Figura 7. (A) Anel do Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM); **(B)** Amostra de Carvão Arqueológico colada no porta-amostra da linha de luz IMX (microtomografia de raio X); **(C)** Amostra de carvão arqueológico.

3.5.4 Análise geoarqueológica

a) Análise físico-química do solo

A determinação dos teores de Argila, Silte e areia das 126 amostras de solo foi realizada no Laboratório Multiusuário de Análises Químicas de Solos, Departamento de Solos, ESALQ/USP. As amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) foram agitadas por 16 horas e a fração areia foi separada da fração argila por fracionamento físico, em peneira de malha com abertura de 2-0,05 mm e posteriormente seca e pesada. O silte e a argila em suspensão foram colocados em proveta de 1 litro, onde a argila foi determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O teor de silte foi obtido por diferença.

A determinação de pH, acidez ativa, acidez potencial, carbono orgânico, macronutrientes e micronutrientes das amostras de TFSA foram realizados segundo a metodologia da EMBRAPA (1997) no mesmo laboratório: Ph (H_2O) e KCl 1 mol L^{-1} . Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1} enquanto a extração $H^+ + Al$ foi realizada com acetato de cálcio $0,5\text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0. Os elementos P, K^+ e Na^+ foram extraídos com solução de H_2SO_4 $0,0125\text{ mol L}^{-1}$. Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por espectrometria de absorção atômica; K^+ e Na^+ por fotometria de chama e Al^{3+} e $H^+ + Al$ por titulometria. Os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn foram extraídos em solução de H_2SO_4 $0,0125\text{ mol L}^{-1}$ + HCl $0,05\text{ mol L}^{-1}$ e determinados em absorção atômica. Carbono orgânico foi determinado por meio de oxidação via úmida de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) $0,4\text{ mol L}^{-1}$.

b) Análise molecular da matéria orgânica do solo

Todo o procedimento de fracionamento para análise molecular (pirólise – cromatógrafo gasoso/espectrômetro de massa) da fração do solo foi realizada no Laboratório Multiusuário de Análises Químicas do Solo, Departamento de do Solo, ESALQ/USP sob orientação da Dra. Judith Schellekens e supervisão do técnico Luiz Antônio Silva Júnior.

As amostras de solo coletadas passaram por um processo de remoção de resíduos, sejam inorgânicos (pedras, pedaços de seixos e lítico) e/ou orgânicos (carvões, raízes, folhas e galhos), ao qual o solo foi peneirado por meio de peneira

com malha de 2 mm. Posteriormente 5 gramas de solo dos perfis foram pesadas diretamente em tubos Falcon modelo Sigma (40mL).

Aos tubos adicionou-se 30 mL HF/HCl 1 M (3:1) e os mesmos foram submetidos a um processo de agitação em uma mesa agitadora Reciprocante Marconi a 200 r.p.m (rotações por minuto) por 6 horas (Figura 8-A). Posteriormente os tubos foram centrifugados por 12 minutos a 4.000 r.p.m. utilizando a centrífuga Sigma 2-16 PK com rotor Sigma 16151 (Figura 8-B) e o sobrenadante foi descartado (o descarte foi realizado em recipiente adequado para futuro descarte no Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) da ESALQ/USP. Esta etapa foi repetida 6 vezes para garantir a remoção da fração mineral do solo (ZEGOUAGH et al., 2004).

Figura 8. (A) Mesa agitadora Reciprocante Marconi, **(B)** Centrífuga Sigma 2-16 PK com rotor Sigma 16151.

As amostras que restaram nos tubos Falcon, 30 mL de HCl 1M foi adicionado e agitou-se por 12 horas. Após a agitação, os tubos contendo a matéria orgânica foram centrifugados por 12 minutos a 4.000 r.p.m. Adicionou-se 30 mL de água deionizada e agitou-se, manualmente, até a completa homogeneização. Posteriormente, o conteúdo foi novamente centrifugado a 4.000 r.p.m. por 12 minutos e o sobrenadante descartado. Em seguida, um pouco de água deionizada (o suficiente para remoção da matéria orgânica) foi adicionado na amostra e procedeu-se com o descarte da solução matéria orgânica e água em um frasco numerado e perfurado na tampa. Os frascos contendo a matéria orgânica e água

foram levados a um freezer a -10° Célsius até congelar e prosseguiu-se com a liofilização. Com a liofilização, todo o procedimento resultou em um pó homogêneo que foi inserido em um pirolizador acoplado a um cromatógrafo gasoso e a um espectrômetro de massa para obtenção dos Pirogramas.

Para o estudo da composição e estrutura molecular da MOS da camada antrópica, a técnica da pirólise-CG/EM foi utilizada (Figura 9).

Figura 9. (A) Amostra de solo inserida no recipiente de amostra; (B) A cápsula sendo inserida no pirolizador; C: Sistema pirólise – CG/EM do departamento de Ciência do Solo ESALQ/USP. Pirolizador indicado pela seta, abaixo o sistema acoplado de CG/EM. A seta preta indica onde se encontra a amostra de material a ser analisado.

Todas as amostras dos seis perfis selecionados foram submetidas a um aparelho de pirólise tipo PY-3030s (Frontier Laboratories, Fukushima, Japão) (Figura 9-B) acoplado a um GCMS-QP2010 (Shimadzu, Kyoto, Japão) (Figura 9-C). A temperatura de pirólise foi de 600 ° C (+/- 0,1 ° C); e o Hélio foi utilizado como gás portador a um fluxo constante de 34,5 mL min⁻¹. A temperatura de injeção de CG (dividida 1:20) e a interface de Cromatografia Gasosa/Espectrometria de Massa (CG-EM) foram ajustadas a 320 °C. O forno do GC foi aquecido a uma temperatura de 50-320 ° C (mantido 10 min.) a 7 ° C min⁻¹. O instrumento de GC foi equipado com uma coluna de UltraAlloy-5 (Frontier Laboratories LTD.), 30 m de comprimento, 0,25 mm de espessura, diâmetro de 0,25 µm. O MS foi a digitalização na gama de m/z 45-600. Os produtos de pirólise foram identificados utilizando a biblioteca do espectro de massa NIST'14.

A partir do grande número de picos dos pirogramas, os produtos de diferentes grupos químicos foram selecionados para proporcionar uma indicação da composição geral do OM nos solos, incluindo os hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs), que são produtos oriundos de processos de queima (carvão pirogênico) (GONZALEZ-PÉREZ et al., 2014); compostos aromáticos, os quais podem ser originários de carbono pirogênico ou proteínas; fenóis de lignina (presente em plantas vasculares); compostos alifáticos; hidratos de carbono (ambos de plantas e fonte microbiana); e compostos nitrogenados (de origem microbiana). Os compostos quantificados incluem benzeno, C₂ benzeno, indeno, levoglucosano, guaiacol, siringol, naftaleno, bifenilo, naftalenos C₁, fluoreno, fluoranteno, acetamida e os C₂₂₋₂₅, *n*-alcanos. A metodologia de caracterização dos compostos esta baseada de acordo com Buurman et al. (2011), Schellekens et al., 2017.

c) Carbono 13 (¹³C) e Nitrogênio 15 (¹⁵N)

As 126 amostras de solo coletadas por nível representativas das Escavações (1, 2, 4-7, e 9-13) e perfil testemunho foram “finamente” moídas em moinho de bolas (Figura 10-A) para assegurar a homogeneidade do material analisado, tanto para ¹³C quanto para ¹⁵N, tomando sempre cuidado em, a cada troca de amostra, limpar as cápsulas do moinho (com água e detergente neutro) e secá-las com jatos de ar comprimido (Figura 10-B), a fim de evitar contaminação.

As amostras de solos moídas foram então pesadas, em balança analítica de

alta precisão (com sensor) Mettler-Toledo MX5 (Figura 10-C), utilizando como cadinho cápsulas de estanho. Para o solo coletado até 40 cm de profundidade foram pesados 15 μg (em cápsulas de estanho SerCor SC009) e para o mais profundo 60 μg (cápsulas de estanho SerCor SC0018). A única exceção foi a amostra de número 77, representante da escavação de número 8, que por se localizar entre a profundidade de 45 a 35 cm, pesou-se 30 μg de solo.

As cápsulas de estanho foram então amassadas e seladas; seguidamente guardada em um suporte numerado e devidamente identificado (Figura 10-D) e posteriormente inseridas no espectrômetro de massa ANCA GSL (Figura 11-A e B) do Laboratório de Isótopos Estáveis (LIE) do Centro de Estudos Nucleares na Agricultura – USP para análise.

Figura 10. Processo para análise isotópica a partir do solo: **(A)** Moinho de bolas e cápsula contendo a amostra de solo, **(B)** lavagem das cápsulas e secagem com ar comprimido, **(C)** balança analítica de precisão por sensor, **(D)** suporte para inserção das cápsulas de estanho contendo as amostras de solo pesadas.

Figura 11. (A) Espectrômetro de massa ANCA GSL do Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Estudos Nucleares na Agricultura – USP, com **(B)** Placa contendo as cápsulas de estanho + amostras de solo.

3.5.5 Medições de radiocarbono via AMS

As datações de radiocarbono foram realizadas por meio da técnica AMS nos Laboratório Beta Analytica (amostras STM-2014-20 a STM-2014-26) e Laboratório de ^{14}C (AMS) da Universidade da Califórnia – Irvine (amostras STM-2015-01 a STM-2015-23). Foram no total 39 amostras de carvão vegetal datas.

4. ARQUEOLOGIA AMAZÔNICA – SÍTIO PA-ST-32 (SÍTIO PORTO)

4.1 Escavações na área 10A-3

As escavações foram nomeadas de acordo com a coordenada geográfica (UTM 21M) do canto nordeste, utilizando um GPS.

Em todas as escavações foi observado material recente nos primeiros 20 cm de profundidade e, logo abaixo, uma camada não contínua de areia de coloração clara, intrusiva no local. No nível de profundidade seguinte verificaram-se, ainda, materiais recentes embora, em menor quantidade.

A camada de material recente é característica de aterro, sendo bastante comum nas escavações da área 10A-3, sendo considerada mais espessa na escavação 4. O terreno da escavação 4 tinha como diferencial a sua cota mais elevada, o que indica o transporte e deposição da camada de solo superior sobre o sítio em algum momento, no passado. Após os primeiros 20 cm de profundidade distingue-se a camada de Terra Preta Arqueológica (TPA), apresentando abundante material cultural, sendo denominada de camada A e com o solo caracterizado como arenoso-argiloso e muito macio para o processo de escavação.

O número de coletas (Tabela 1) indica a quantidade de fragmentos de carvão encontrados por profundidade e por escavação, com tamanhos variando de pequeno a grande.

Tabela 1. Coletas de carvão arqueológico realizadas por nível em cada escavação da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil).

		Escavação										
		1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13
Número de Coletas por Profundidade (cm)	0-10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	30-40	-	-	4	-	1	1	-	1	1	-	-
	40-50	-	2	-	-	1	1	-	4	2	-	-
	50-60	-	1	3	4	-	2	-	1	5	-	1
	60-67	-	1	1	-	2	2	-	1	4	-	1
	67-70		1									
	70-77	-	1	-	-	4	-	4	4	-	2	
	77-80											-
	80-87	-	4	-	3	1	-	3	3	-	5	
	87-90											1
	90-97	-	-	-	2	1	-	1	3	2	4	
	97-110											-
	110-120	-	-	-	-	3	3	-	2	5	1	1
120-130	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
130-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
140-171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
196-320	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
TOTAL		-	6	14	4	13	12	-	18	28	5	14

Na escavação da área 10A-3 foram coletadas, no total, 114 amostras de fragmentos de carvão, de diferentes dimensões. Entre as escavações realizadas na área, a 11 foi a que apresentou o maior número de coletas, com 28 amostras; e as escavações 1 e 7 não apresentaram nenhum fragmento de carvão com tamanho o suficiente que permitisse sua identificação. Observa-se, da mesma forma que na maioria das escavações, os fragmentos de carvão concentram-se nos níveis de 30 a 120 cm de profundidade.

4.1.1 Escavação 1 (UTM 21M 751427 L 9732490 N)

Tabela 2. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 01 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-20	-	Apresentou pouco material arqueológico indígena, sendo geralmente pequenos fragmentos de cerâmicas.
	20-50	-	Apresentou abundância de material arqueológico (lítico e cerâmica), embora os fragmentos de fossem diminutos.
	50-60	10YR 3/2	Apresentou grande quantidade de material lítico e de cerâmicas com presença de mais bordas e fragmentos decorados. Neste nível, o solo apresentou mosqueamento, apresentando a cor 10YR 4/4 na posição Leste.
	60-80	10 YR 4/4	Ocorreu pouco material arqueológico. Não realizou-se coleta de carvão vegetal para análise antracológica, pois eram muito diminutos e distribuídos aleatoriamente por todo o perfil.
	80-90	10 YR 4/4	Apresentou mosqueamento 10 YR 3/1.
	90-100	10 YR 4/4	Apresento apenas 4 fragmentos de cerâmica. Mosqueamento aumenta (10 YR 6/6).
Tradagem	100-150	10 YR 5/4	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.
	150-186	10 YR 6/4	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.

Os perfis das paredes norte e leste foram desenhados e apresentados abaixo (Figura 12).

Figura 12. Perfis norte e leste da escavação 1 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013)

4.1.2 Escavação 2 (UTM 21M 751429 L 9732498 N)

Tabela 3. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 2 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-20	-	Apresentou pouco material arqueológico indígena, sendo geralmente pequenos fragmentos de cerâmicas.
	20-30	10 YR 3/1	Apresentou grande quantidade de material arqueológico, como abrasadores, lascas, cerâmicas decoradas e carvão.
	30-50	10 YR 5/8	Apresentou grande quantidade de material arqueológico. Aos 31 cm aparece uma rodela de fuso. Aos 41 cm realizou-se uma coleta grande de fragmentos de carvão vegetal. Aos 46-50 cm aparecem fragmentos diminutos de ossos.
	50-60	10 YR 5/8	Apresentou grande quantidade de material arqueológico.
	60-70	10 YR 3/2 10YR 4/3	Ausência de material arqueológico. Apresentou até os 67 cm grande quantidade de carvão vegetal. O solo torna-se mais claro a partir dos 67 cm (de 10YR 3/2 para 10 YR 4/3).
	70-117	10 YR 3/2	Ausência de material arqueológico. Aos 77 cm realizou-se uma grande coleta de fragmentos de carvão. Aos 94 cm realizou-se uma grande coleta de fragmentos de carvão.
	117-127	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.
Tradagem	127-183	10 YR 5/4	Tradagem realizada no centro da escavação. Aos 181 cm o solo passou a apresentar coloração 10 YR 5/4. Aos 183 cm apareceu um sumidouro (vazio) e por questões de segurança a tradagem foi encerrada.

Abaixo são apresentados os perfis leste e sul da escavação 2 (Figura 14).

Figura 13. Perfis leste e sul da escavação 2 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Figura 14. Escavação 2 realizada na área 10A-3 no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil: (A) fragmentos de cerâmica decorados encontrados no nível 20-30 cm de profundidade, (B) abrasadores sulcados encontrados no nível 40-50 cm de profundidade.

Fonte: Schaan (2013).

4.1.3 Escavação 3 (UTM 21M 751428 L 9732482 N)

Na escavação 3 (1x1 m), a maior quantidade de material arqueológico ocorreu na profundidade de 20 aos 40 cm, seguindo-se a redução da quantidade de material cultural, apesar do solo manter a coloração preta, conforme observado abaixo:

Tabela 4. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 03 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-20	-	Apresentou pouco material arqueológico indígena, sendo geralmente pequenos fragmentos de cerâmicas.
	20-40	10 YR 3/1	Apresentou uma grande quantidade de material arqueológico. Aos 39 cm aparece uma semente carbonizada.
	40-50	10 YR 3/1	Apresentou uma grande quantidade de material arqueológico. Aos 40 cm coletou-se um osso (não-humano) carbonizado.
	50-60	10 YR 4/2	Apresentou pouca quantidade de material arqueológico.
	60-80	10 YR 4/2	Apresentou pouca quantidade de material arqueológico.
	80-90	10 YR 4/2	Apresentou uma grande quantidade de fragmentos grandes de carvão vegetal, cerâmica com marca de cestaria, pontilhada. Aos 81-83 cm, coletou-se 9 fragmentos de cerâmica e lítico. Coletou-se 2 grandes amostras de carvão, sendo uma aos 84 cm e outra aos 88 cm.
	90-110	10 YR 4/2	Apresentou pouca quantidade de material arqueológico. Coletou-se muito carvão vegetal e 1 fragmento de cerâmica.
Tradagem	110-120	10 YR 4/2	Ausência de material arqueológico. Coletou-se carvão vegetal.
	120-170	10 YR 4/2	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.
	170-280	10 YR 5/6	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.
	280-300	10 YR 6/6	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.

Abaixo são apresentados os perfis norte e leste da escavação 3 (Figura 15).

Figura 15. Perfis norte e leste da escavação 3 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Nesta escavação foram encontrados ossos carbonizados (Figura 16-A) e grande concentração de cerâmica e de lítico a 83 cm de profundidade (Figura 16-B).

Figura 16. Escavação 3 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto Santarém/PA, Brasil): (A) ossos carbonizados encontrados aos 40 cm de profundidade, (B) concentração de cerâmica e lítico aos 83 cm de profundidade.

Fonte: Schaan (2013).

4.1.4 Escavação 4 (UTM 21M 751424 L 9732484 N)

Na escavação 4, o material recente aparece até os 42 cm de profundidade, quando foi encontrado um plástico no canto NE da escavação. Até os 50 cm de profundidade não são encontrados materiais arqueológicos ou carvão, com os resultados da escavação apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 4 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-20	-	Presença de poucos fragmentos de material arqueológico e de muito material recente.
	20-30	10 YR 3/1	Presença de poucos fragmentos de material arqueológico e de material recente.
	30-40	10 YR 3/1	Presença de poucos fragmentos de material arqueológico.
	40-50	10 YR 3/1	Presença de fragmentos de material arqueológico, sendo a maioria decorados. Aos 42 cm houve a presença de um pedaço de plástico.
	50-65	10 YR 3/1	Presença de fragmentos de materiais arqueológicos decorados e de lítico. Aos 53 cm coletou-se a face de uma estatueta e aos 58 cm coletou-se amostras de carvão vegetal associados a lascas pequenas e arenito. Coletou-se amostras de carvão vegetal não associados à estatueta e dispersos por todo o nível.
	65-75	10 YR 3/2	Presença de poucos artefatos de lítico e cerâmica. Aos 60-70 cm houve a presença de calibradores e lascas.
	75-95	10 YR 4/2	Presença de pouquíssimos artefatos de lítico e cerâmico, encontrados dispersos. Aparecem manchas mais escuras próximas às paredes leste e oeste, onde há ossos pulverizados, carvão, cerâmica e lascas.
	95-105	10 YR 3/4	Ausência de material cultural. Coletou-se blocos grandes de carvão vegetal.

Figura 18. Escavação 4 da área 10A-3, Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil): **(A)** fragmentos de material lítico encontrados a 40-50 cm de profundidade; **(B)** fragmentos de cerâmica, e **(C)** face de estatueta.

Fonte: Schaan (2013).

4.1.5 Escavação 5 (UTM 21M 751424 L 9732462 N)

A escavação 5, de dimensão de 1x1 m, foi aberta quase no meio do terreno, em uma área mais alta, sendo os detalhes descritos a seguir:

Tabela 6. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 5 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-10	-	Camada superficial do solo
	10-20	10 YR 2/1	Presença de fragmentos de material arqueológico como cerâmicas pequenas e lítico.
	20-30	10 YR 2/1	Presença de fragmentos de material arqueológico como cerâmicas pequenas e lítico.
	30-40	10 YR 3/1	Presença de uma grande quantidade de material arqueológico. Aos 32 cm coletou-se uma grande amostra contendo fragmentos de carvão vegetal.
	40-50	10 YR 3/1	Presença de pouco material arqueológico. Aos 46 cm coletou-se uma pequena amostra contendo fragmentos de carvão vegetal.
	50-60	10 YR 3/1	Presença de pouco material arqueológico.
	60-70	10 YR 3/2	Presença de pouco material arqueológico.

Tradagem	70-80	10 YR 3/3	Presença de pouco material arqueológico.
	80-120	10 YR 3/4	Aos 82-120 cm coletou-se um tronco carbonizado datado de 2.855 AP±15. Era constituído de diversos fragmentos de carvão vegetal (ainda organizados no formato de tronco).
	120-179	10 YR 3/4	Ausência de material arqueológico.
	170-220	10 YR 4/4	Aos 196-220 cm coletou-se uma quantidade “média” de fragmentos de carvão vegetal.

Na Figura 19 são apresentados os detalhes dos perfis das paredes norte e leste (Figura 19).

Figura 19. Perfis das paredes norte e leste da escavação 5 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Nesta escavação foi encontrado um grande fragmento de material carbonizado (Figura 20 A,B) com o processo de escavação direcionado à sua retirada de forma mais íntegra possível: escavação até 100 cm de profundidade, permitindo a coletado do bloco de carvão.

Figura 20. Escavação 5 da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA). (A) material recente encontrado nos primeiros 10 cm e (B) Tronco carbonizado de *Acacia sp* datado de 2.855 AP $\pm$ 15 (UCI).

Fonte: Schaan (2013).

Após a remoção do solo que envolvia o tronco, notou-se que a sua estrutura encontrava-se fragmentada, ou seja, constituída de fragmentos de carvão do material de origem, antes da sua carbonização. Isso ocorre porque, com o aumento da temperatura, há uma depleção química dos constituintes fundamentais (celulose, holocelulose e lignina) da madeira e, conseqüentemente, o processo de contração volumétrica. Ainda, há a liberação dos gases da madeira não condensáveis que causa a sua expansão volumétrica. O processo de contração e de expansão do lenho/carvão no processo de carbonização ou de destilação seca causa a fragmentação do material (ALBUQUERQUE, 2012).

Na carbonização, as hemiceluloses degradam entre 170–300°C, a celulose acima de 240°C e a lignina acima de 280°C (BEALL; EICKNER, 1970; FENGEL; WEGENER, 1989; ZERIOUH; BELKBIR, 1995; BYRNE; NAGLE, 1997). Entretanto, a decomposição do lenho não é evidente até a temperatura atingir cerca de 275°C (KOLLMANN; SACHS, 1967) e a carbonização do lenho não pode ser constatada abaixo de 300°C (KWON et al., 2009).

O lenho, submetido à carbonização, sofre diversas alterações na (i) sua coloração – escurecimento do lenho, que ao final do processo se torna negro; (ii) das propriedades físicas – consideráveis perdas de massa, contração, possíveis distorções anatômicas resultantes da carbonização e perda de muitas substâncias voláteis; (iii) das propriedades químicas – conversões contínuas e graduais dos três principais componentes químicos do lenho (celulose, hemicelulose e lignina), formando um produto novo, rico em carbono e quimicamente distinto (SHAFIZADEH, 1982; BOON et al., 1994; BRAADBART; POOLE 2008).

O fenômeno de carbonização e a influência das características anatômicas da madeira ainda é pouco estudado dependendo de vários fatores como (i) velocidade da carbonização, (ii) temperatura final, (iii) diâmetro do material de origem, (iv) posição no tronco da árvore, e da (v) espécie florestal (ALBUQUERQUE, 2010; GONÇALVES, 2010).

Albuquerque (2012) descreve as modificações anatômicas quali e quantitativas da madeira e após a sua carbonização em 75 espécies nativas da Amazônia brasileira. O mesmo estudo foi realizado por Gonçalves (2010), com a madeira das árvores de espécies do Cerrado.

4.1.6 Escavação 6 (UTM 21M 751432 L 9732468 N)

A escavação 6 foi realizada com um trincheira de área de 1x1 m, sendo obtidos os seguintes resultados:

Tabela 7. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 6 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-10	-	Camada superficial do solo.
	10-20	10 YR 2/1	Presença de aparece material recente, como vidro, prego, plástico, borracha além de raízes, seixos. O material indígena aparece no meio desse nível, constituído por cerâmica e lítico.
	20-30	10 YR 2/2	Presença de fragmentos de material arqueológico como cerâmicas pequenas e lítico.

			Aos 28 cm aparece um fragmento de cerâmica (início do vasilhame).
	30-40	10 YR 3/1	Presença de uma grande quantidade de material arqueológico. Aos 31 cm o vasilhame se revela. Aos 35 cm o vasilhame se expõe, permitindo assim sua coleta.
	40-50	10 YR 2/1	Presença de pouco material arqueológico. Aos 42 cm, abaixo do vasilhame (que estava quebrado em 53 fragmentos), coletou-se uma amostra de carvão vegetal.
	50-60	10 YR 3/1	Presença de pouco material arqueológico. Aos 53 cm coletou-se um fragmento grande de carvão vegetal. Aos 54 cm coletou-se uma grande amostra contendo fragmentos de carvão vegetal.
	60-70	10 YR 2/1	Presença de pouco material arqueológico
	70-90	10 YR 2/1	Ausência de material arqueológico. Coletou-se 2 amostras de carvão vegetal.
	90-100	10 YR 6/4	Ausência de material arqueológico. Coletou-se 3 amostras de carvão vegetal.
Tradagem	100-170	10 YR 6/8	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.
	170-196	10 YR 7/8	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.

Foram desenhados os perfis das paredes norte e leste (Figura 21) e os materiais arqueológicos fotografados (Figura 22-A,B).

Figura 21. Perfis das paredes norte e leste da escavação 6 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Figura 22. Vasilha encontrada na Escavação 6 da área 10A-3 do Sítio PA-TS-42 (Sítio Porto, Santarém/PA, Brasil). **(A)** início da presença da vasilha (31 cm de profundidade) e **(B)** totalmente exposta (35 cm de profundidade).

Fonte: Schaan (2013).

4.1.7 Escavação 7 (UTM 21M 751419 L 9732456 N)

A escavação 7 (2 x 1 m) foi aberta a sudoeste da escavação 5, dentro do triângulo, sendo que a descrição das camadas arqueológicas é apresentada abaixo (Tabela 8):

Tabela 8. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 7 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-10	-	Camada superficial do solo. Havia muitas raízes e solo arenoso, com material recente (tijolo, pilha, prego) Aos 7 cm coletou-se uma cabeça de estatueta.
	10-20	10 YR 3/1	Presença de material arqueológico como cerâmica decorada e lítico (abrasadores e lascas).
	20-30	10 YR 3/1	Presença de material arqueológico como cerâmica e lítico – nível com maior concentração.
	30-40	10 YR 3/1	Presença de pouco material arqueológico. Ausência de carvão vegetal.
	40-60	10 YR 3/1	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.
Tradagem	60-159	10 YR 3/3 7,5 YR 5/6	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal. No início da tradagem aos 60 cm o solo apresentou uma coloração 10 YR 3/3 e no final, uma coloração 7,5 YR 5/6.

Os perfis desenhados das paredes norte e leste (Figura 23) e os materiais arqueológicos são apresentados na Figura 24.

Figura 23. Perfis das paredes norte e leste da escavação 7, da área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Figura 24. Cerâmicas encontradas na Escavação 7 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA), sendo **(A)** no nível de 10-20 cm e **(B)** 20-30.

Fonte: Schaan (2013).

4.1.8 Escavação 10 (UTM 21M 751434 L 9732458 N)

A escavação 10 (abertura de 2 x 2 m) foi inicialmente aberta nas dimensões de 1 x 2 m (unidades 1, 2, 3 e 4) (Tabela 9) e, assim, na mesma linha das escavações 1, 2, 3 e 6 ao sul dessa última.

Tabela 9. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 10, Unidades 1 e 2.

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	1-10	10YR 3/1	Presença de material recente: raízes, fragmentos de vidro e pedaços de tijolos.
	10-20	10YR 2/1	Presença de material arqueológico. Aos 29 cm de profundidade coletou-se uma pequena amostra de carvão não associado a material cultural.
	20-30	10YR 2/1	Presença de material arqueológico. Aos 24 cm de profundidade encontrou-se uma lâmina de machado. Fragmento de cerâmico encontrado na peneira.
	30-40	10YR 2/2	Presença de material arqueológico. Aos 30 cm aparece uma concentração de arenito ferruginoso.

		Aos 35 cm de profundidade coletou-se uma rodela de fuso de cerâmica (Figura X-C).
40-50	10YR 2/3	Presença de material arqueológico. Aos 44 cm de profundidade é coletada uma pequena amostra contendo pequenos fragmentos de carvão.
50-60	10YR 2/3	Presença de material arqueológico. Aos 56 cm de profundidade foi coletada uma amostra contendo carvões.
60-70	10YR 3/3	Presença de pouco material arqueológico. Aos 69 cm coletou-se uma amostra grande de fragmentos carvão.
70-80	10YR 3/3	Presença de pouco material arqueológico. Aos 74 cm de profundidade realizou-se três coletas de carvão. Aos 75 cm de profundidade encontrou-se um pedaço de madeira em estado avançado de decomposição (Figura X). Aos 79 de profundidade realizou-se duas coletas de carvão para análise antracológica.
80-90	10YR 4/3	Ausência de material cultural e carvão vegetal.
90-110	10YR 4/3	Coletou-se uma grande amostra contendo fragmentos grandes de carvão vegetal.

Ao finalizar a escavação 10 verificou-se que a profundidade da vala variou de 90 cm na unidade 1, de 110 cm na unidade 2 e de 85 cm nas unidades 3 e 4, sendo desenhados os perfis das paredes norte e oeste (Figuras 25, 26).

Figura 25. Perfil da parede norte da escavação 10 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013)

Figura 26. Perfil da parede oeste da escavação 10 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Na Figura 27 (A, B, C, D) são evidenciados alguns materiais remanescentes de cerâmica da cultura tapajônica, sendo fragmentos decorados de cerâmica no nível de 30-40 cm de profundidade (A, B) com destaque do fragmento zoomorfo aos 37 cm (D). Encontrou-se, também, material lítico como rodela de fuso (C) aos 39 cm de profundidade.

Figura 27. Escavação10 realizada na área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA) **(A-B)** 30-40 cm, fragmentos decorados de cerâmica; **(C)** rodela de fuso coletada aos 39 cm de profundidade na Unidade 1; **(D)** fragmento zoomorfo coletado aos 37 cm, Unidade 2 (tracajá).

Fonte: Schaan (2013).

4.1.9 Escavação 11 (UTM 21M 751415 L 9732454 N)

A escavação 11, de dimensão de 1 x 2 m possui uma disposição paralela à da escavação 10, situada a 9 m a oeste, com os seus resultados apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 11.

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-15	10 YR 2/1	Camada superficial do solo. Presença de material recente como projétil, lata, vidro, tubo de pasta de dente, louça. Presença de fragmentos de material arqueológico – cerâmica. Presença de muitas raízes.
	15-20	10 YR 2/1	Presença de fragmentos de material arqueológico – cerâmica. Presença de muitas raízes.
	20-30	10 YR 2/1	Presença de grande quantidade de material arqueológico.
	30-40	10 YR 2/1 10 YR 7/8	Presença de grande quantidade de material arqueológico. Presença de mosqueamento amarelo (10 YR 7/8) resultado da biota e de raízes. Coletou-se uma semente carbonizada.
	40-50	10 YR 2/1	Presença de material arqueológico, embora a quantidade de cerâmica caiu pela metade
	50-60	10 YR 4/2	Presença de pouco material arqueológico. Coletou-se pequenos fragmentos de carvão vegetal dispersos pelo nível.
	60-70	10 YR 4/2	Presença de pouco material arqueológico. Coletaram-se pequenos fragmentos de carvão vegetal.
	70-80	10 YR 3/1	Presença de pouco material arqueológico como cerâmica decorada e lítico (abrasadores e lascas). Coletou-se uma grande amostra de médios fragmentos de carvão vegetal.
	80-110	10 YR 4/3	Presença de pouco material arqueológico. Coletou-se uma grande amostra de médios fragmentos de carvão vegetal.
	110-120	10 YR 5/6	Presença de pouco material

Tradagem			arqueológico. Coletou-se uma grande amostra de médios fragmentos de carvão vegetal.
	120-130	10 YR 5/6	Presença de pouco material arqueológico como fragmentos de cerâmica e lítico. Coletou-se uma pequena amostra de fragmentos de carvão vegetal.
	130-150	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico e de carvão vegetal.
	150-160	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico. Coletaram-se pequenos fragmentos de carvão vegetal.
	160-180	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico. Coletaram-se fragmentos de tamanhos medianos de carvão vegetal.
	180-200	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico. Coletou-se um fragmento de carvão vegetal de 2,5 cm.
	200-220	10 YR 5/8	Ausência de material arqueológico.

Nas Figuras 28 e 29 são apresentados os desenhos característicos dos perfis das quatro paredes dessa escavação.

Figura 28. Perfis das paredes norte e leste da escavação de 11, área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaen (2013).

Figura 29. Perfis das paredes sul e oeste da escavação 11, área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Durante a escavação, foram encontrados fragmentos de cerâmica com adornos e uma rodela de fuso (Figura 30).

Figura 30. Escavação de 11 realizada na da área 10A-3 – (A) fragmentos de cerâmicas adornadas, (B) rodela de fuso.

Fonte: Schaan (2013).

4.1.10 Escavação 12 (UTM 21M 751437 L 9732438 N)

Na superfície da unidade 12 foram verificados muitos fragmentos grandes de tijolos e outros materiais recentes. A localização desta escavação próximo da rua indica que foi utilizada como descarte e depósito de lixo e de entulho de construção. A construção de uma casa no local, posteriormente demolida, pode ser explicada, considerando a ocupação urbana por várias famílias antes da implantação do Porto. O material de demolição recente ocorre em grande quantidade nos primeiros 20 cm. A escavação 12 (1 x 2 m) foi aberta ao sul da escavação 11, na mesma direção. A descrição detalhada do solo e da escavação é apresentada na Tabela 11, por nível, com o perfil apresentado na Figura 31.

Tabela 11. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 12.

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil/ camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-20	-	Presença de material recente, como tijolo com cimento, vidros de janela, fragmentos de garrafas, vasilhas, isolador de energia elétrica e fio elétrico.
	20-30	10 YR 2/1	Presença de pouca quantidade de material recente e de poucos e pequenos fragmentos de material arqueológico, cuja quantidade aumenta enquanto a de material recente diminui.
	30-40	10 YR 2/1	Presença de grande quantidade de material arqueológico. Coletou-se um pé de estatueta (figura 32-B)
	40-50	10 YR 3/1	Presença de grande quantidade de material arqueológico como cerâmica (pouco) e lítico (muito). Coletou-se uma mão de estatueta.
	50-80	10 YR 3/2	Presença de material arqueológico como cerâmica e lítico.
	80-90	10 YR 3/2 10 YR 6/6	Presença de pouco material arqueológico. Presença de mosqueamento 10 YR 6/6. Coletou-se 2 amostras de carvão vegetal.
	90-110	10 YR 5/6	Presença de pouco material arqueológico como cerâmica.
Tradagem	110-140	10 YR 4/4	Ausência de material arqueológico. Coletou-se uma amostra grande de pequenos fragmentos de carvão vegetal.
	140-155	10 YR 5/6	Ausência de material arqueológico. Coletou-se uma amostra de pequenos fragmentos de carvão vegetal.
	155-171	7,5 YR 4/6	Ausência de material arqueológico. Coletou-se uma amostra pequena de pequenos fragmentos de carvão vegetal.

Figura 31. Perfis das paredes leste e sul da escavação 12 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Na escavação 12 destacam-se os materiais arqueológicos encontrados nos níveis de profundidade de 10-20 e de 30-40 cm (material histórico) (Figura 32) com destaque a descoberta de um pé de estatueta de cerâmica.

Figura 32. Escavação 12 da área 10A-3, Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto, Santarém/PA): (i) nível de 10-20 cm - **(A)** material histórico; e (ii) nível 30-40 cm - material histórico, **(B)** pé de estatueta de cerâmica, **(C)** cerâmica e **(D)** lítico.

Fonte: Schaan, 2013.

4.1.11 Escavação 13 (UTM 21M 751431 L 9732464 N)

A escavação 13 foi realizada aos 4,5 m ao norte da escavação 10, medindo de 2 x 2 m. As unidades (1 x 1 m) foram numeradas de 1 a 4 (1-NO; 2-SO; 3-NE e 4-SE).

Tabela 12. Descrição da escavação arqueológica realizada no Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 13.

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do Perfil/ Camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	1-10	10YR 3/2	Presença de muitas raízes e material recente como plástico vidro, ferro e metal. Presença de pouco material arqueológico fragmentado (cerâmicas), encontrados na peneira.
	10-20	10 YR 3/1	Presença de material recente como plástico, seixos e tijolos. Aumento da quantidade de material arqueológico do tipo cerâmica e lítico, coletados na peneira.
	20-30	10 YR 6/6	Não houve presença de material arqueológico e carvão vegetal.
	30-40	10 YR 2/1	Presença de raízes e radículas. Aos 33 cm: coletou-se dois calibradores de arenito. Aos 36 cm: coletou-se um aplique em formato de cabeça de pássaro. Aos 39 cm: coletou-se um fragmento modelado zoomorfo.
	40-50	10 YR 2/1	Aos 40 cm: coletou-se uma base em pedestal e um fragmento de carena. Aos 41 cm: encontrou-se um pedaço de plástico – perturbação das camadas. Presença de mosqueamento no solo. Manchas amareladas consideradas um indicativo de bioturbação (formigas).
	50-60	10 YR 2/1	Presença de micro-fragmentos de carvão, coletados na peneira. Presença de líticos, como lascas e calibrados sulcados. Presença de cerâmica adornada com engobo vermelho, incisões e apliques. Presença de um fragmento de estatueta. Aos 51 cm: presença de vasilha contendo solo dentro.
	60-70	10 YR 3/3	Presença de pouca quantidade de material cerâmico: fragmentos com decoração incisa, ponteados, engobo vermelho e apliques. Presença de pouca quantidade de material lítico: lascas e núcleo.

Tradagem	70-80	10 YR 3/3	Presença de pouca quantidade de material arqueológico. Coletou-se vários fragmentos de carvão vegetal dispersos pelo nível.
	80-90	10 YR 3/4	Coletou-se 3 fragmentos de cerâmica e um fragmento de argila. Coletou-se 5 amostras de carvão vegetal, dispersos pelo nível.
	90-100	10 YR 4/4	Coletou-se um fragmento de lítico. Coletou-se duas pequenas amostras de carvão vegetal, dispersos pelo perfil.
	100-110	10 YR 5/6 10YR 5/8	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.
	110-160	10 YR 6/6 10 YR 6/8	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.
	160-200	10 YR 6/6	Ausência de material arqueológico e carvão vegetal.

Para compreender a melhor disposição das características camadas arqueológicas é apresentada a Figura 33, podendo ser visualizada pelo desenho da parede norte da escavação.

Figura 33. Perfil da parede norte da escavação 1, área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

Calibradores de arenito foram encontrados, a 33 cm de profundidade (Figura 34-A) e aos 39 cm um fragmento de cerâmica zoomorfa (Figura 34-B).

Figura 34. Escavação 13 da área 10A-3 do Sítio PS-ST-42 (Sítio Porto/ Santarém/PA): **(A)** Calibradores de arenito, encontrado a 33 cm e **(B)** fragmento zoomorfo, encontrado a 39 cm de profundidade.

Fonte: Schaan (2003).

4.2 Escavação na área 10A-4

A área 10A-4 é caracterizada pela coberta de vegetação de capoeira, sendo que, após a limpeza da parte sul do terreno, em julho de 2013, foi demarcada uma área 1 x 2 m de escavação (escavação 9), ao sul de onde havia feita uma escavação em 2011, não estudada no presente trabalho.

4.2.1 Escavação 9 (UTM 21 M 751444 L 9732502)

Na escavação de 9 observou-se, inicialmente, uma camada de solo de 2 cm, com predominância de húmus e de raízes, sendo que nesta escavação não foi verificada quantidade relevante de material recente nesta escavação.

Tabela 13. Descrição da escavação arqueológica realizada na área 10A-4, Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto – Santarém/PA), Escavação 9 (SCHAAN, 2013).

Atividade	Profundidade (cm)	Cor Munsell	Descrição do perfil camadas arqueológicas
Escavação arqueológica	0-2	*	Ausência de material arqueológico. Presença de húmus, raízes e laterita.
	2-10	10 YR 3/2	Ausência de material arqueológico. Presença de material recente: plástico.
	10-44	10 YR 3/3	Presença de material recente: plástico. 12-22 cm coletou-se muitos fragmentos decorados como engobo vermelho, ponteados, arrastão, incisão. Aos 37 cm coletou-se carvão associado a ossos e a três fragmentos de cerâmica. Aos 42 cm diminui a quantidade de fragmentos, porém aumentou-se o tamanho dos mesmos. Coletou-se fragmentos de material lítico (raladores, calibradores e lascas).
	44-104	10 YR 3/2	Camada A1 – Coloração acinzentada
	104-124	10 YR 4/3	Presença de material arqueológico como pequenos fragmentos de carvão vegetal.
	124-160	5 YR 5/8	Presença de carvão vegetal, cuja frequência foi diminuindo com a profundidade. Coletou-se 4 amostras de carvão vegetal.

O perfil esquemático das paredes sul e oeste da escavação 9 é apresentado na Figura 35. .

Figura 35. Perfil das paredes sul e oeste da escavação de No 9 área 10A-3 do Sítio PA-ST-42 (Sítio Porto), Santarém/PA, Brasil.

Fonte: Schaan (2013).

As amostras de carvão coletadas para as análises antracológicas se concentraram nos níveis abaixo de 80 cm de profundidade. Ao total foram realizadas 5 coletas (tabela 14) nesta escavação.

Apesar de que, de modo geral, verificou-se um restrito número de amostras de carvão coletadas nas escavações. No entanto, a escavação de No 9 revelou-se como um grande depósito de carvão, com maior volume de fragmentos, sendo que a área 9 apresenta os carvões de dimensão média a grande.

Tabela 14. Coletas de carvão realizadas por nível na Escavação de No 9 do Sítio PA-ST-32, Santarém-PA.

Escavação 9	
0-10	0
10-20	0
20-30	0
30-40	0
40-50	0
50-60	0
60-70	0
70-80	0
80-90	2
90-110	0
110-140	1
140-155	1
155-171	1
TOTAL	5

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cronologia da região Amazônica e do Sítio PA-ST-32

Os relatos mais antigos acerca de ocupações pré-coloniais com evidência de caçadores-coletores na região Amazônica foram feitos em 1783, por Rodrigues Ferreira, em uma viagem ao Rio Negro (COSTA, 2009).

As pesquisas atuais em arqueologia amazônica revelam um rico patrimônio arqueológico, bem preservado e ainda pouco estudado, mas que ainda necessita de respostas de diferentes áreas como ciências biológicas, geoquímicas, geofísicas, moleculares e isotópicas (ROOSEVELT, 2013).

Trabalhos recentes em arqueologia Amazônica fornecem evidências de uma longa e substancial sequência de desenvolvimento indígena na Amazônia, muito mais complexa e isolada do que se pensava, sugerindo que terras baixas do bioma amazônico tenham sido ocupadas mais cedo, sendo um centro de origem de desenvolvimento cultural para as Américas (ROOSEVELT, 2013). Novos resultados de estudos radiocarbônicos evidenciam que terras baixas tiveram prioridade cronológica sobre áreas montanhosas no desenvolvimento da cerâmica e das ocupações sedentárias. Burger 1989; Lathrap, 1974, 1977; Towle, 1961 e Lanning, 1967 evidenciam isso em seus trabalhos em escavações em terras baixas no Andes.

Os mais antigos vestígios humanos para todo o continente americano foram encontrados no Nordeste dos Estados Unidos, datados de aproximadamente 14.000 anos AP (GILBERT et al. 2008).

O baixo Amazonas possui algumas das datações mais antigas para o continente sul-americano. As pesquisas realizadas por Roosevelt (1996, 1999) na Caverna da Pedra Pintada, nas proximidades de Santarém/PA, indicam a presença antrópica na região há pelo menos 11.200 anos AP (período conhecido como Paleoíndio ou Paleoindígena, que ocorreu de 15.000 a 10.000 anos AP).

A idade geológica do Sítio remota-se ao Holoceno, enquanto o período de tempo desde sua formação, esta compreendido entre o Arcaico, ocorrido entre 10.000 a 2.500 anos AP; e período Formativo, ocorrido entre 2.500 AP até a chegada dos primeiros colonizadores.

Para compreender o processo de formação do Sítio PA-ST-32 foi estabelecida uma cronologia de formação das camadas arqueológicas de terra preta

e terra mulata através da datação de ^{14}C a partir de 29 amostras (Tabela 15) de carvão vegetal encontradas em diferentes profundidades das áreas de escavação. As datações ocorreram em dois laboratórios diferentes, sendo eles: (a) Beta Analytica (amostras STM-2014-20 a STM-2014-26) e (b) Universidade da Califórnia – Irvine (amostras STM-2015-01 a STM-2015-25).

A presença de material recente como resíduos de construção (pregos e tijolos) no Sítio, nas camadas superficiais (0-20 cm), estão associadas às atividades recentes de colonização da área (atualmente é o Campus da UFOPA). O fato pode ser verificado através da cronologia da escavação 9, que apresentou uma datação de 3030 ± 30 AP na camada superficial (0-30 cm) e de 400 ± 30 BP em 10-20 cm, evidenciando uma remobilização do solo após a deposição dos sedimentos.

Colonialistas europeus e brasileiros se estabeleceram em Santarém por volta de 2.900 AP e 2.270 AP (QUINN, 2004; ROOSEVELT, 2009), dado que é fundamentado por meio da presença de materiais na área em associação com materiais culturais remanescentes da cultura Tapajônica como cerâmica e lítico.

Em todos os perfis escavados foram encontrados materiais culturais remanescentes dos antigos Tapajoaras como cerâmica, lítico e carvão vegetal. A

A datação por radiocarbono indica que essas camadas de solo antropogênico de terra preta foram formadas entre 3.105 ± 15 anos AP [3184–3358 cal anos AP; $\pm 2\sigma$] (a 118 cm) e 495 ± 20 anos AP [493-525 cal anos AP; $\pm 2\sigma$] (a 45 cm). Os resultados obtidos neste estudo corroboram a informação de inúmeros autores (NEVES, 2008, NEVES et al. 2003; ROOSEVELT, 1999, 2000; ROOSEVELT et al. 2002; PETERSEN et al., 2001) e Travassos (2012) datando carvões associados com amostras de cerâmica do Site Porto.

Tabela 15. ^{14}C resultados para site de Porto Santarém (PA-ST-42), Brasil, são mostrados como FmC e com idades de ^{14}C não calibradas. O erro 1σ foi calculado com base na contagem de estatísticas e de dispersão em múltiplas medições em cada amostra, juntamente com as incertezas propagadas a partir de normalização para material de referência, subtração de fundo, e correções fracionamento isotópico, após análise instrumental descrito em Santos et al. (2007). Resultados de duplicatas são indicados.

Amostra	Setor Escavação	Profundidade (cm)	Laboratório AMS	$\delta^{13}\text{C}$ -IRMS (‰)	Fração Moderna	$\pm 1\sigma$	Idade ^{14}C (AP)	$\pm 1\sigma$
STM-2015-12	2	94	UCI - 155919	-23.8	0.6817	0.0013	3080	15
STM-2015-17	3	37	UCI - 155924	-27.5	0.9284	0.0018	595	20
STM-2015-16	3	90	UCI - 155923	-26.9	0.7154	0.0013	2690	15
STM-2014-25	3	98	Beta - 388955	-24,8	0.6452	0.0024	3520	30
STM-2015-06	5	30-40	UCI - 155913	-26.1	0.7041	0.0013	2820	15
STM-2015-05	5	64	UCI - 155912	-26.5	0.7041	0.0014	2820	20
STM-2015-04	5	90-200	UCI - 155911	-25.9	0.7008	0.0013	2855	15
STM-2014-26	5	196-320	Beta - 388956	-26,4	0.4025	0.0015	7310	30
STM-2015-15	6	45	UCI - 155922	-25.8 (n=2)	0.8872	0.0016	960	15
STM-2015-13	6	61	UCI - 155920	-26.2	0.8554	0.0017	1255	20
STM-2015-14	6	90	UCI - 155921	-28.2	0.6848	0.0012	3040	15
STM-2014-24	9	0-10	Beta - 388954	-26,3	0.6857	0.0025	3030	30
STM-2014-21	9	22	Beta - 388951	-25,4	0.9514	0.0035	400	30
STM-2014-22	9	49	Beta - 388952	-26,4	0.8601	0.0032	1210	30
STM-2015-23	9	68	UCI - 155930	-26.6	0.7988	0.0015	1805	15
STM-2015-22	9	98	UCI - 155929	-26.6 (n=2)	0.6831	0.0013	3060	15
STM-2014-23	9	124	Beta - 388953	-27,3	0.6207	0.0023	3830	30
STM-2014-20	9	144	Beta - 388950	-26,6	0.6858	0.0025	3030	30
STM-2015-01	10	69	UCI - 155908	-27.3 (n=2)	0.7809	0.0014	1985	15
STM-2015-02	10	79	UCI - 155909	-27.6	0.7824	0.0017	1970	20
STM-2015-03	10	110	UCI - 155910	-26.5	0.7841	0.0014	1955	15
STM-2015-10	11	50-60	UCI - 155917	-26.0	0.9185	0.0019	685	20
STM-2015-09	11	81	UCI - 155916	-27.4	0.7822	0.0014	1975	15
STM-2015-08	11	118	UCI - 155915	-25.7	0.6793	0.0012	3105	15
STM-2015-11	11	160-180	UCI - 155918	-26.7 (n=2)	0.3818	0.0009	7735	20
STM-2015-21	12	89	UCI - 155928	-25.5	0.7176	0.0014	2665	20
STM-2015-19	13	50-60	UCI - 155926	-27.9	0.9273	0.0018	605	20
STM-2015-20	13	86	UCI - 155927	-26.6	0.7365	0.0014	2455	15
STM-2015-18	13	100-110	UCI - 155925	-24.4	0.7346	0.0014	2475	15

Figura 36. Croqui das escavações realizadas no Sítio PA-ST-32, Santarém/PA com delimitação das camadas arqueológicas (terra preta e terra mulata) e as idades das amostras datadas.

Legenda. Escavações arqueológicas: 1 a 13; Perfil Testemunho: T.

5.2 Análise antracológica para a identificação dos táxons

O Bosque Meckedece localiza-se entre o Sítio PA-ST-32 (Sítio Porto, Santarém-PA) e a Universidade Federal do Oeste do Pará. Apresenta-se hoje como o único fragmento florestal próximo ao Sítio com representantes botânicos do baixo Amazonas e por isso, foi utilizado como referência para identificação dos fragmentos de carvões datados. No Bosque foram encontradas 52 espécies agrupadas em 35 gêneros botânicos (mais indeterminadas) e em 21 famílias botânicas. As famílias botânicas (Tabela 16) encontradas foram: Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Erithroxylaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Hypericaraceae, Lauraceae, Lecythidaceae, Malpigiaceae, Malvaceae, Moraceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Opiliaceae, Piperaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Sapindaceae, Sapotaceae e Simaroubaceae.

Tabela 16. Lista de espécies encontradas no Bosque Meckdece da UFOPA, Santarém – PA e identificadas pelo Herbário ESA da ESALQ-USP.

Nº Coletor	Família	Gênero	Espécie	Autor	Nome Popular
01	Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	<i>guianensis</i>	Aubl.	tatápiririca
28		<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	L.	taperebá
29		<i>Astronium</i>	<i>flaxinifolium</i>	Schott	aroeira
49		<i>Anacardium</i>	<i>occidentale</i>	L.	cajueiro
51		<i>Astronium</i>	<i>leicontei</i>	Ducke	muiracatiara
10	Anonaceae	<i>Annona</i>	<i>exsucca</i>	DC.	envira preta
45		<i>Annona</i>	-	-	envira bobó
44		<i>Xylopia</i>		--	envira branca
36	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana</i>	-	-	grão de porco
56		<i>Aspidosperma</i>	-	-	burra leiteira
53	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	-	-	araçá bravo
47	Euphorbiaceae	<i>Sapium</i>	<i>glandulosum</i>	(L.) Morong	burra leiteira
22	Fabaceae	<i>Abarema</i>	<i>campestris</i>	(Spruce ex Benth.) Barneby & J.W.Grimes	aparema
24		<i>Acacia</i>	<i>mangium</i>	Willd.	acácia mangio
42		<i>Andira</i>	<i>ormosioides</i>	Benth.	sucupira de morcego
18		<i>Bauhinia</i>	<i>ungulata</i>	L.	pata de vaca
57		<i>Copaifera</i>	-	-	copaiba
14		<i>Copaifera</i>	-	-	copaibarana
03		<i>Dalbergia</i>	-	-	jacaranda
07		<i>Enterolobium</i>	<i>schomburgkii</i>	(Benth.) Benth	fava orelha de negro
02		<i>Hymenaea</i>	<i>courbaril</i>	L.	jatobá
08		<i>Inga</i>	<i>lauriana</i>	(Sw.) Willd.	ingá xixica
11		<i>Inga</i>	<i>lauriana</i>	(Sw.) Willd.	ingá xixica
12	Hypericaraceae	<i>Vismia</i>	<i>guianensis</i>	(Aubl.) Choisy	lacre branco
27	Lauraceae	<i>Mezilaurus</i>	-		itauba
20		Indeterminada	-	-	louro preto
27		Indeterminada	-	-	louro amarelo
30	Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i>			matá-matá preto
43	Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	-	-	murici do campo
09	Malvaceae	<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	Lam.	mutamba
04	Moraceae	<i>Maclura</i>	<i>tinctoria</i>	(L.) D.Don ex Steud.	tatajuba de espinho

50	Myristicaceae	<i>Virola</i>	<i>sebifera</i>	Aubl.	envira peluda
16		<i>Myrcia</i>	<i>guianensis</i>	(Aubl.) DC.	murta
15		<i>Myrcia</i>	-	-	goiabinha
19		<i>Myrcia</i>	-	-	guabiroba
32	Myrtaceae	<i>Myrcia</i>	-	-	vassoureira
23		Indeterminado	-	-	axuá
31		Indeterminado	-	-	passarinheira
06	Opiliaceae	<i>Agonandra</i>	<i>Brasiliensis</i>	Miers ex Benth. & Hook.f.	pau marfim
38	Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>Marginatum</i>	Jacq.	pimenta de índio
52		<i>Alibertia</i>	<i>Edulis</i>	(Rich.) A.Rich.	goiaba do mato
35		<i>Psychotria</i>	-	-	erva de rato (sp1)
55	Rubiaceae	<i>Psychotria</i>	-	-	erva de rato (sp. 2)
39		<i>Randia</i>	<i>Armata</i>	(Sw.) DC.	limonara
33		<i>Casearia</i>	-	-	canela de velho
46	Salicaceae	<i>Casearia</i>	-	-	farinha seca
21		<i>Casearia</i>	-	-	muirapucu
54		<i>Talisia</i>	-	-	pitomba
17	Sapindaceae	Indeterminado	-	-	maracanã
41	Sapotaceae	Indeterminado	-	-	-
13	Simaroubaceae	<i>Simarouba</i>	<i>amara</i>	Audl.	marupá

De forma a conhecer melhor os padrões anatômicos dos táxons que compõem as amostras de carvão arqueológico, procedeu-se com uma descrição anatômica (detalhes no anexo) dos caracteres qualitativos e quantitativos segundo as normas da IAWA Commetee (1989), bem como seu estado de preservação (presença de vitrificação, craquelamento – fendas por retração) e da representatividade do material analisado (carvão, semente carbonizada, nó, medula ou casca).

As espécies arbóreas que resultaram nos fragmentos de carvão vegetal foram identificadas por meio da estrutura anatômica, em comparação com os carvões descritos e depositados na Coleção de Referência Antracológica do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP (ALBUQUERQUE, 2012) e na Coleção de Referência Antracológica do Laboratório de Arqueobotânica e Paisagem, do Departamento de Antropologia do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (SCHEEL-YBERT, 2016). Todos os fragmentos foram registrados no banco de dados do Sistema Anthrakos, pertencente a Prof. Dra. Rita Scheel-Ybert do Museu Nacional/UFRJ e inseridos na Coleção de Referência Antracológica do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

A etapa de identificação taxonômica deu-se com a análise de 100 fragmentos de carvão vegetal provenientes da escavação de número 9, oriundos de queimadas ou fogueiras indígenas a 94-104 cm de profundidade (figura 37).

Os gêneros botânicos mais encontrados foram *Acacia* sp (tipo 4) com 45% do total, *Acacia* sp. (tipo 2) com 16% e *Cassia* sp. (tipo 8) com 10%. Estes 3 gêneros botânicos mais o *Lonchocarpus* (tipo 6) (1%) são representativos da família Fabaceae. Outros gêneros encontrados foram: *Bertholletia* (tipo 13) (1%) da família Lecythidaceae, *Dyospyrus* (tipo 12) (2%) da Ebenaceae, *Handroanthus* (tipos 2 e 3) com 1% de representatibilidade cada – família Bignoniaceae e *Hyeronyma* (tipo 10) com 1% da família Euphorbiaceae.

Alguns fragmentos não puderam ser identificados por não apresentarem características anatômicas evidentes que permitiriam descrição devido a presença de medula, nó ou casca. Além disso, apresentaram algumas características provenientes do processo de queima como vitrificação e craquelamento (fendas trasnversais).

Não houve correspondência entre as espécies encontradas pela análise antracológica com a remanescente do baixo amazonas na região de Santarém – Bosque Meckdece.

Figura 37. Táxons identificados a partir de 100 fragmentos de carvão arqueológico remanescente da cultura tapajônica coletados.

Figura 38. Eletromicrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura de três fragmentos de carvão arqueológico da Escavação 9, Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém. Fragmento STM-2015-22 (144 cm de profundidade, idade de 3030 ± 30 anos AP) – (A) plano transversal e (B) plano tangencial. Fragmento STM-2015-23 (124 cm de profundidade, idade de 3830 ± 30 – (C) plano transversal, (D) plano longitudinal tangencial e (E) plano longitudinal radial. Fragmento STM-2014-22 (98 cm de profundidade, idade de 3060 ± 15 anos AP) – (F) plano transversal, (G) plano longitudinal tangencial e (H) plano longitudinal radial. Fragmento 4 (68 cm de profundidade, idade de 1805 ± 15) – (I) plano longitudinal radial.

Em paralelo à microscopia eletrônica (Figura 38), utilizou-se de outra técnica (não destrutiva) para obtenção de imagens dos planos anatômicos do carvão vegetal, a técnica de Imageamento de Raio X em uma fonte de Luz Sincrotron (Figuras 39 e 40).

As imagens obtidas pela técnica da linha IMX apresentaram delimitação e integridade anatômica dos caracteres taxonômicos, e associado do fato de não necessitar preparar amostras para análise (o caso do MEV), permitindo a visualização dos elementos e arranjos celulares, além de estudos sobre a arquitetura anatômica. A técnica foi considerada promissora, principalmente para análise dos carvões diminutos (menores que 2,5 mm) e/ou com problemas de integridade estrutural.

Figura 39. Fotomicrografias obtidas através da linha IMX (X-ray Imaging) do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, CNPEM, dos fragmentos de carvão do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém-PA. Fragmento STM-2015-01 (A, B e C), fragmento STM-2015-02 (C, D e E), fragmento STM-2015-2015-03 (G, H e I) nos planos: transversal (A, D e G), longitudinal tangencial (B, E, H) e longitudinal radial (C, F e I).

Figura 39. Fotomicrografias obtidas através da linha IMX (X-ray Imaging) do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, CNPEM, dos fragmentos de carvão do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto Santarém-PA. Fragmento STM-2015-20 (A, B e C), fragmento STM-2014-21 (C, D e E), fragmento STM-2015-2014-25 (G, H e I) nos planos: transversal (A, D e G), longitudinal tangencial (B, E, H) e longitudinal radial (C, F e I).

5.3 Caracterização do perfil das escavações do Sítio PA-ST-32 – Sítio Porto, Santarém/PA.

Para este trabalho foram analisados 12 perfis do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto, Santarém/PA. As escavações foram realizadas até o limite de 100 ou 120 centímetros, com exceção das escavações 5, 9 e 11.

A camada superficial do perfil, também chamado de horizonte superficial não antrópico possui uma espessura variável de 0 a 20 centímetros de profundidade e apresentou uma grande quantidade de material recente e evidências de revolvimento deste solo, o que foi confirmado através da datação dos carvões arqueológicos,

Abaixo desta camada recente encontra-se a camada arqueológica, conhecida como Terra Preta. Esta possui uma coloração escura, enegrecida, com uma grande riqueza de artefatos cerâmicos e líticos, além de uma grande quantidade de fragmentos de carvão vegetal. Segundo Denevan (1996), a intensidade da cor e a profundidade de ocorrência dos horizontes antrópicos são produtos do tempo de ocupação dos sítios.

A espessura da camada antropogênica nos 13 perfis escavados foram heterogêneas, com variação de 0 a 80 cm. Campos et al. (2011), em estudos de TPAs na região do médio Rio Madeira, encontraram uma variação de 37 a 50 cm de profundidade; Smith (1980) encontrou variações de 36 a 73 cm.

A origem da coloração escurecida da Terra Preta é discutida e pode ser considerada multifatorial, por exemplo: Kern e Kampf (1989) e Glaser et al. (2000) atribuíram ao acúmulo de material orgânico dos horizontes superficiais das TPIs, enquanto Smith (1980) afirmou que a explicação está relacionada aos resíduos queimados. Silva e Vidal-Torrado (1999) verificaram que agregados (formados de plasma e esqueletos de substâncias orgânicas) produzidos pela fauna do solo partem-se em outros (degradação biomolecular), dispersando-se pela matriz do solo, potencializando o efeito de escurecimento do solo.

A camada de transição, a mais profunda do perfil, encontrada abaixo dos 40-70 cm (variável com a escavação), apresenta-se logo abaixo da camada de terra preta e foi descrita como sendo uma camada com coloração pendendo para o marrom, presença de pouquíssimos materiais arqueológicos como cerâmicas e lítico e poucos (e espaçados) fragmentos de carvão vegetal.

As ferramentas utilizadas para estudar o processo de formação de terra preta foram: a análise física (granulometria), química (pH, macronutrientes e micronutrientes), isotópica (^{13}C , ^{15}N) e molecular.

5.3.1 Físico-química

Todos os perfis escavados apresentaram uma classe textural variando de franco arenoso a arenoso (Tabela 17). Os teores de areia nas 126 amostras analisadas nos 12 perfis apresentaram uma textura variando de franco arenosa a arenosa. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2002) e dos Santos et al. (2013) ao estudarem TPIs do sul do estado do Amazonas.

Quanto às características químicas, o perfil testemunha (PT) apresentou uma acidez ativa (pH H_2O) média, variando de 4,5 (40-60 cm) a 5,2 (90-100 cm) com valores de (pH KCl) de 4,0 a 4,4 e alto teor de Alumínio (Al^{3+}) (de 6,1 a 8,0 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$). Os valores de pH encontrados no PT foram menores valores que os encontrados na TPI e estão corroborados por evidências semelhantes encontradas em diversos trabalhos realizados em região Amazônica (LIMA et al., 2002; CUNHA et al., 2009; CAMPOS et al., 2011; 2012). Também apresentou baixos teores de fósforo (P) (de 0 a 3 $\text{mg}.\text{Kg}^{-1}$) e cálcio (Ca^{2+}) (de 0,05 a 1,32 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$).

Os perfis escavados apresentaram valores de pH em água de 5,4 (perfil 12, 10-20 cm) a 6,5 (perfil 11, 0-10 cm) com valores de pH (KCl) de 4,3 (perfil 4, 20-30 cm) a 5,7 (perfil 1 e 4, ambos a 0-10 cm). Resultados semelhantes foram encontrados por Dos Santos et al. (2013) e Campos et al. (2012) ao estudarem TPIs no Estado do Amazonas. A amplitude encontrada entre os limites de pH evidenciam a heterogeneidade química das áreas de TPIs, oriundas das condições pedoambientais ou das atividades antrópicas. Também, encontrou-se baixo teor de Al^{3+} com mínimo de 0,0 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$ (perfil 2 de 50-100 cm; perfil 4 e 6 de 0-10 cm; perfil 7 de 0-10, 20-30 e 40-50 cm) e máximo de 3,7 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$ (perfil 4, 20-30 cm); e altos teores de P com mínimo de 308 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (perfil 11, 120-130 cm) e máximo de 2226 $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ (perfil 11, 0-10 cm); e de Ca^{2+} com mínimo de 8,23 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$ (perfil 10, 80-100 cm) e máximo de 87,83 $\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$ (perfil 11, 0-10 cm).

Os altos teores de Ca^{2+} e P encontrados no solo das escavações estão de acordo com o relato por Steiner et al. (2004) e Novotny et al., (2007), onde afirmam

que as TPIs exibem elevados teores destes nutrientes, oriundos de restos de ossos humanos e de animais, além da formação de complexos matéria orgânica e cálcio de alta estabilidade com associação ao carbono pirogênico.

Os teores mais elevados de fósforo disponível concentraram-se na camada antropogênica, sendo decorrentes da intensidade de incorporação de detritos pelos antigos habitantes (neste caso os Tapajônicos), conforme destacam Fraser e Clement (2008) e Santos et al. (2013) em estudos sobre TPIs na região Amazônica.

As camadas superficiais dos perfis escavados apresentaram um maior teor N nas camadas superficiais. Em contrapartida, o perfil testemunho apresentou maior de N nas camadas mais profundas.

Tabela 17. Características físico-químicas dos perfis escavados no Sítio PA-ST-32, Pítio Porto – Santarém/PA.

Prof. cm	pH H2O	pH KCl	N mg.Kg ⁻¹	P mg.Kg ⁻¹	MO g.Kg ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ cmol _c .Kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol _c .Kg ⁻¹	Al ³⁺ cmol _c .Kg ⁻¹	H+Al	SB	Cu mg.Kg ⁻¹	Fe mg.Kg ⁻¹	Mn mg.Kg ⁻¹	Zn mg.Kg ⁻¹	Argila %	Silte %	Areia %
Perfil Testemunho																			
0-10	5	4	630	3	0,16	0,9	0	1,32	0,45	6,6	23,4	2,64	0	81	0	0	11,3	2,1	86,6
10-20	4,9	4,2	595	1	0,36	0,6	0	0,16	0,27	8,0	27,4	1,00	0	48	0	0	12,5	2,6	84,8
20-30	4,9	4,2	651	0	0,19	0,5	0	0,27	0,18	6,3	31,6	0,98	0	45	0	0	12,5	2,8	84,7
30-40	4,8	4,3	665	1	0,18	0,5	0,1	0,22	0,27	7,8	22,8	1,06	0	36	0	0	10,0	2,3	87,7
40-50	4,5	4,3	714	1	0,16	0,6	0	0,33	0,27	7,8	24,4	1,17	0	35	0	0	12,5	2,4	85,1
50-60	4,5	4,3	623	1	0,15	0,5	0	0,05	0,27	7,0	23,6	0,85	0	33	0	0	12,5	1,9	85,6
60-70	5,0	4,3	679	1	0,06	0,5	0	0,11	0,27	7,8	28	0,86	0	31	0	0	12,5	3,2	84,3
70-80	5,0	4,4	574	1	0,09	0,4	0	0,05	0,27	6,1	18	0,76	0	33	0	0	12,5	1,6	85,8
80-90	5,1	4,4	770	1	0,03	0,5	0	0,05	0,27	6,1	17,8	0,85	0	32	0	0	12,6	1,8	85,6
90-100	5,2	4,4	840	1	0,02	0,4	0	0,27	0,27	6,7	15,2	0,98	0	28	0	0	13,8	2,9	83,3
Perfil 1																			
0-10	6,4	5,7	1323	23	1,59	2	0,1	40,62	5,43	0,4	6,4	48,1	0	27	3	2	10	2,8	87,2
10-20	5,6	4,5	1113	24	1,82	1,3	0,1	33,48	0,63	1,6	40,0	35,43	0	40	4	3	10,1	2,4	87,5
20-30	5,8	4,7	1190	42	2,33	1,0	0,1	54,89	0,36	0,8	42,0	56,26	0	41	2	2	12,5	2,1	85,4
30-40	5,9	4,8	819	79	1,74	1,0	0,1	35,13	0,27	0,8	35,4	36,49	0	33	2	1	12,5	1,2	86,3
40-50	6,0	4,8	574	112	0,89	1,0	0,3	30,19	0,27	0,8	28,4	31,72	0	30	2	1	10,0	3,1	86,8
50-60	6,1	5,0	567	35	0,48	1,0	0,2	22,51	0,27	0,4	16,8	23,93	0	36	1	1	7,5	1,9	90,5
60-70	6,0	5,0	483	30	0,48	1,0	0,1	21,96	0,27	0,4	16,2	23,33	0	46	1	1	7,5	1,5	91,0
70-80	6,1	5,0	364	27	0,41	1,2	0	18,66	0,18	0,4	8,8	20,06	0	55	0	1	6,3	2,2	91,6
80-90	5,7	5,0	511	85	0,33	1,5	0	17,02	0,27	0,5	10,8	18,77	0	55	0	0	10,0	1,0	89,0
90-100	6,0	5,0	497	87	0,21	1,4	0	13,17	0,18	0,7	13,6	14,75	0	43	0	0	8,8	2,0	89,2
Perfil 2																			
0-10	6,5	5,7	1155	260	1,54	2,4	0,1	45,56	6,16	0,1	6,2	54,19	0	20	2	2	8,8	2	89,2

10-20	5,5	4,5	966	36	1,8	1,2	0,1	34,58	1,36	2,3	43,6	37,24	0	43	5	2	12,5	1,3	86,2
20-30	5,6	4,7	938	65	1,72	1,2	0,2	45,01	1,36	1,1	32	47,74	0	35	4	1	12,6	1,9	85,6
30-40	5,9	4,8	805	112	1,22	1,1	0,3	43,37	0,91	0,6	27	45,68	0	27	3	1	11,3	2,5	86,2
40-50	6,0	4,9	742	142	0,98	1,2	0,3	43,91	0,72	0,3	24,8	46,12	1	26	2	1	11,3	2,4	86,4
50-60	6,1	5,1	623	69	0,47	1,0	0,1	34,03	0,63	0	14,6	35,75	0	31	1	0	10,0	1,7	88,3
60-70	6,1	5,1	504	36	0,44	0,8	0,1	29,09	0,63	0	9,2	30,60	0	37	0	0	8,8	1,3	89,9
70-80	6,1	5,1	518	45	0,33	0,8	0,1	31,84	0,54	0	10,2	33,24	0	40	0	0	10,0	1,5	88,5
80-90	6,1	5,1	462	25	0,38	0,7	0	25,25	0,54	0	7,4	26,53	0	41	0	0	10,0	1,7	88,2
90-100	6,1	5,1	476	21	0,32	0,9	0,1	16,47	0,54	0	7,0	17,98	0	39	0	0	10,0	1,8	88,2
100-110	6,2	5,1	413	22	0,37	0,8	0	13,17	0,54	0,4	7,0	14,5	0	34	0	0	10,0	1,9	88,1
110-120	6,2	5,1	371	19	0,29	0,7	0	10,43	0,36	0,4	5,8	11,53	0	30	0	0	10,0	1,7	88,3
120-130	6,2	5,1	406	16	0,3	0,8	0	10,98	0,36	0,6	8,0	12,17	0	33	0	0	10,0	1,5	88,5

Perfil 4

0-10	6,4	5,7	1197	31	2,01	1,4	0,2	48,31	5,88	0	10,4	55,78	1	20	2	4	12,5	1,6	85,9
10-20	5,8	4,9	875	21	1,21	1,1	0,1	32,94	0,45	0,7	19,2	34,57	0	33	1	1	10,0	3,6	86,4
20-30	5,3	4,3	812	21	1,46	1,0	0,1	18,11	0,18	3,7	45,6	19,35	0	44	3	2	12,5	2,2	85,3
30-40	5,6	4,4	1015	81	1,85	0,8	0,1	33,48	0,72	2,8	44,0	35,12	0	34	3	2	17,5	3,0	79,5
40-50	5,7	4,6	840	159	1,45	0,8	0,3	40,07	0,63	1,5	53,0	41,80	0	30	3	2	12,5	2,9	84,5
50-60	5,8	4,7	714	117	0,80	0,8	0,2	29,09	0,45	1,3	34,4	30,53	0	33	3	1	12,5	1,7	85,8
60-70	5,9	4,8	588	94	0,68	0,7	0,2	26,9	0,36	0,8	19,0	28,18	0	33	2	1	10,0	2,4	87,6
70-80	5,9	4,8	518	41	0,42	0,7	0	22,51	0,45	0,4	13,6	23,70	0	47	2	1	10,0	2,2	87,7
80-90	5,9	4,8	574	25	0,43	0,8	0	17,57	0,36	0,4	8,0	18,75	0	40	2	1	10,0	2,6	87,4
90-100	6,1	4,9	497	19	0,36	0,7	0	19,21	0,45	0,4	7,8	20,4	0	43	1	1	10,0	2,2	87,8

Perfil 5

0-10	6,0	5,2	1155	13	1,87	1,1	0,1	60,38	4,89	0,1	25,0	66,45	0	44	4	3	15	2,2	82,8
10-20	5,7	4,8	987	18	1,42	0,9	0,1	46,11	0,36	0,4	36,8	47,44	0	43	3	2	15	2,6	82,3
20-30	5,9	4,9	868	84	1,45	0,7	0,1	51,05	0,45	0,4	23,4	52,37	0	35	2	1	15	1,8	83,1
30-40	5,9	4,9	770	75	1,00	0,6	0,1	38,97	0,45	0,9	22,2	40,12	0	35	1	1	12,5	2,9	84,6
40-50	6,0	4,9	651	55	0,79	0,6	0,1	37,33	0,36	0,6	13,4	38,31	0	38	1	1	12,5	2,5	85,0

50-60	5,9	4,8	693	29	0,6	0,7	0,1	23,06	0,36	0,3	16,0	24,16	0	43	0	0	12,5	1,8	85,7
60-70	5,9	4,8	469	22	0,45	0,7	0	15,92	0,27	0,4	15,0	16,84	0	38	0	0	12,5	2,2	85,3
70-80	5,8	4,7	420	20	0,36	0,6	0	14,27	0,27	0,5	11,8	15,15	0	38	0	0	12,5	2,6	84,9
80-90	5,8	4,7	392	18	0,38	0,7	0	13,17	0,27	0,8	13,8	14,14	0	40	0	0	12,5	2,4	85,1
100-110	5,6	4,8	448	19	0,31	0,8	0,1	16,47	0,18	0,8	10,8	17,53	0	32	0	1	12,5	2,4	85,1
90-100	5,9	4,7	511	19	0,34	0,7	0,1	13,72	0,18	0,5	8,2	14,63	0	38	0	0	12,5	2,6	84,9

Perfil 6

0-10	5,8	5,3	1029	24	1,66	1,1	0,2	46,11	5,07	0	13,0	52,46	0	34	4	2	10,0	2,8	87,2
10-20	5,6	4,5	819	49	1,23	0,6	0,1	35,68	0,63	1,7	29,0	37,03	0	43	3	2	12,5	1,6	85,9
20-30	5,8	4,8	637	113	0,36	0,6	0,2	39,52	0,63	0,4	26,2	41,00	0	31	2	1	12,5	1,8	85,7
30-40	6,0	4,9	693	108	0,84	0,7	0,2	32,94	0,63	0,4	22,2	34,43	0	30	2	1	10,1	3,0	86,9
40-50	6,0	4,9	651	55	0,58	0,6	0,1	28,54	0,54	0,5	24,2	29,76	0	33	1	0	10,0	3,0	87,0
50-60	6,0	5,0	518	31	0,26	0,7	0,1	23,6	0,45	0,3	19,0	24,83	0	35	1	0	10,0	2,1	87,8
60-70	6,1	5,0	413	20	0,27	0,7	0	18,66	0,45	0,4	12,6	19,86	0	36	0	0	10,0	1,6	88,4
70-80	6,1	5,0	546	16	0,14	0,6	0	17,02	0,45	0,4	5,6	18,04	0	34	0	0	10,0	2,2	87,8
80-90	6,1	5,0	490	17	0,26	0,5	0	14,27	0,27	0,3	9,0	15,07	0	36	0	0	11,3	1,0	87,7
90-100	6,0	4,9	427	16	0,32	0,6	0	17,57	0,27	0,3	9,2	18,40	0	33	0	0	11,3	1,4	87,3
100-110	6,1	5,0	539	12	0,29	0,5	0	19,21	0,36	0,4	11,2	20,10	0	32	0	0	11,3	1,9	86,8

Perfil 7

0-10	6,0	5,1	924	82	1,03	0,9	0,2	35,13	5,70	0	23,6	41,88	0	40	2	2	15,1	3,1	81,8
10-20	5,9	5,1	798	79	1,15	0,9	0,2	38,97	4,53	0,4	23,4	44,55	0	42	2	2	15,0	2,4	82,6
20-30	6,1	5,0	616	93	0,80	0,5	0,2	27,45	2,17	0	20,0	30,29	0	37	1	1	12,6	3,5	83,9
30-40	6,0	5,0	672	94	0,95	0,7	0,2	32,94	2,08	0,1	15,4	35,85	0	39	1	1	12,5	3,5	84
40-50	6,1	5,1	441	66	0,27	0,6	0,1	25,25	1,90	0	11,0	27,81	0	38	0	1	12,5	3,1	84,4
50-60	6,0	5,0	518	27	0,16	0,6	0,1	21,41	1,45	0	8,2	23,57	0	42	0	1	12,6	2,2	85,2
60-70	6,1	4,9	469	22	0,15	0,6	0,1	19,76	1,00	0,1	9,0	21,42	0	39	0	0	12,6	2,7	84,7

Perfil 9

0-10	5,7	4,7	1183	67	1,72	1,7	0,2	21,41	2,72	0,9	29,4	25,96	0	27	4	2	12,5	2,7	84,8
out/20	5,7	4,6	1008	83	1,17	0,6	0,2	31,84	3,26	1,2	27,6	35,86	0	23	3	2	10	2,6	87,4

20-30	5,9	4,9	861	155	1,34	0,7	0,2	34,58	0,91	0,3	22,8	36,41	0	25	2	2	12,5	2,2	85,3
30-40	6,1	5,1	728	166	1,04	0,6	0,3	28,54	0,45	0,1	21,0	29,94	0	25	2	1	12,5	3,6	83,9
40-50	6,2	5,1	574	62	0,75	0,5	0,2	26,35	0,27	0,4	16,2	27,32	0	30	1	0	10,0	2,8	87,2
50-60	6,2	5,1	497	53	0,43	0,5	0,1	17,57	0,18	0,4	10,0	18,35	0	35	0	0	10,0	2,2	87,8
60-70	6,2	5,1	861	33	0,36	0,5	0	15,37	0,18	0,2	7,8	16,07	0	35	0	0	10,0	1,4	88,5
70-80	6,2	5,1	350	31	0,34	0,5	0	16,47	0,18	0,1	6,4	17,17	0	34	0	0	10,0	2,1	87,9
80-90	6,2	5,1	448	35	0,16	0,7	0,1	14,82	0,18	0,1	5,0	15,71	0	35	0	0	10,0	2,4	87,6
90-100	6,2	5,1	392	22	0,14	0,7	0,1	12,63	0,09	0,4	6,6	13,42	0	33	0	0	10,0	2,7	87,3

Perfil 10

0-10	6,0	5	1309	22	1,97	1,2	0,1	35,68	3,44	0,6	20,6	40,39	0	55	4	2	15,8	2,2	82,0
10-20	5,5	4,4	665	25	0,94	0,6	0	16,47	0,54	2,3	29,2	17,58	0	56	2	1	17,5	1,5	81,0
20-30	5,6	4,4	861	61	1,39	0,4	0,1	23,6	0,18	2,5	39,8	24,3	0	43	3	2	17,5	1,9	80,6
30-40	5,7	4,6	1141	126	1,64	0,5	0,2	30,74	0,45	1,3	37,2	31,85	0	40	3	1	17,5	2,4	80,1
40-50	5,8	4,7	735	86	0,76	0,5	0,2	25,25	0,18	1,1	32,0	26,06	0	38	3	1	15,1	3,3	81,6
50-60	5,8	4,7	707	56	0,61	0,4	0,1	18,11	0,18	0,8	13,6	18,81	0	37	1	1	11,4	2,2	86,4
60-70	5,9	4,7	546	26	0,47	0,4	0	15,37	0,27	0,9	11,6	16,03	0	42	1	1	12,5	2,5	84,9
70-80	5,9	4,7	567	22	0,37	0,4	0	13,72	0,18	0,6	9,8	14,34	0	42	1	0	12,5	2,3	85,2
80-90	5,9	4,7	497	16	0,06	0,4	0	9,88	0,18	0,4	11,0	10,50	0	40	0	0	12,5	2,3	85,2

Perfil 11

0-10	6,5	5,5	2226	30	5,89	1,7	0,3	87,83	14,84	0,4	20,2	104,63	1	40	10	6	17,5	1,6	80,8
10-20	6,3	5,3	1344	19	2,59	0,8	0,1	65,87	1,81	0	23,0	68,64	1	58	6	4	15,1	2,0	82,9
20-30	6,6	5,4	1141	49	1,70	0,6	0,1	51,05	0,45	0	18,0	52,2	0	35	1	1	15,0	3,0	81,9
30-40	6,3	5,4	574	94	1,14	0,5	0,2	41,72	1,09	0,1	19,2	43,56	0	26	1	1	12,5	3,3	84,2
40-50	6,3	5,3	672	67	0,76	0,5	0,2	35,13	2,99	0,1	9,6	38,75	0	32	1	1	12,5	3,0	84,4
50-60	6,3	5,3	406	42	0,58	0,4	0,2	24,7	2,90	0,3	8,6	28,19	0	36	0	0	12,5	2,5	85
60-70	6,2	5,2	462	22	0,40	0,4	0,1	21,41	2,26	0	8,0	24,11	0	38	0	0	12,5	2,8	84,7
70-80	6,2	5,2	350	22	0,35	0,4	0,1	19,76	1,72	0,1	3,4	21,97	0	38	0	0	12,6	2,0	85,5
80-90	6,2	5,2	315	16	0,34	0,3	0	18,11	1,27	0,4	1,4	19,73	0	41	0	0	12,5	2,1	85,4
90-100	6,2	5,1	322	16	0,41	0,4	0	18,66	1,09	0,4	1,4	20,14	0	37	0	0	12,5	2,5	85

100-110	6,2	5,1	420	12	0,36	0,4	0	17,02	0,91	0,1	0,8	18,31	0	35	0	0	13,8	1,8	84,4
110-120	6,2	5,1	308	15	0,35	0,3	0	15,92	0,81	0,1	2,6	17,04	0	35	0	0	13,8	2,4	83,8
120-130	6,1	5	371	13	0,29	0,4	0	13,72	0,27	0,1	4,4	14,39	0	36	0	0	15	1,3	83,7

Perfil 12

0-10	6,0	5,3	1820	15	6,86	1,4	0,1	53,25	9,69	0,4	24,8	64,38	0	48	6	7	17,6	2,9	79,6
10-20	5,8	4,9	1288	18	1,80	1,0	0,1	48,85	3,08	0,2	32,8	52,94	0	43	3	2	15,0	1,2	83,8
20-30	5,8	4,8	896	21	1,35	0,6	0	32,94	1,09	0,1	29,8	34,59	0	39	1	1	17,5	2,3	80,2
30-40	5,7	4,6	966	49	1,90	0,5	0,1	23,6	0,63	1,8	31,6	24,84	0	44	1	2	17,5	2,3	80,2
40-50	5,6	4,5	756	36	1,48	0,4	0	21,41	0,63	2,5	30,0	22,43	0	44	1	1	18,8	2,7	78,5
50-60	5,6	4,4	623	39	0,85	0,4	0,1	14,27	0,63	2,8	21,6	15,37	0	41	1	1	17,5	2,1	80,3
60-70	5,7	4,4	602	38	0,36	0,3	0,1	13,72	0,72	2,2	23,4	14,85	0	43	1	0	15,0	2,4	82,6
70-80	5,8	4,4	553	36	0,48	0,3	0	13,17	0,91	1,8	12,6	14,43	0	53	0	0	16,3	2,7	81,1
80-90	5,7	4,4	462	52	0,40	0,3	0,1	8,78	0,72	2,3	12,2	9,89	0	54	0	0	17,5	1,7	80,8
90-100	5,8	4,4	427	46	0,34	0,3	0,1	10,98	0,36	2,0	11,8	11,70	0	54	0	0	17,5	2,1	80,3
100-110	5,7	4,4	420	33	0,28	0,4	0,2	8,23	0,36	2,0	13,6	9,170	0	54	0	0	17,5	1,7	80,8

Perfil 13

0-10	5,8	4,9	980	23	1,12	1,0	0,1	25,8	2,9	0,4	17,0	29,8	0	36	3	2	10,0	2,1	87,9
10-20	5,4	4,3	994	16	1,40	0,4	0	21,41	0,27	2,6	33,0	22,07	0	41	2	3	12,5	3,2	84,2
20-30	5,6	4,5	980	27	1,32	0,3	0	31,84	0,27	1,6	37,2	32,46	0	54	3	2	15,1	2,4	82,6
30-40	5,8	4,7	651	71	1,37	0,4	0,1	32,94	0,27	0,9	34,0	33,70	0	42	2	2	15,0	3,3	81,7
40-50	5,9	4,8	861	109	1,57	0,5	0,2	37,33	0,18	1,0	36,8	38,19	0	38	2	1	17,5	1,1	81,4
50-60	5,9	4,8	728	84	0,41	0,4	0,2	23,60	0,18	0,8	28,8	24,36	0	38	1	1	15,0	3,5	81,5
60-70	5,8	4,7	805	63	1,03	0,4	0,1	19,21	0,27	0,8	22,2	19,95	1	48	1	1	15,0	2,2	82,8
70-80	5,9	4,8	812	49	0,85	0,4	0,1	18,66	0,18	0,6	21,0	19,36	0	43	1	1	15,0	2,2	82,8
80-90	5,9	4,8	693	34	0,45	0,3	0	13,72	0,18	0,4	14,6	14,21	0	45	0	0	12,5	3,2	84,3
90-100	5,9	4,8	462	22	0,41	0,3	0,1	14,27	0,18	0,4	14,2	14,85	0	42	0	0	12,5	2,5	85,0
100-110	5,9	4,8	322	26	0,43	0,4	0,1	12,08	0,27	0,4	11,8	12,83	0	40	0	0	12,5	2,5	85,0

5.3.2 Composição isotópica

A composição isotópica da matéria orgânica do solo, ao longo do perfil, nas 11 escavações estudadas mais o perfil testemunho (Figuras 24 a 34) é bastante variável, mas de modo geral, as camadas mais superiores (até 20 cm de profundidade) apresentaram um enriquecimento isotópico ocasionado pela adição na matéria orgânica do solo de material vegetal provenientes de gramíneas (C4). Os valores de $\delta^{13}\text{C}$, em ‰, se apresentaram menores na camada superficial nas escavações 1, 2, 4, 5, 11, 12 e 13, variando de -26,85‰ (escavação 12) a -24,34‰ (escavação 13).

Já os níveis inferiores dos perfis, apresentam valores menos empobrecidos, comportamento atribuído ao fracionamento isotópico ocasionado pela decomposição da matéria-orgânica (MACKO; ESTEP, 1984).

Conforme pode ser observado na Tabela 18 e Figura 41, o aumento ou a diminuição do domínio das C₃ em relação as C₄ seguiu um padrão, por nível, entre os perfis escavados.

Tabela 18. Composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânica do solo nos perfis estudados.

Prof. (cm)	Perfis Escavados											
	PT	P1	P2	P4	P5	P6	P7	P9	P10	P11	P12	P13
0-10	-24,78	-26,24	-26,07	-25,42	-25,35	-25,53	-23,36	-22,33	-23,99	-26,26	-26,85	-24,34
10-20	-23,39	-24,59	-24,00	-24,08	-23,81	-22,90	-23,76	-23,61	-22,45	-25,08	-25,44	-23,29
20-30	-23,29	-23,77	-24,32	-23,50	-23,20	-24,56	-25,04	-22,73	-23,09	-23,91	-24,25	-22,63
30-40	-23,91	-23,69	-24,56	-23,33	-24,42	-24,96	-24,30	-24,10	-23,88	-24,28	-24,21	-23,03
40-50	-23,53	-24,36	-24,65	-24,07	-24,79	-25,77	-26,70	-22,23	-24,02	-25,11	-24,24	-23,97
50-60	-23,57	-24,25	-24,49	-24,31	-24,65	-24,52	-23,88	-23,83	-23,69	-24,23	-23,61	-24,11
60-70	-24,65	-24,46	-24,14	-24,27	-24,31	-24,45	-24,09	-24,13	-23,91	-24,28	-23,45	-23,89
70-80	-24,93	-24,72	-24,07	-24,28	-24,06	-24,63	-	-24,10	-23,74	-24,34	-23,16	-23,00
80-90	-24,90	-24,61	-24,85	-24,80	-24,21	-24,32	-	-24,16	-24,02	-24,84	-23,11	-23,85
90-100	-24,78	-24,65	-24,78	-24,70	-24,30	-24,41	-	-24,28	-	-24,90	-23,31	-23,92
100-110	-	-	-24,85	-	-24,32	-24,61	-	-	-	-25,43	-24,31	-23,86
110-120	-	-	-25,11	-	-	-	-	-	-	-25,09	-	-
120-130	-	-	-25,12	-	-	-	-	-	-	-25,31	-	-

Legenda. Prof.: Profundidade em centímetros; PT: Perfil Testemunho (perfil referência; P (1-13): Perfis escavados. Valores em $\delta^{13}\text{C}$.

Figura 41. Gráfico da composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânica do solo nos perfis estudados.

Na escavação 9 (área 10A-4), o percentual de plantas C_4 aumentou nos níveis 0-5 e 35-45 cm de profundidade. O aumento de C_4 provavelmente deve-se ao acúmulo de material vegetal decomposto proveniente de plantas com ciclo fotossintético C_4 como monocotiledôneas

5.3.3. Análise Multivariada Fatorial

Para interpretação dos dados, as variáveis mensuradas foram correlacionadas por meio de uma análise multivariada fatorial para encontrar as covariâncias (inter-relações) entre as variáveis. Para todos os perfis, as amostras representativas da superfície (0-10 cm) foram excluídas da análise fatorial porque apresentaram desvios de valores, em comparação com as outras amostras. As variáveis utilizadas para correlação foram: matéria orgânica (MO), C%, AIH (acidez potencial – Al^{3+} e H^{+1}), pHK (pH em KCl), pHh (pH em água), Al^{3+} , macronutrientes (C, N, K, Na, Ca, Mg), micronutrientes (Fe, Cu, Mn Zn) e fração mineral (silte, areia e argila), Na, Mg, ^{13}C .

Na análise fatorial, foram encontrados 5 Fatores que juntos explicam 80,4% da variação total, sendo que: o Fator 1 (F1) separa as variáveis MO, C, Mn, C%, Zn, N, AIH e Ca (*loadings* negativos altos) de areia (*loading* negativo); (ii) o Fator 2 (F2) separa as variáveis Al^{3+} , K, argila, Fe, e ^{13}C (*loadings* negativos) de Ca, pHk, pHh, K, areia, Na, P e Mg (*loadings* positivos); (iii) o Fator 3 (F3) separa as variáveis pHh, argila, silte e $\delta^{13}C$ (*loadings* negativos) de K e areia (*loading* negativos); (iv) Fator 4 (F4) Na, silte e P; e P (*loadings* negativos) de Fe (*loading* positivo); (v) o Fator 5 (F5) Mn (*loading* negativo) de ^{13}C (*loading* positivo). Para identificação dos fatores adotou-se todos os valores cuja correlação foi maior que 10% (Figura 19).

Tabela 19. Proporção da variância explicada pelos fatores de 1 a 5 dentro das escavações no Sítio PA-ST-32, Sítio Porto - Santarém/PA (valores inferiores a 10% explicam a variância).

Variáveis	F1 (37.3%)	F2 (19.7%)	F3 (9.9%)	F4 (8.4%)	F5 (5.2%)
MO	89				
C	89				
Mn	81				
C%	80				
Zn	79				
N	75				
AlH	68	13			
Ca	60	29			
Cu	31				
pHk		80			
pHh		72	15		
Al ³⁺		67			
K		17	53		
areia	21	25	47		
argila	20	27	40		
Fe		14		48	
Na	31	15		34	
silte			12	31	
P	28	15		29	
Mg		10			39
¹³ C		23			27

Legenda: *Itálico* – loading negativo; **negrito**: loading positivo

Na Tabela 19, os valores em negrito apresentam uma correlação negativa, enquanto os valores em itálico, correspondem aos valores positivos.

No F1, as variáveis que apresentaram maior valor covariação dentro das escavações no Sítio PA-ST-32 são MO e C (89% está explicada por F1), seguidas por MO (81%) C% (80%), Zn (79%), N (75%), AlH (68%) e Ca (60%). Pequenos valores de covariação são encontrados nas variáveis argilas e P. Nota-se que a variável areia é positiva em contrapartida com todas as outras variáveis do F1. Este fato está relacionado a pouca reatividade da areia no solo.

Já no F2, relaciona o pH do solo com a disponibilidade de macronutrientes, onde as variáveis Al³⁺ (67%), P (28%), argila (27%), Fe (14%) e AlH (13%) (*loadings* negativos) contrastam com as variáveis pHk (80%), pHh (72%), Ca (29%), areia (25%), K (17%) e Na (15%) (*loadings* positivos). Observa-se que no F2, as variáveis pH (pHk e pHh) esta relacionado a disponibilidade de macronutrientes como Ca, K e

Na, ou seja. Quanto menos ácido, maior a adsorção destes elementos. Mas, o aumento do pH é inversamente proporcional a disponibilidade de Al^{3+} no solo

O F3 relaciona a fração classe textural do solo com a disponibilidade de K, onde a variável argila (40%) (*loading* negativo) com K (53%) e areia (47%), onde o aumento do teor de argila no solo acarreta em um aumento do pHh e diminuição do teor de areia e da disponibilidade de K.

O F4 representa as variáveis Na (34%), silte (31%) e P (29%) (*loadings* negativos) e sua relação na diminuição do Fe (48%) (*loading* positivo) no solo e o F5 a relação inversamente proporcional entre os teores de Mg (39%) (*loading* negativo) e ^{13}C (27%) (*loading* positivo).

Abaixo, são apresentados os gráficos dos perfis escavados (PT, P1, P4, P5, P6, P7, P9, P10, P11, P12, P13) (Figuras 41-45) segundo os *scores*.

O F3 (que relaciona areia e argila) (Figura 44) tem *scores* positivos para os perfis 1,2,4, 9 e testemunho, e *scores* negativos para os outros. Este fato é explicado pela proximidade com o Rio Tapajós, onde os que ficam mais próximos apresentam maior conteúdo de areia.

O Fator 1 (Figura 42) apresentou *scores* positivos para os horizontes antropogênicos, que se relacionam com a maior concentração de matéria orgânica. O Fator 2 (Figura 43) separou os perfis testemunho, 10, 12 e 13 (*scores* negativos) dos outros (*scores* positivos), que se referem principalmente ao pH e sugere um uso diferente para os perfis 10, 12 e 13. O Fator 4 apresentou *scores* negativos para Fe e positivos para Na^{2+} e P nos perfis 10, 12 e 13.

O Fator 5 (figura 46) corresponde aos *scores* negativos para Mg^{3+} nos perfis PT, 7 e 11, com redução do elemento na profundidade de 40 e 80 cm (relacionada ao aumento do *score* positivo). O *score* positivo se refere ao ^{13}C , onde o aumento do mesmo está relacionado a um maior depósito no solo de partes de espécies com ciclo fotossintético C3, como por exemplo o milho.

De acordo com Carneiro (1995), o milho foi apontado como a base dos cacicados amazônicos, principalmente no baixo amazonas, segundo as pesquisas de Anna Roosevelt.

Figura 42. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 1.

Figura 43. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 2.

Figura 44. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 3.

Figura 44. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 4.

Figura 45. Gráficos dos perfis escavados do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA pelo Fator 5.

5.3.4. Composição molecular das amostras de MO – pirólise (CG/EM)

Para interpretar a composição molecular da matéria orgânica do solo dos perfis estudados, foi quantificada uma seleção de produtos de pirólise dominante. Os produtos de pirólise no Sítio PA-ST-32 foram agrupados em 8 grupos químicos segundo sua constituição: compostos alifáticos, benzenos, benzofuranos, produtos de ligninas, compostos nitrogenados, compostos poliaromáticos (PAH), compostos fenólicos e carboidratos, contendo 60 produtos quantificados (Tabela 20). A partir destes produtos, foram selecionados alguns parâmetros (Tabela 21) e plotados em gráficos (Figura 45) por profundidade e escavação para melhorar a variação dentro da TPI. O raciocínio por trás da seleção de parâmetros é apresentado abaixo.

Tabela 20. Produtos quantificados da pirólise e seu íons fragmentados específicos (*m/z* valores) e tempo de retenção (RT).

Grupo	No	Produtos da Pirólise	<i>m/z</i>	TR (min)
Alifáticos	1-13	<i>n</i> -alcenos C ₁₂₋₂₄	55, 69	-
Alifáticos	14-22	<i>n</i> -alcanos C ₁₅₋₂₃	57, 71	-
Alifáticos	23	Pristeno	55, 56	19.200
Benzeno	24	Benzeno (C ₆ H ₆)	78	1.834
Benzeno	25	Tolueno (C ₆ H ₅ -CH ₃)	91, 92	2.529
Benzeno	26	C ₆ benzeno	91, 92	11.013
Benzeno	27	Acetofenona (C ₈ H ₈ O)	77, 105	7.192
Benzeno	28	Benzofenona (C ₁₃ H ₁₀ O)	77, 105	17.783
Benzofurano	29	C ₁ benzofurano (C ₈ H ₆ O)	131, 132	8.029
Benzofurano	30	Dibenzofurano (C ₁₂ H ₈ O)	139, 168	15.854
Lignina	31	Guaiacol (C ₇ H ₈ O ₂)	109, 124	7.650
Lignina	32	4-vinilfenol (C ₈ H ₈ O)	91, 120	10.342
Lignina	33	4-vinilguaiacol (C ₉ H ₁₀ O ₂)	135, 150	12.133
Lignina	34	Siringol (C ₈ H ₁₀ O ₃)	139, 154	12.850
Lignina	35	4-acetilguaiacol	151, 166	15.375
Lignina	36	4-vinilsiringol (C ₁₁ H ₁₄ O ₄)	165, 180	16.683
N	37	Piridina (C ₅ H ₅ N)	52, 79	2.321
N	38	Pirrole (C ₄ H ₅ N)	67	2.388
N	39	Benzonitrila (C ₇ H ₅ N)	76, 103	5.642
N	40	Benzenoacetoneitrila (C ₈ H ₇ N)	90, 117	8.663
N	41	Indol (C ₈ H ₇ N)	90, 117	11.805
N	42	Diketodipirrole	93, 186	19.075
N	43	Alquilamida	59, 72	25.592
N	44	Alquilamida	59, 72	27.792
PAH	45	Indeno (C ₉ H ₈)	115, 116	6.763
PAH	46	Naftaleno (C ₁₀ H ₈)	128	9.575
PAH	47	C ₁ naftaleno	141, 142	11.758
PAH	48	C ₁ naftaleno	141, 142	12.092
PAH	49	Difenil	153, 154	13.367
PAH	50	C ₂ naftaleno	141, 156	14.175
PAH	51	Fluoreno (C ₁₃ H ₁₀)	165, 166	17.000
PAH	52	9 <i>H</i> -fluoren-9-one (C ₁₃ H ₈ O)	152, 180	19.567
PAH	53	Pireno (C ₁₆ H ₁₀)	201, 202	24.208

PAH	54	Fluoranteno (C ₁₆ H ₁₀)	201, 202	24.917
Fenol	55	Fenol (C ₆ H ₆ O)	66, 94	5.604
Fenol	56	C ₁ fenol (C ₇ H ₈ O)	107, 108	7.430
Carboidratos	57	2H-furan-3-one (C ₄ H ₄ O ₂)	54, 84	2.779
Carboidratos	58	2-furaldeído (C ₅ H ₄ O ₂)	95, 96	3.192
Carboidratos	59	5-metil-2-furaldeído (C ₆ H ₆ O ₂)	53, 110	5.208
Carboidratos	60	Levoglucosano (C ₆ H ₁₀ O ₅)	60, 73	16.200

As ligninas são biopolímeros fenólicos formados por um arranjo irregular de fenilpropanos ligados de uma forma diferente (KURODA; NAKAGAWA-IZUMI, 2006). As ligninas constituem-se de, principalmente, metoxifenóis (siringil, guaiacil e *p*-hidroxifenol) e estão depositadas predominantemente na parede das fibras vegetais, tornando-as espessas, rígidas e impermeáveis (VANHOLME et al., 2010). Com algumas exceções notáveis (NOVO UZAL et al. 2009), as ligninas oriundas de gimnospermas são compostas apenas por unidades de guaiacil, enquanto que as ligninas de angiospermas dicotiledônias são compostas de unidades de guaiacil e siringil. As unidades de *p*-hidrofenil são encontradas, em abundância, no lenho de compressão (lenho de reação de gimnospermas) e em gramíneas (BOERJAN et al., 2003; VANHOLME, et al., 2010). Em suma, dos seis produtos de pirólise de lignina foram selecionados para representar o material de plantas (parâmetro Py1), e estão inclusos o guaiacol, 4-vinilfenol, 4-vinilguaiacol, siringol, 4-acetilguaiacol e 4-vinilsiringol. Espera-se que Py1 represente o material vegetal relativamente intacto, porque a lignina é relativamente rápida degradada (Klotzbücher et al., 2011).

Por outro lado, os *n*-alcanos são mais recalcitrantes à decomposição e podem ser oriundos do material vegetal relativamente recalcitrante. Estes compostos podem ser originados a partir de cutina e suberina de tecidos vegetais ou suberina de raízes (TEGELAAR et al., 1989, 1995; NIEROP, 1998). A soma dos *n*-alcanos quantificados (C15-23) foram utilizados para representar o material relativamente recalcitrante (parâmetro Py2).

Os polissacarídeos são produtos derivados de carboidratos, com origens diversas. Quatro produtos de pirólise do grupo dos carboidratos foram quantificados: 2H-furan-3-one, 2-furaldeído, 5-metil-2-furaldeído e levoglucosano. Levoglucosano têm origem a partir da celulose, portanto atribuídos aos vegetais (POUWELS et al., 1989), já os furanos e furanonas podem ser relacionados a matéria orgânica de origem microbiana.

Os compostos nitrogenados geralmente estão associados a materiais de pirólise de proteínas vegetais ou microbianas e de quitina (NIEROP et al., 2005); e proteínas alteradas pelo fogo (KNICKER, 2011). Oito produtos de pirólise do grupo dos compostos nitrogenados foram quantificados: piridina, pirrole, benzonitrila, benzenoacetonitrila, indol, diketodipyrrole, e duas alquilamidas. Destes, o indole e diketodipyrrole estão associados a origem vegetal (BUURMAN et al., 2007), enquanto o benzonitrilo está relacionado com o material oriundo de queima. Uma elevada contribuição tanto de compostos contendo N como de polissacáridos é geralmente característica de uma fonte microbiana (BUURMAN; ROSCOE, 2011; DERENNE; QUÉNÉA, 2015). A soma de compostos nitrogenados de baixo peso molecular (piridina, pirrole, benzenoacetonitrilo) e açúcares (2H-furan-3-ona, 2-furaldeído, 5-metil-2-furaldeído) é, por conseguinte, utilizado para representar a contribuição do material microbiano (parâmetro Fy3).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH) são moléculas constituídas por 2 ou mais anéis aromáticos e sua origem está relacionada com a matéria orgânica do solo afetada pela fogo (SUESS, 1976; NIKOLAOU et al., 1984; KAAL et al., 2009; KNICKER, 2011). Dez produtos de pirólise do grupo dos PAHs foram quantificados: indeno, naftaleno, dois C₁ naftalenos, bifenil, C₂ naftaleno, fluoreno, 9H-fluoren-9-one, pireno e fluoranteno. A soma destes compostos foi utilizada para explicar a contribuição de carvão pirogênico (CP) (parâmetro Py4). Para avaliar o grau de condensação de BC, utilizam-se PAHs com 4 anéis (MARZEC, 2002), expressos como a contribuição do fluoranteno e do pireno para o total de PAHs (parâmetro Py5).

Tabela 21. Parâmetros para interpretação da composição molecular da matéria orgânica das amostras de solo dos perfis do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto – Santarém/PA.

Parâmetros	Unidade	Origem	Interpretação
Py1 Fenóis de lignina (31–36)	% TIC	Lignina	Materiais de plantas frescas
Py2 Soma de <i>n</i> -alcanos (1–13)	% TIC	Suberina, cutina	Materiais de plantas decompostas
Py3 Soma de compostos 37, 38, 40, 57–59	% TIC	Proteínas	Materiais microbianos
Py4 Soma de PAHs (45–54)	% TIC	Carvão pirogênico	Materiais de queima
Py5 PAHs com 4 anéis (53–54)	% PAHs	PAHs condensados	BC condensado

Legenda: PAHs = hidrocarboneto policíclico aromático; BC=Black carbon (carvão pirogênico), TIC (%): corrente iônica total.

Conforme pode ser observado na Figura 46, a quantidade de fenóis de lignina (parâmetro Py1) decresce com a profundidade para todos os perfis escavados com relativa abundância de 6,5 a 12,0% de 0 to 20 cm e menor que 0,5% abaixo dos 80 cm de profundidade. A perda de lignina com profundidade está relacionada a um aumento da decomposição com a profundidade (RUMPEL; KÖGEL-KNABNER, 2011). Surpreendentemente, o perfil de referência mostrou uma contribuição relativa maior de fenóis de lignina (exceto a amostra de superfície) com uma diminuição com profundidade, em comparação com os TPIs

Os *n*-alcanos (parâmetro Py2), além de apresentarem um pequeno aumento nos 20 cm de profundidade, mostraram baixa variação com profundidade. Porém apresentaram valores significativamente maiores no perfil de referência. De acordo com a interpretação dos fenóis de lignina, esta maior contribuição de *n*-alcanos no perfil de referência pode estar relacionada ao insumo de raízes, sendo as raízes uma fonte importante de *n*-alcanos no solo (NIEROP, 1998).

Os carboidratos e compostos nitrogenados (parâmetro Fy3) apresentaram altos valores, entre 15 e 50% de TIC, Indicando uma contribuição geralmente grande do material microbiano. Novamente o perfil de referência mostrou uma tendência diferente em comparação com os TPIs. O perfil de referência não mostrou tendência de profundidade para Py3, enquanto que nos TPIs, as abundâncias foram claramente maiores e concentradas nos horizontes antropogênicos, enquanto os horizontes mais profundos e especialmente as amostras de superfície apresentaram valores comparáveis aos do perfil de referência.

Os poliaromáticos (PAHs) oriundos da queima (Py4) tiveram aumento com a profundidade do perfil para todos os perfis estudados, com 2 a 4% TIC de 0-40 cm e 6 a 10% a partir dos 90 cm de profundidade. Este aumento gradual com profundidade provavelmente está relacionado com a recalcitrância do CP, causando um aumento relativo com a profundidade (idade). Os horizontes antropogênicos, conhecidos por sua abundante contribuição de carvão pirogênico, não mostraram, particularmente, valores máximos para o parâmetro Py4, e também o perfil de referência mostrou valores semelhantes aos perfis de TPI. Isto indica que a contribuição do CP para a MOS não é particularmente grande nos horizontes antropogênicos, mas que existe uma contribuição maior da MOS em geral, isto é, a contribuição do CP para a SOM não é maior nos TPIs.

O parâmetro Py5 apresentou um aumento geral com a profundidade em todos os perfis e mostrou valores significativamente mais baixos no perfil de referência. Isto indica que a composição de CP evidencia uma contribuição geralmente maior de BC condensado para os perfis de TPI do que o perfil de referência, e sugere uma diferença no material de entrada de CP entre TPI e perfil de referência. Perfil 10 e 13, que estão localizados próximos um do outro, mostrou os maiores valores de Py5, sugerindo que esses perfis tiveram a maior contribuição de CP condensado.

Figura 46. Gráfico dos parâmetros (Fy1 a Fy5) em profundidade e por perfil, para interpretação da análise molecular do Sítio PA-ST-32, Sítio Porto, Santarém/PA.

Legenda: Parâmetros de análise molecular – **Fy1:** fenóis de lignina; **Fy2:** soma de n-alcenos; **Fy3:** soma de proteínas (Ps1, Ps2, Ps2, N1, N2, N3; Py3); **Fy4:** soma de poliaromáticos (PAHs) – carvão pirogênico (*black carbon*); **Py5:** poliaromáticos com 4 anéis (PAHs).

6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

(i) as análises isotópicas do $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ evidenciaram uma predominância de tipologia florestal com ocorrência de enriquecimento isotópico ocasional, em profundidade, nos perfis estudados, compreendendo a faixa de tempo de 400 ± 30 a 3.830 ± 30 anos AP. O enriquecimento isotópico está associado à presença de maior concentração de matéria orgânica decomposta no solo da TPI proveniente de plantas C_3 , como, por exemplo, o milho (bastante utilizado na dieta alimentar dos indígenas amazônicos).

(ii) o período de tempo encontrado nas escavações, em profundidade pela análise de radiocarbono, de fato remete a faixa de tempo de permanência da cultura tapajônica na região, evidenciada pelos materiais arqueológicos coletados, como a cerâmica e o lítico. Os resultados obtidos corroboram a informação de vários autores (NEVES, 2008; NEVES et al., 2003; ROOSEVELT, 1999, 2000; PETERSEN et al., 2001; TRAVASSOS, 2012) que dataram os carvões associados às amostras de cerâmica em pesquisas arqueológicas no baixo Amazonas.

(iii) a pirólise evidenciou que o perfil testemunho apresentou maior quantidade de produtos oriundos de plantas e menos compostos de origem microbiana. Além disso, o perfil testemunho (de referência) possui um menor teor de carbono que os demais perfis, embora com quantidades similares de CP. No entanto, o CP apresenta uma diferença qualitativa, caracterizada pelas estruturas aromáticas condensadas para os solos de TPI em comparação com o perfil de referência;

(iv) a antacologia permitiu conhecer as espécies vegetais que ocorreram no baixo Amazonas, com suas características anatômicas (taxonômicas) preservadas nos fragmentos de carvão remanescentes da cultura Tapajônica (incluídos na Coleção de Referência Antracológica no Depto de Ciências Florestais).

(v) as imagens obtidas dos carvões arqueológicos pela técnica do IMX (não destrutiva) apresentam grande potencial para a caracterização taxonômica em relação ao MEV (destrutiva) – em virtude da instabilidade dos fragmentos.

7 REFERÊNCIAS

ABSY, M.L. Palynology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (Eds) **Key environments Amazonia**. Oxford: Pergamon Press, p. 72-82, 1985.

ABSY, M.L.; VAN DER HAMMEN, T. Some paleoecological data from Rondônia, Southern part of Amazon Basin. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 6, p. 283-299, 1976.

ALBUQUERQUE, A.R. **Anatomia comparada do lenho e do carvão aplicada na identificação de 75 espécies da floresta Amazônica, no estado do Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, p. 249, 2012.

ANDRADE, A. **Investigación arqueológica de los Antrosolos de Araracuara**. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, v. 31, p. 91, 1986.

ARROYO-KALIN, M. The variability of Amazonian Dark Earths: comparing anthropogenic soils from three regions of the Amazonian biome. In: ROSTAIN, S. (Ed.). **Antes de Orellana**. Actas del 3er Encuentro Internacional de Arqueología Amazónica. Quito: Instituto Francés de Estudios Andinos, 2014. p. 323-330.

BADAL, E.; BERNABEU, J.; VERNET, J.L. Vegetation changes and human action from the Neolithic to the Bronze Age (7000-4000 BP) in Alicante, Spain, based on charcoal analysis. **Vegetation History and Archaeobotany**, Berlin, v. 3, p. 155-166, 1994.

BALÉE, W. The culture of Amazonian forests, in Resource management in Amazonia: indigenous and folk strategies. *Advances in Economical Botany*, v. 7. Edited by D. A. Posey & W. Balée, p. 1-21. New York: Botanical Garden. 1989.

BARATA, F. **A arte oleira dos Tapajós: Considerações sobre a cerâmica e dois tipos de vasos característicos**. Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará 2, 1950.

BARATA, F. O muiraquitã e as contas dos Tapajós. **Revista do Museu Paulista**, São Paulo, v. 8, p. 229-252, 1954.

BARBOSA-RODRIGUES, J. D. **Exploração e estudo do vale do rio Amazonas**. Rio de Janeiro: Tipografia Nacional, 1875.

BEHLING, H.; COSTA, M.L. Holocene environmental changes from the Rio Curuá record in the Caxiuanã region, eastern Amazon Basin. **Quaternary Research**, Oxford, v. 53, p. 369-377, 2000.

BEHLING, H.; COSTA M.L. Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record in northeastern Pará State, eastern Amazonia. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Washington, v. 114, p. 145-155, 2001.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annu Rev Plant Biol**, v. 54, p. 51-546, 2003.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. 1991. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. In: Coleman, D.C.; Fry, B. (Eds). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press. p. 155-171, 1991.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotopes ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: Boutton, T.W., Yamasaki, S.I. (eds.) **Mass spectrometry of soils**. Marcel Dekkerp, New York, p. 47-82, 1996.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA-21 – Santarém; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1976. 522p.

BREUIL, H. Les fouilles dans la grotte du Mas d'Azil (Ariège). **Bulletin Archéologique**, Paris, v 17, p. 421-436, 1903.

BOOMERT, A. Gifts of the Amazons: "Greenstone" pendants and beads as items of ceremonial exchange in Amazonia. **Antropologica**, Brasília, v. 67, p. 33-54, 1987.

BROWN, C.B. **Canoe and camp life in British Guiana**. London: Edward Satanford, 1876.

BROWN, C.B.; LIDSTONE, W. **Fifteen thousand miles on the Amazon and its tributaries**. London: Edward Stanford, 1878.

BUSO JÚNIOR, A.A. **Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura e Ambiente), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, Brasil. 190 p, 2010.

BUURMAN P., NIEROP K.G.J. NaOH and Na-Na₄P₂O₇-extractable organic matter in two allophanic volcanic ash soils of the Azores Islands - quantified pyrolysis-GC/MS data and factor analysis. In: **Soils of volcanic regions in Europe** / Stoops, G., Garcia-Rodeja, E., Arnalds, O., Bartoli, F., Buurman, P., Oskarsson, H. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2007.

BUURMAN, P., ROSCOE, R., 2011. Different decomposition paths of free light and occluded light SOM fractions in soils of Cerrado, tilled, and untilled fields, Minas Gerais, Brazil – a pyrolysis-GC/MS study. **European Journal of Soil Science**, London, v. 62, p. 253-266, 2011.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J.A.A.; PASTORE, T.C.M.; CHRISTO, A.G. **Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em**

caracteres gerais e macroscópicos. Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília, 2010. CD-ROM.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; SOUZA, R.V.C.C.; ALMEIDA, M.C. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**, São Paulo , v. 70, p.18-27, 2011.

CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; SANTOS, L. A. C.; AQUINO, R. E.; SOARES, M. D. R. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM. *Revista Agro@mbiente*, v. 6, n.1, p. 09-16, 2012.

CARNEIRO, R. L. The history of ecological interpretations of Amazonia: Does Roosevelt have it right. In: ESPONSEL, L. E. **Indigenous peoples and the future of Amazonia: an ecological anthropology of an endangered world**. Chicago: University of Arizona Press, 1995. p.45-70.

CAROMANO, C.F.; BIANCHINI, G.F.; CASCON, L.M.; RANGEL, A.; SILVA, L.M.; NEVES, E.G.; SCHEEL-YBERT, R. Antracologia na Amazônia Central: primeiros resultados. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGIA AMAZÔNICA, 1., 2008, Belém. **Livro de Resumos do ...** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p.116-117, 2008.

CERLING, T.E.; QUADE, J.; WANG, Y. BOWMAN, J.R. Carbon isotopes in soils and paleosols as ecology and paleoecology indicators. **Nature**, Arizona, v. 341, p. 138-139, 1989.

CHICHIGNOUD, M., DEON, G., DETIENNE, P., PARANT, B.; VANTOMME, P. **Atlas de maderas tropicales de America Latina**. Organización Internacional de las Maderas Tropicales/ Centre Technique Forestier Tropical. Nogent-sur-Mame, Yokohama. 1990.

COE, H.H.G.; CHUENG, K.F.; GOMES, J.G. Reconstruções da vegetação e inferências de paleoclimas através da utilização dos indicadores fitólitos e isótopos de carbono – exemplos de estudos no Brasil. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, N.4, p.248 - 261, 2012.

COOK, S. F.; HEIZER, R. F. **Studies on the chemical analysis of archaeological sites**. Berkeley: University of California Press, 1965.

COSTA, F.W.S. **Arqueologia das campinaranas do baixo Rio Negro: em busca de pré-ceramistas nos areais da Amazônia central**. Tese (Doutorado em Arqueologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2009. 195 p.

COSTA, J. A. **Caracterização dos sítios arqueológicos com terra preta de Caxiuanã**. MCT/MPEG. Belém, p.15. 2003.

COSTA, M.L.; KERN, D.C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon. **Journal of Geochemical Exploration**, Reston, v. 66, n. 1/2, p. 369, 1999.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; CANELLAS, L. P.; RIBEIRO, L. P.; BENITES, V.M.; SANTOS, G. A.; Soil organic matter and fertility of anthropogenic dark earths (terra preta de índio) in the Brazilian Amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.85-93. 2009.

CUNHA FRANCO, E. **As terras pretas do planalto de Santarém**. Revista da Sociedade dos Agrônômicos e Veterinários do Pará, v. 8, p. 17, 1962.

DAWSON, T. E.; BROOKS, P. D. Fundamentals of stable isotope chemistry and measurement. In: Unkovich M. et al. (Ed.). **Stable isotope techniques in the study of biological processes and functioning of ecosystems**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, p. 1-18, 2011.

DA ROCHA, J.F.G. **Solos da região sudeste do município de Santarém, Estado do Pará: mapeamento e classificação**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia). UFOPA, Santarém, 50 p., 2014.

DE HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; MARANGON, L.C.; DOS SANTOS, M.S.; DE MELO, C.L.S.M.S.; PESSOA, M.M.L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.103-114, 2010.

DERBY, Orville A. O rio Trombetas. Trabalhos inéditos da Comissão Geológica do Brasil. **Boletim do Museu Paraense de História Natural e Etnologia**, tomo II, fasc. 1-4. Belém. 1897-98.

DERENNE, S. QUÉNÉA, K. Analytical pyrolysis as a tool to probe soil organic matter. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Netherlands, v. 111, p.108–120, 2015.

DESJARDINS, T.; FILHO, A.C.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, C. Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. **Oecologia**, Toronto, v.108, p. 749-756, 1996.

DI PIAZZA, A. Archaeobotanical investigations of an earth oven in Kiribati, Gilbert Islands. Vegetation History and **Archaeobotany**, v. 7, p. 149-154, 1998.

EDEN, M. J. et al. Terra Preta soils and their archaeological context in the Caquetá basin of south-east Colombia. **American Antiquity** [S.l.], v. 49, n. 1, p. 125-140, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de analyses de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 212 p., 1997.

ERICKSON, C. Historical ecology and future explorations. In: LEHMANN, J. et al (Ed.). **Amazonian dark earths - origin, properties, and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publication, Cap.500. p. 455, 2003.

FALESI, I. **Solos de Monte Alegre**. Belém: IPEAN, 1970.

FARABEE, W.C. Exploration at the outh of the Amazon. **The Museum Journal**, v. 12, p. 142, 1921.

FERREIRA, G.C.; HOPKINS, M.J.G. **Manual de identificação botânica e anatômica – Angelim**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, p. 101, 2004.

FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos. Avançados**. v.19 n.53, São Paulo, 2005

FIGUEIRAL, I. Evidence from charcoal analysis environmental change during the interval late Bronze Age to Roman, at the archaeological site of Castro de Penices, N.W. Portugal. **Vegetation History and Archaeobotany**, Berlin, v. 4, p. 93-100, 1995.

FRANCISQUINI, M.I. **Reconstrução da vegetação e do clima em alta resolução no Holoceno na ilha de Marajó, com o uso de indicadores biológicos e isotópicos**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura e Ambiente). Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)-Universidade de São Paulo (USP). Piracicaba, p. 163, 2011.

FRASER, J.A.; CLEMENT, C.R. Dark earths and manioc cultivation in Central Amazonia: A window on pré-Columbian agricultural systems? **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Ciências Humanas**, Pará, v. 3, p.175-194, 2008.

FREITAS, H.A.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R1. Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, Iowa, v. 55, p. 39-46, 2001.

FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]**. Rio de Janeiro: **Andrea Jakobsson**. Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v. 1, p. 78-89, 2010.

FREITAS, H.A., PESSENDA, L.C.R., ARAVENA, R., GOUVEIA, S.E.M., RIBEIRO, A.S., BOULET, R. Florestas x Savanas no passado da Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 32, p. 40-46, 2002.

GERMAN, L.A. Ethnoscience understandings of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J. et al. (Ed.). **Amazonian Dark Earths: Origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 179, 2003.

GILBERT, M.T.P.; JENKINS, D.L.; GÖTHERSTROM, A.; NAVERAN, N.J.J. SANCHEZ, M.H.; HOFREITER, P.F; THOMSEN, J.B., HIGHAM, T.F.G.; YOHE II, R.M.; PARR, R.; CUMMINGS, L.S.; WILLERSLEV, E. DNA from pre-Clovis human coprolites in Oregon, North America. **Science**, v. 320, p. 786-789, 2008.

GLASER, B. HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The Terra Preta phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. **Naturwissenschaften**. Leipzig, v. 88, n. 1, p. 37-41, 2001.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 669-678, 2000.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 669-678, 2000.

GLASER, B.; WOODS, W. I. (Eds.) **Amazonian Dark Earths: Explorations in space and time**. Berlim: Springer, p. 216. 2004.

GODWIN, H. Half-life of Radiocarbon. **Nature**, v.195, p. 984.1962.

GONZÁLES-PÉREZ, M.; GONZÁLES-VILA, F.J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The effect of the fire on soil organic matter a review. **Environment Internatinal**, New York, v. 30, p. 855-870, 2004.

GOLFARI, L., CASER, R.L., MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte: PRODEPEF, 1978. 116p. (Série Técnica).

GOUVEIA, S.E.M. PESSENDA, L.C.R.P.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBER, R.; Isótopos de carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estddo de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, p. 969-800, 1999a.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; Datação da fração humina da matéria orgânica do solo e sua comparação com idades ¹⁴C de carvões fósseis. **Quimica Nova**, São Paulo, v. 22, p. 810-814, 1999b.

GOUVEIA, S.E.M., PESSENDA, L.C.R., ARAVENA, R., BOULET, R., ROVERATTI, R., GOMES, B.M. Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul do Amazonas, indicada pelos isótopos do carbono (12C, 13C, 14C). **Geochimica Brasiliensis** Lisboa, v. 11, p. 355-367, 1997.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLI, J.A.; RIBEIRO, A.S.; FERITAS, H.A. Carbon isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the late Pleistocene and the Holocene in the southeast and centerwest regions of Brazil. **Global and Planetary Change**, Virginia, v. 33, p. 95-106, 2002.

HARTT, C.F. Preliminary report of the Morgan Exhibitions, 1870-1871 - report of a reconnoissance of the Lower Tapajós. Cornell University. **Bulletin of Cornell University**, Ithaca, p.1-37. 1874.

HARTT, C.F. Contribuições para a Ethnologia do Valle do Amazonas. **Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro. V. 6, p. 1-174, 1985.

HECHT, S.B. Indigenous soil management and the creation of Amazonian Dark Earths: implications of Kayapó practices. In: LEHMANN, J. et al. (Ed.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 355-372, 2003.

HECKENBERGER, M. J. **War and peace in the shadow of empire: socio-political change in the Upper Xingu of south-eastern Amazonia A D 1400 - 2000**. Ph. D. - Departament of Antropology, University of Pittsburgh, 1996.

HECKENBERGER, M.J.; PETERSEN, J.B.; NEVES, E.G. Village size and permanence in Amazonia: two archaeological exemples from Brazil. **Latin American Antiquity**, San Diego, v. 10, p. 353-376, 1999.

HECKENBERGER, M. J. Estrutura, história e transformação: a cultura Xinguana na long durée, 1000 -2000 d.C., *in* **Povos do alto Xingu: História e cultura**. Edited by M. J. Heckenberger & B. Franchetto, p. 21-62. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

HECKENBERGER, M. J.; KUIKURO, A.; KUIKURO, U. T.; RUSSEL, J. C.; SCHMIDT, M.; FAUSTO, C.; FRANCHETTO, B. "Amazonia 1492: Pristine Forest or Cultural Parkland?". **Science**, Washington, v. 301, p. 1710-1713, 2003.

HEER, O. Pflanzen der Pfanhlbauten. **Neujahrsblatt der Naturforschunden Gesellschaft Neujbl**, Zurique, p. 1-54, 1866.

HEINZ, C. Upper Pleistocene and Holocene vegetation in the south of France and Andorra. Adaptations and first ruptures: New charcoal analysis data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, 69:299-324, 1991.

HEINZ, C.; THIÉBAULT, S. Characterization and palaeoecological significance of archaeological charcoal assemblages during late and post-glacial phases in southern France. **Quaternary Research**, Oxford, v. 50, p.56-68.1998.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 219-332, 1989.

INSIDEWOOD. **A Web resource for hardwood anatomy**, 2004. Disponível em: <<http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>>. Acessado em 20 mar., 2014.

ISHIDA, D.A. **Caracterização e gênese de solos e de depósito de caulim em São gabril, AM**. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, USP, São Paulo. 170 p., 2010.

KAAL, J.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; NIEROP, K.G.J. Characterization of aged charcoal using a coil probe pyrolysis GC/MS method optimized for black carbon. **Journal of Analytic and Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v. 85, p. 408-416, 2009.

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

KERN, D. C. **Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel - Pará)**. (1996). 124 p. Tese de doutorado - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, D. C.; COSTA, M. L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. **Geociências** [S.l.], v. 16, n. 1, p. 141-156, 1997.

KERN, D.C. et al. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J. K., D.C.; GLASER, B. AND WOODS, W.I. (Ed.). **Amazonian Dark Earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Cap.75. p. 51, 2003.

KERN, D.C.; KÄMP, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na Região de Oriximiná-P A. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 219-25, 1989.

KERN, D.C.; KÄMPF, N.; WOODS, W.I.; DENEVAN, W.M.; DA COSTA, M.L.; FRAZÃO, F.J.L.; SOMBROEK, W. **As Terras Pretas de Índio na Amazônia: Evolução do Conhecimento em Terra Preta de Índio – Parte II**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Brasil. Cap. 6, p. 72-82. 2009.

KILLOPS, S.D.; KILLOPS, V.J. **Introduction to Organic Geochemistry**. 2 Ed. Blackwell Publishing. 2013. 363 p.

KLOTZBÜCHER, T., KAISER, K., GUGGENBERGER, G., GATZEK, C., KALBITZ, K., 2011. A new conceptual model for the fate of lignin in decomposing plant litter. **Ecology**, Amsterdam, v. 92, p. 1052-1062, 2011.

KNICKER, H. Pyrogenic organic matter in soil: its origin and occurrence, its chemistry and survival in soil environments. **Quaternary International**. Oxford, v. 243, p. 251-263, 2011.

KURODA, K.; NAKAGAWA-IZUMI, A. Analytical pyrolysis of lignin: Products stemming from B-5 substructures. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 37, p. 665–673, 2006.

LAJTHA, K.; MARSHALL, J.D. Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. In: Lajtha, K.; Michener, R. H. (Ed.). **Stable isotopes in ecology and**

environmental science. Oxford: Blackwell Scientific Publications. cap. I, p. 1-21, 1994.

LATHRAP, D.W. The moist tropics, the arid lands, and the appearance of great art styles in the New World. In KING, M.E. and TRAYOR, JR, I.(eds.), **Art and Environment and Native North America**, Special Publications, The Museum Texas Tech University, No. 7, Texas Tech Press, Lubbock, 1974.

LATHRAP, D.W. Our father the cayman, our mother the gourd: Spinden revisited or a unitary model for the emergence of agriculture in the New World, REED, C. A. (ed.), **Origins of agriculture**, the Hague, Mouton, P. 713-751, 1977.

LEDRU, M.P. 1992. Modifications de la végétation du Brésil Central entre la dernière époque glaciaire et l'interglaciaire actuel. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.** Paris, v. 314, p. 117-123, 1992.

LEDRU, M.P. Late Quaternary and climate changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, Oxford, v. 39, p. 90-98, 1993a.

LEDRU, M.P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, Oxford, v. 39, p. 90-98, 1993b.

LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, Camberra, v. 249, p. 343, 2003.

LIBBY, W.F. **Radiocarbon dating.** 2 ed. Chicago: University of Chicago Press. P. 175. 1955.

LIBBY, W.F.; ANDERSON B.C.; ARNOLD J.R. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. **Science**, Washington, v. 109, p. 227-22, 1949.

LIMA, H.N. et al. Pedogenesis and pre-colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of western Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v. 110 p., 2002.

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**, Amsterdam, v.110, p.1-17, 2002.

MACKO, S.A.; ESTEP, M.L. Micobial alternation of stable nitrogen and carbon isotopic compositions of organic matter. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 6, p. 787-790, 1984.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT, 1989. 419p.

MAGALHÃES, M.P. **Amazônia antropogênica**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 429 p., 2016.

MARCONETTO, A.B. Analysis of burnt building structures of the Ambato valley (Catamarca, Argentina). In: THIÉBAULT, S. (Ed.). **Charcoal analysis: methodological approaches, palaeoecological results and wood uses**. Oxford: Archaeopress, p. 267-272, 2002.

MARGUERIE, D.; HUNOT, J.Y. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. **Journal of Archaeological Science**, New York, v. 34, n. 9, p. 1417-1433, 2007.

MARTINELLI, L. A., OMETTO, J. P. H. B., FERRAZ, E. S., VICTORIA, R. L., CAMARGO, P. B., MOREIRA, M. Z. **Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis**. Oficina de Textos, São Paulo, p. 144, 2009.

MARZEC, A. Towards an understanding of the coal structure: a review. **Fuel Processing Technology**, Scotland, v. 77-78, p. 25-32, 2002.

MCCANN, J. M. et al. Organic matter and Anthrosols in Amazonia: Interpreting the Amerindian Legacy. In: REES, R. M. et al (Ed.). **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford: CAB International. Cap.189. p.180, 2001.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. v.1. Oxford: Clarendon Press, p. 850, 1957.

MONTAÑEZ, S. A. **Arqueobotánica en la Amazonia colombiana: un modelo etnográfico para el análisis de maderas carbonizadas**. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, 2005.

NELLE, O. Charcoal burning remains and forest stand structure: examples from Black Forest (south-west-Germany) and the Bavarian Forest (south-east-Germany). In: THIÉBAULT, S. (Ed.). **Charcoal analysis: methodological palaeoecological results and wood uses**. Oxford: Archaeopress, p. 201-207, 2002.

NEUMANN, K.; KAHLHEBER, S.; UEBEL, D. Remains of woody plants from Saouga, a medieval west African village. **Vegetation History and Archaeobotany**, Berlin, 7:57-77, 1998.

NEVES, E.G. **Sob os tempos do Equinócio: oito mil anos de História na Amazônia Central (6.500 AC - 1.500 DC)**. 2012. Tese (Livre-Docência) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

NEVES, E.G.; PETERSON, J.B.; BARTONE, R.N.; SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. In: LEHMAN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS, W.I., eds. **Amazonian dark earths; origin, properties and management**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 29-50, 2003.

NIKOLAOU, K.; MASCLET, P.; MOUVIER, G. Sources and chemical reactivity of polynuclear aromatic hydrocarbons in the atmosphere: a critical review. *The Science of Total Environment*, Amsterdam, v. 32, p. 103-132, 1984.

NIEROP, K.G.J. Origin of aliphatic compounds in a forest soil. **Organic Geochemistry**. V. 29, p. 1009-1016, 1998.

NIMUENDAJÚ, C. **In pursuit of a past Amazon: archaeological researches in Brazilian Guyana, in the Amazon region - posthumous work**. Göteborg: Elanders Infologistik Väst AB, 2004.

NOVOTNY, E.H.; DE AZEVEDO, E.R.; BONAGAMBA, T.J.; CUNHA, T.J.F.; MADARI, B.E.; BENITES, V.M.; HAYES, M.H.B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian dark earth soils. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 41, p. 400-405, 2007.

NOVOTNY, E.H.; HAYES, M.H.B.; MADARI, B.E.; BONAGAMBA, T.J.; DE AZEVEDO, E.R.; DE SOUZA, A.A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C.M.; MANGRICH, A.S. Lessons from the Terra Preta Índios of the Amazon region for the utilization of charcoal from soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 20, p.1104-1110.

NOVO UZAL, E.; GÓMEZ ROS, L.V.; POMAR, F.; BERNAL, M.A.; PARADELA, A.; ALBAR J.P.; ROS BARCELO, A. The presence of sinapyl lignin in *Ginkgo biloba* cell cultures changes our views of the evolution of lignin biosynthesis. **Physiol Plant**, La Coruna, v. 135, p. 196-213, 2009.

OKUNO, E.; CALDAS, I.L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harbra, p. 43, 1986.

PABST, E. **Terra Preta do Índio: Chemische Kennzeichnung und ökologische Bedeutung einer brasilianischen Indianerschwarzerde**. Dissertação (Mestrado em Soil), Fakultät für Geowissenschaften, Ludwig-Maximilian Universität, München, p. 362, 1985.

PABST, E. Critérios de distinção entre Terra Preta e Latossolo na região de Belterra e seus significados para a discussão pedogenética. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 7, n. 1, p. 5-19, 1991.

PEREIRA, A.L. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista de Biociências**, Taubaté, v.13, n.1-2, p.16-27, jan/jun. 2007.

PESSENDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; RIBEIRO, A.S.; GOUVEIA, S.E.M.; BOULET, R.; CRUZ, M.V.L.; ROVERATTI, R.; PESSIN, G. Avaliação de mudanças de vegetação na Amazônia ocidental durante o Holoceno com emprego dos isótopos do carbono do solo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39. Salvador, 1996. **Anais....** Salvador, p. 539-544, 1996a.

PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; MELFI, A.J.; TELLES, E.C.C.; BOULET,

R.; VALENCIA, E.P.E.; TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes (C-13, C-14) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in Central Brazil. **Radiocarbon**, Copenhagen, v. 38, p. 191-201, 1996b.

PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; CAMARGO, P.B.; TELLES, E.C.C.; MARTINELLI, L.A.; CERRI, C.C.; ARAVENA, R.; ROZANSKI, K. Natural radiocarbon measurements in brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, Copenhagen, v. 38, p. 203-208, 1996c.

PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a Forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, Londres, v. 11, p. 250-254, 2001.

PESSENDA, L. C. R., GOUVEIA, S., FREITAS, H. Isótopos do carbono. In L. Pessenda (ed.) **Quaternário do Brasil**. USP, São Paulo, p. 75-83, 2005.

PESSOA JÚNIOR, E.S.F.; DE SOUZA, W.B.; DE SOUZA, K.S.; PIO, M.C.S.; SANTANA, G.P. Terra Preta de Índio na Região Amazônica. **Scientia Amazonia**, Manaus, v. 1, p. 1-8, 2012.

PETERSON B. J.; FRY, B. **Stable isotopes in ecosystem studies. Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987.

PIQUÉ I HUERTA, R. **Producción y uso Del combustible vegetal: una evaluación arqueológica**. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Treballs d'Etnoarqueologia , p. 308, 1999.

PORRO, A. **O Povo das Águas: Ensaios de Etno-história Amazônica**. Petrópolis, São Paulo: Vozes, Edusp, 1996.

POUWELS, A.D.; EIJKEL, G.B.; BOON, J.J. Curie-point pyrolysis-capillary gas chromatography-high resolution mass spectrometry of microcrystalline cellulose. J. **Anal. Appl. Pyrolysis**, v. 14, p. 237-280, 1989.

PRIOR, J.; WILLIAMS, D.P. An investigation of climatic change in the Holocene epoch using archaeological charcoal from Swaziland, Southern Africa. **Journal of Archaeological Science**, San Diego, v. 12, p. 457-475, 1985.

QUINN, E.R. **Escavating "Tapajó" ceramics at Santarém: theis age and archaeologist context**. M.A. University of Illinois at Chicago. 2004.

RODRIGUES, W.; MONTEIRO, S. KAZ, L. **Amazônia: Flora e fauna**. Rio de Janeiro: Ed. Alumbamento, 324 p., 1994.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H. et al (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap.60. p.19, 1996.

RODRIGUES, T.E.; DOS SANTOS, P.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; VALENTE, M.A.; DA SILVA, J.M.L.; CARDOSO JÚNIOR, E.Q. **Caracterização dos Solos da Área do Planalto de Belterra, Município de Santarém, Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, p. 55, 2001.

ROOSEVELT, A. C. **The development of prehistoric complex societies: Amazonia: a tropical forest, in Complex Polities in the Ancient Tropical World**. Editado por E. A. Bacus e L. J. Lecero, p. 13-33, 1999.

ROOSEVELT, A. C. **Mound-building Societies of the Amazon and Orinoco. Archaeologia de las Tierras Bajas**. Editado por A. D. Coirolo. Montevideo: Ministerio de Educacion, 2000.

ROOSEVELT, A.C.; DOUGLAS, J.; BROWN, L. The migrations and adaptations of the first Americans: clovis and pré-clovis viewed from South America. In: JABLONSK, N. (Ed.). **The first Americans, the Pleistocene colonization of the new world**. São Francisco: Memoirs of the California Academy of Sciences, p. 159-235, 2002.

ROOSEVELT, A.C. A historical memoir of archeological research in Brazil

RUIVO, M. L. P. et al. The use of micromorphology for the study of the formation and properties of Amazonian dark earths. In: LEHMANN, J. et al (Ed.). **Amazonian Dark earths: Origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 243-254, 2003.

RUMPEL, C., KÖGEL-KNABNER, I. Deep soil organic matter: a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. **Plant and Soil**, Camberra, v. 338, p. 143–158, 2011.

SADORI, L.; GIARDINI, M. Charcoal analysis, a method to study vegetation and climate of the Holocene: The case of Lago di Pergusa (Sicily, Italy). **Geobios**, Lyon, v. 40, n. 2, p. 173-180, 2007.

SANFORD, R.L.; SALDARRIAGA, J.G.; CLARK, K.E.; UHL, C.; HERRERA, R. Amazon rain-forest fires. **Science**, Washington, v. 227, p. 53-55, 1985.

SCHAAN, D. P. Múltiplas vozes, histórias e memórias: por uma gestão compartilhada do patrimônio arqueológico da Amazônia. **Revista do Patrimônio: Arqueologia**, Brasília, v. 32, p. 19-35, 2007.

SCHAAN, D.P. Long-Term Human Induced Impacts on Marajó Island Landscapes, Amazon Estuary. **Diversity**, Switzerland, v. 2, p. 182-206, 2010.

SCHAAN, D. P. **Sacred geographies of ancient Amazonia: historical ecology of social complexity. New frontiers in historical ecology**, v. 3. Walnut Creek, CA: Left Coast Press, Inc., 2012.

SCHAAN, D.P. **Salvamento Arqueológico Sítio PA-ST-42: Porto de Santarém anos III e IV**. Projeto de Pesquisa e Plano de Trabalho. Faculdade de Ciências

Sociais, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará-UFPA, Belém, p., 17, 2012.

SCHAAN, D.P.; AMARAL-LIMA, M. Pre Columbian land use and settlement pattern in the Santarém Region, lower amazon. *Amazônica*, Belém, v. 4, p. 222-250, 2012.

SCHEEL, R.; YBERT, J.P.; BARTH, O.M. Pollen morphology of the Boraginaceae from Santa Catarina State (Southern Brazil), with comments on the taxonomy of the family. **Grana**, cidade, v. 35, p. 138-153, 1996.

SCHEEL-YBERT, R. **Stabilité de l'écosystème sur le littoral Sud-Est du Brésil à l'Holocène Supérieur (5500-1400 ans BP). Les pêcheurs-cueilleurs-chasseurs et le milieu végétal: apports de l'antracologie**. Tese (Doutorado em Ecologia). Montpellier: USTL, UM II. 3 vol. 1998. 520p.

SCHEEL-YBERT, R. Paleoambiente e paleoetnologia de populações sambaquieiras do sudeste do Estado do Rio de Janeiro. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v. 9, p. 43-59, 1999.

SCHEEL-YBERT, R. Vegetation stability in the Southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 ¹⁴C yr BP deduced from charcoal analysis. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Nottingham, v. 110, p. 111-138, 2000.

SCHEEL-YBERT, R. Man and Vegetation in Southeastern Brazil during the Late Holocene. **Journal of Archaeological Science**, v. 28, p. 471-480, 2001a.

SCHEEL-YBERT, R. Os sambaquieiros e o mundo vegetal: meio ambiente, utilização da lenho e alimentação. In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, 11., 2001, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SAB, v. 1, p. 1-17, 2001b.

SCHEEL-YBERT, R. Man and vegetation in the Southeastern Brazil during the Late Holocene. **Journal of Archaeological Science**, San Diego, v. 28, p. 471-480, 2001.

SCHEEL-YBERT, R. Teoria e métodos em antracologia. 1. Considerações teóricas e perspectivas. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 62, p. 3-14, 2004a.

SCHEEL-YBERT, R. Teoria e métodos em antracologia. 2. Técnicas de campo e de laboratório. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 62, p. 343-356, 2004b.

SCHEEL-YBERT, R. Teoria e métodos em antracologia. 3. Validade amostral. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 63, p. 207-232, 2005.

SCHEEL-YBERT, R. Charcoal Collection of the world. **IAWA Journal**, Salt Lake City, v. 37, p. 489-505, 2016.

SCHEEL, R.; GASPAR, M.D.; YBERT, J.P. Antracologia, uma nova fonte de informações para a arqueologia brasileira. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v. 6, p. 3-9, 1996.

SCHEEL-YBERT, R.; CARVALHO, M.A.; MOURA, R.P.O.; GONÇALVES, T.A.P.; SCHEEL, M.; YBERT, J.P. Coleções de Referência e Bancos de Dados de estruturas vegetais: subsídios para estudos paleoecológicos e paleoetnobotânicos. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 64, p. 255-266, 2006.

SCHEEL-YBERT, R.; KLOKLER, D.; GASPAR, M.D.; FIGUTI, L. Proposta de amostragem para macrovestígios bioarqueológicos: antracologia, arqueobotânica, zooarqueologia. **Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v., p. 15-16, 2005-2006.

SCHELLEKENS, J.; ALMEIDA-SANTOS, T.; MACEDO, R.S.; BUUMAN, P.; KUYPER, T.W.; TORRADO, P.V. Molecular composition of several soil organic matter fractions from anthropogenic black soils (Terra Preta de Índio) in Amazonia — A pyrolysis-GC/MS study. **Geoderma**, Amsterdam, v. 288, p. 154–165, 2017.

SCHIFFER, M.B. **Formation processes of the archaeological record**. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1987.

SCHMIDT, M. J.; HECKENBERGER, M. J. Amerindian anthrosols: Amazonian Dark Earth Formation in the Upper Xingu. In: WOODS, W. I.; TEIXEIRA, W.; LEHMANN, J.; STEINER, C.; WINKLERPRINS, A. M. G. A.; REBELLATO, L. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's vision**. New York: Springer, 2009. p. 163-191.

SCHMIDT, M. J. et al. Dark Earths and the human built landscape in Amazonia: a widespread pattern of anthrosol formation. **J Archaeol Sci.** v. 42, p. 152–65, february, 2014.

SCUDDER, S. J. et al. **Soil Science and Archaeology**. Advances in Agronomy [S.I.], v. 57, p. 1-76, 1996.

SEPOF. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças (SEPOF). **Estatística Municipal de Santarém**. GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. 2005. 49 p.

SERVANT, M.; FONTES, J.C.; RIEU, M. SALIÈGE, J.F. Phases climatiques arides holocènes dans le sud-ouest de l'Amazonie (Bolivie). **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 292, p. 1295-1297, 1981.

SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; LEDRU, M.-P.; TURCQ, B.; KNOPPERS, B.; MARTIN, L.; MELLO, W.Z.; PASSENAU, H.; DOMINGUES, J.M.L.; CORDEIRO, R.C.; ABRÃO, J.J.; BITTENCOURT, A.C.S.P. A 21.000 cal years paleoclimatic record from Caçó Lake, northern Brazil: evidence from sedimentary and pollen analyses. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Los Angeles, v. 189, p. 25-34, 2003.

SIFEDDINE, A.; FRÖHLICH, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SOUBIÉS, F.; TURCO, B.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C. La sédimentation lacustre indicateur de changements des paléoenvironnements au cours des 30000 dernières années (Carajas, Amazonie, Brésil). **Compte Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 318, p. 1645-1652, 1994.

SIFEDDINE, A.; MARTIN, L.; TURCQ, B.; RIBEIRO, C.V.; SOUBIÈS, F.; CORDEIRO, R.C.; SUGUIO, K. Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Los Angeles, v. 168, p. 221-235, 2001.

SILVA, B.N.R.D., ARAÚJO, J.V., RODRIGUES, T.E., FALESI, I.C. e RÊGO, R.D.S. **Os solos da área Cacau-Pirêra - Manacapuru**. Belém: IPEAN, v. 2, p. 198, 1970.

SMITH, N.J.H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonian. **Annals of the Association of American Geographers**. Eugene, v. 70, p. 553-566, 1980.

SOMBROEK, W.G. **Amazon soil: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1966.

SOLARI, M.E. Estudio antracologico del sitio Punta Baja I (Mar de Otway). **Anales del Instituto de la Patagonia, sér. Ciencias Sociales**, Punta Arenas, v. 19, p. 115-120, 1990.

SOLARI, M.E. Estudio antracologico Del Archipiélago del Cabo de Hornos y Seno Grandi. **Anales del Instituto de la Patagonia, sér. Ciencias Humanas**, Punta Arenas, v. 22, p. 137-148, 1994.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian dark earths in Central Amazonia - preliminary results. In: GLASER, B.; WOODS, W.I., eds. **Amazonian dark earths: Explorations in space and time**. New York, Springer, p.195-212, 2004

STENBORG, P., SCHAAN, D.P.; AMARAL-LIMA, M.. Precolumbian land use and settlement pattern in the Amazon regiona, lower Amazon. **Amazônica**, Manaus, v. 4, p. 222-250, 2012.

SUESS, M.J. The environmental load and cycle of polyaromatics hydrocarbons. **The Science of Total Environment**, Amsterdam, v.6, p. 239-250, 1976.

SUGUIO, K.; ABSY, M.L.; FLEXOR, J.M.; LEDRU, M.P.; MARTIN, L.; SIFEDDINE, A.; SOUBIÈS, F.; TURQ, B.; YBERT, J.P. The evolution of the continental and coastal environments during the last climatic cycle in Brazil (120 Ky. B.P. to present). **Bol. IG-USP**, São Paulo, v. 24, p. 27-41, 1993.

TAGELAAR, E.W.; LEEUW, J.W.; HOLLOWAY, P.J. Some mechanisms of flash pyrolysis of naturally occurring higher plant polyesters. **Journal of Analytical Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v.15, p. 289-295, 1989.

TAGELAAR, E.W.; HOLLMAN, G.; VANDERVEGT, P.; LEEUW, J.W.; HOLLOWAY, P.J. Chemical characterization of the periderm tissue of some angiosperm species: recognition of na insoluble, nonhydrolizable, aliphatic

biomacromolecule (suberan). **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 23, p. 239-251, 1995.

TARDY, C. **Paléoincendies naturels, feux anthropiques et environnements forestiers de Guyane Française du Tardiglaciaire à l'holocène récent.**

Approches chronologique et anthracologique. Montpellier. 1998. Tese (Doutorado em Ecologia) - Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, p. 493, 1998.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.; TAIOLI, F. (Org). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 303, 2009.

TENGBERG, M. Vegetation history and wood exploitation in the Oman peninsula from the Bronze Age to the Classical period. In: THIÉBAULT, S. (Ed.). **Charcoal analysis: methodological approaches, palaeoecological results and wood uses**. Oxford : Archaeopress, p. 151-158. 2002.

THÉRY-PARISOT, I. **Économie des combustibles au Paléolithique**. Paris: CNRS, p. 195, 2001.

THÉRY-PARISOT, I; CHABAL, L.; CHRZAVZEZ, J. Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis: a review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 291, p. 142-153, 2010.

THIÉBAULT, S. Early-Holocene vegetation and the human impact in central Provence (Var, France): charcoal analysis of the Baume de Fontbrégoua. **The Holocene**, Londres, v. 7, p. 343-349, 1997.

THIES, J.; SUZUKI, K. Amazonian Dark Earths: Biological Measurements. GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: explorations in space and time**. New York: Springer, 2003. p. 287-332.

Towle, M. Chicago, IL: Aldine. **The Ethnobotany of Pre-Columbian Peru**. 1961.

TRAVASSOS, D.A. **Ocupação indígena na foz do rio Tapajós (3260 – 960 AP): estudo do sítio Porto de Santarém, baixo Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Antropologia), Universidade Federal do Pará-UFPA, Belém, p. 246, 2012.

TREVIZOR, T.T. **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical Amazônica no estado do Pará**. 2011. 216 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TRIVELIN, P.C.O. **Fracionamento dos isótopos estáveis de carbono na fixação do CO₂ atmosférico por plantas C3, C4. CAM: aplicações**. Material didático do Curso de Pós-Graduação em Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP, Piracicaba, 2009. 27 p.

TSAI, S. M.; O'NEILL, B.; CANNAVAN, F. S.; SAITO, D.; FALÇÃO, N. P. S.; KERN, D. C.; GROSSMAN, J.; THIES, J. The Microbial World of *Terra Preta*. In: WOODS, W. I. et al. (Eds.). **Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision**. New York: Springer, 2009.

TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra de Carajás. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 31-35. 1993.

TUSENIUS, M.L. Charcoal analytical studies on the north-eastern Cape, South Africa. **South African Archaeological Society Goodwin Series**, Cape Town, v. 6, p. 77-83, 1989.

VANHOLME, R.; DEMEDTS, B.; MORREL, k.; RALPH, J.; BOERJAN, W. Lignin Biosynthesis and Structure. **Plant Physiology**. Ghent, v. 153, p. 895-905. 2010.

VERNET, J.L. Étude sur l'histoire de la végétation du sud-est de la ce au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement. **Paléobiologie Continentale**, Montpellier, v. 4, p. 1-90, 1973.

VERNET, J.L. Les charbons de bois, les anciens écosystèmes et le rôle de l'homme. Actes du Colloque. **Bulletin de la Société Botanique de France**, Paris, v. 139, 725p, 1992.

VERNET, J.L.; THIÉBAULT, S. An approach to northwestern Mediterranean recent prehistoric vegetation and ecologic implications. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 14, p. 117-127, 1987.

VERÍSSIMO, A.; ROLLA, A.; VEDOVETO, M.; FUTADA, S.M. Áreas protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios. Belém: Imazon, 87 p., 2011.

VIANA, J.B. **Distribuição espacial de espécies madeireiras de interesse comercial manejadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá no Médio Solimões, Amazônia Central**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais e Ambientais). Faculdade de Ciências Agrárias, UFAM, Manaus. 116 p., 2013.

VIDOTTO, E.; PESSENDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A.; BENDASSOLLI, J.A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, p. 389-404, 2007.

VICTORIA, R.L.; FERNANDES, F.; MARTINELLI, L.A.; PICCOLO, M.C.; CAMARGO, P.B.; TRUMBORE, S. 1995. Past vegetation changes in the Brazilian Pantanal arboreal-grassy savanna ecotone by using carbon isotopes in the soil organic matter. **Global Change Biology**, Chicago, v. 1, p. 165-171, 1995.

WHEELER, E.A. Insidewood – A Web resource for hardwood anatomy. **IAWA Journal**, Salt Lake City, v. 32, p. 199–211, 2011.

WESTERN, C. Wood and charcoal in archaeology. In: BROTHWELL, D.; HIGGS, E. (Eds.) **Science in Archaeology. A comprehensive survey of progress and research**. Londres: Thames and Hudson. p. 150-162, 1963.

WILLCOX, G. Evidence for ancient forest cover and deforestation from charcoal analysis of ten archaeological sites on the Euphrates. In: THIÉBAULT, S. (Ed.). **Charcoal analysis: methodological approaches, palaeoecological results and wood uses**. Oxford : Archaeopress, p. 141-146, 2002.

WOODS, W.I.; DENEVAN, W. Discovery, study, and bibliography of Amazonian Dark Eaths, 1870s-1970s. In: HERLIHY, P.H.; REVELS, C.S. (Ed.). **Ethno and Historical Geographic Studies in Latin America: Essays Honoring William V. Davidson**. Baton Rouge: Geoscience Publications (Published in 2008). Cap.298, p. 283, 2006.

WOODS, W.I.; MCCANN, J.M. **The anthropogenic origin and persistence of Amazonian dark earths**. In: The Yearbook of the Conference of Latin American Geographers, Austin. University of Texas, 1999. p. 7-14.

ZEGOUAGH, Y.; S. DERENNE, S.; DIGNAC, M.F.; BARUIO, E.; MARIOTTI, A.; LARGEAU, C. Demineralisation of crop soil by mild hydrofluoric acid treatment: influence on organic matter composition and pyrolysis, **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 71, p. 119–135, 2004.

ANEXOS

Descrição anatômica de 100 carvões arqueológicos, remanescentes da cultura tapajônica, provenientes do Sítio PA-ST-32 (Sítio Porto Santarém), escavação 9, aos 94-104 cm de profundidade.

Fragmento 01 – Registro: #3718

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, médias (7-10 µm) e grandes (> 10 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme losangular e apotraqueal em linhas ou bandas terminais. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados composto por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 02 – Registro: #3844

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 3 – Registro: #4572

Identificação: Indeterminada – Possível Fabaceae. **Observação:** trata-se de um nó.

Fragmento 04 – Registro: #3845

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 05 – Registro: #3846

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 06 – Registro: #3719

Identificação: *Handroanthus* sp. (tipo 3) – Bignoniaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares semelhantes as intervasculares em tamanho e forma. **Parênquima axial:** paratraqueal aliforme. **Estrutura estratificada:** raios estratificados. **Raios:** 2-3 seriados composto por células procumbentes. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 07 – Registro: #3720

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 08 – Registro: #3721

Identificação: *Handroanthus* sp (tipo 5) - Bignoniaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares semelhantes as intervasculares em tamanho e forma. **Parênquima axial:** paratraqueal aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** raios estratificados. **Raios:** 2-3 seriados composto por células procumbentes com 1-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 9 – Registro: #3847

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 10 – Registro: #3848

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 11 – Registro: #3722**Identificação: *Lonchocarpus* sp. (tipo 6) – Fabaceae (Mimosoideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente tendendo formar faixas. **Estrutura estratificada:** raios estratificados. **Raios:** 2-3 seriados compostos exclusivamente por células procumbentes. **Observação:** presença de craquelamento.

Fragmento 12 – Registro: #3849**Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme losangular. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 13 – Registro: #3850**Identificação:** *Acacia sp.* – (tipo 4) Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de craquelamento.

Fragmento 14 – Registro: #3851**Identificação:** *Acacia sp.* – (tipo 4) Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 15 – Registro: #3843**Identificação:** *Acacia sp.* – (tipo 4) Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes

com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 16 – Registro: #3842

Identificação: *Acacia sp.* – (tipo 4) **Fabaceae (Mimosoideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal em bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 17 – Registro: #3852

Identificação: *Cassia sp.* (tipo 8) – **Fabaceae (Caesalpinioideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 18 – Registro: #3853

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – **Fabaceae (Mimosoideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma

(auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 19 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** vitrificação total dos tecidos e presença de fendas.

Fragmento 20 – Registro: #3854

Identificação: *Cassia sp.* (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 21 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** vitrificação total dos tecidos.

Fragmento 22 – Registro: #3855

Identificação: *Cassia sp.* (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos exclusivamente por células procumbentes. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 23 – Registro: #3856**Identificação:** *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente tendendo a formar faixas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 24 – Registro: #3858**Identificação:** *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 25 – Registro: #3857**Identificação:** *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura**

estratificada: ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 26 – Registro: #3859

Identificação: *Cassia sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas.

Fragmento 27 – Registro: #3860

Identificação: *Cassia sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de craquelamento.

Fragmento 28 – Registro: #3861

Identificação: *Cassia sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:**

paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas.

Observação: presença de vitrificação.

Fragmento 29 – Registro: #3862

Identificação: *Cassia* sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 30 – Registro: #3795

Identificação: *Hyeronyma* sp (tipo 10) - Euphorbiaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, arranjo diagonal ou radial, exclusivamente solitários (+ 90%). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas reduzidas e aparentemente simples). **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e em agregados. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 2-3 seriados composto por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 31 – Registro: #3796

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, médias (7-10 µm), guarnecidas. Pontuações

raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal em linhas ou faixas formando bandas estreitas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 32 – Registro: #3797

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervaskulares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal com bandas estreitas de até 3 células. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 6-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 33 – Registro: #3798

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervaskulares:** alternas, médias (7-10 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal com bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 6-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 34 – Registro: #3799

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico, aliforme confluyente e apotraqueal com bandas estreitas de até 3 células. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 35 – Registro: #3800

Identificação: *Cassia sp.* (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. .

Fragmento 36 – Registro: #3801

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio >200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, médias (7-10 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 37 – Registro: #3802

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio $>200\ \mu\text{m}$). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas ($3-7\ \mu\text{m}$), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação, de fusão de células e de craquelamento.

Fragmento 38 – Registro: #3803

Identificação: *Cassia* sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de $50-200\ \mu\text{m}$). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas ($4-7\ \mu\text{m}$), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de craquelamento.

Fragmento 39 – Registro: #3815

Identificação: *Diospyrus* sp (tipo 11) - Ebenaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio $<50\ \mu\text{m}$ e de $50-100\ \mu\text{m}$). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas ($4-7\ \mu\text{m}$), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas reduzidas e aparentemente simples). **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e em agregados e com bandas estreitas de até 3 células. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** exclusivamente unisseriados composto por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 40 – Registro: #3804

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio >200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (3-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 41 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** o fragmento corresponde a medula.

Fragmento 42 – Registro: #3805**Identificação: *Cassia* sp. (tipo 8) – Fabaceae (Caesalpinioideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e apotraquel em bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados compostos exclusivamente por células procumbentes. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 43 – Registro: #3806**Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)**

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). Presença de pontoações guarnecidas. **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme com confluência e apotraqueal em faixas com bandas espessas. **Estrutura estratificada:**

ausente. **Raios:** 3-5 seriados composto por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 44 – Registro: #3807

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100 a >200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente a apotraqueal formando bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 45 – Registro: #3808

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50- 200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente a apotraqueal formando bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de craquelamento.

Fragmento 46 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de nó.

Fragmento 47 – Registro: #3809

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (3-5 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 48 – Registro: #3810

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme losangular. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada marginal de células quadradas ou eretas. **Elementos secretores:** não observados. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 49 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** fragmento corresponde a medula.

Fragmento 50 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de nó.

Fragmento 51 – Registro: #3811

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-

vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas).

Parênquima axial: paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 52 – Registro: #3812

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontuações intervaskulares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 53 – Registro: #3813

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontuações intervaskulares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente e apotraqueal em bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 54– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 55– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 56 – Registro: #3914

Identificação: *Diospyrus* sp (tipo 12) - Ebenaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas reduzidas e aparentemente simples). **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e em agregados e com bandas estreitas de até 3 células. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** exclusivamente unisseriados composto por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 57– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 58 – Registro: #3816

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente e apotraqueal em bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 59– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 60– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 61 – Registro: #3817

Identificação: *Trema sp. (tipo 09) – Ulmaceae*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel escasso e apotraquel difuso e em agregados. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 2-3 seriados compostos por células procumbentes com uma camada marginal de células quadradas ou eretas. **Elementos secretores:** não observados. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 62 – Registro: #3818

Identificação: *Acacia sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente e apotraqueal em bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 63 – Registro: #3819

Identificação: *Acacia sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)*

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 64 – Registro: #3820

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 65 – Registro: #3821

Identificação: *Cassia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Caesalpinioideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico com confluência. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas marginais de células eretas ou quadradas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 66– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 67 – Registro: #3822

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 68 – Registro: #3823

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 69 – Registro: #3824

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma

(auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 70 – Registro: #3825

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 71 – Registro: #3826

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 72 – Registro: #3827

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples.

Pontoações intervasculares: alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 73 – Registro: #3828

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 74 – Registro: #3829

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 75 – Registro: #3830

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 76 – Registro: #3831

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 77 – Registro: #3832

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 78 – Registro: #3833**Identificação:** *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal em linhas ou faixas formando bandas estreitas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e de células colapsadas.

Fragmento 79 – Registro: #3834**Identificação:** *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 80 – Registro: #3835**Identificação:** *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente tendendo formar faixas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos

por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas.

Observação: presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 81 – Registro: #3836

Identificação: *Acacia sp.* – (tipo 4) Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarneçadas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 82 – Registro: #3837

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarneçadas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente tendendo a formar faixas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 83 – Registro: #3838

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarneçadas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma

(auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 84 – Registro: #3839

Identificação: *Acacia* sp. – (tipo 11) Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme com confluência e apotraqueal em faixas com bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados composto por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 85 – Registro: #3840

Identificação: *Acacia* sp. (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme com confluência e apotraqueal em faixas com bandas espessas. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 3-5 seriados composto por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 86 – Registro: #3841

Identificação: *Bertholetia* sp. (tipo 13) - Lecythidaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações**

intervasculares: alternas, pequenas (4-7 μm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas reduzidas e aparentemente simples). **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e em agregados. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** 1-3 seriados composto exclusivamente por células procumbentes. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 87– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 88 – Registro: #3863

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontuações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme losangular. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada marginal de células quadradas ou eretas. **Elementos secretores:** não observados. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 89 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 90 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 91 – Registro: #3864

Identificação: *Diospyrus sp* (tipo 12) - Ebenaceae

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 50-100 μm). Contorno

dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), não guarnecidas. Pontuações raio-vasculares maiores que as intervasculares (auréolas reduzidas e aparentemente simples). **Parênquima axial:** apotraqueal difuso e em agregados e com bandas estreitas de até 3 células. **Estrutura estratificada:** ausente. **Raios:** exclusivamente unisseriados composto por células procumbentes. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 92– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 93 – Registro: #3865

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervasculares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 6-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada marginal de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas.

Fragmento 94– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 95 – Registro: #3866

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 μm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontoações intervasculares:** alternas, pequenas (4-7 μm), guarnecidas.

Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel vasicêntrico e aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 6-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada marginal de células quadradas ou eretas. **Observação:** presença de vitrificação.

Fragmento 96 – Registro: #3867

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 11) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontuações intervaskulares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-10 seriados compostos por células procumbentes com uma camada de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e craquelamento.

Fragmento 97– Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.

Fragmento 98 – Registro: #3823

Identificação: *Acacia sp.* (tipo 4) – Fabaceae (Mimosoideae)

Camadas de crescimento: com limites ausentes ou indistintos. **Vasos:** difusos, dispersos, solitários e múltiplos (diâmetro tangencial médio de 100-200 µm). Contorno dos vasos solitários circular a oval. Placa de perfuração simples. **Pontuações intervaskulares:** alternas, pequenas (4-7 µm), guarnecidas. Pontuações raio-vasculares similares as intervaskulares em tamanho e forma (auréolas distintas). **Parênquima axial:** paratraquel aliforme confluyente e apotraqueal em linhas ou faixas formando bandas estreitas. **Estrutura estratificada:** ausentes. **Raios:** 3-5 seriados compostos por células procumbentes com 2-4 camadas de células quadradas ou eretas. **Variantes cambiais:** não observadas. **Observação:** presença de vitrificação e de craquelamento.

Fragmento 99 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** trata-se de uma semente carbonizada

Fragmento 100 – Registro: # (não cadastrado)

Identificação: Indeterminável. **Observação:** presença de vitrificação e fendas por retração.