

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
MUSEU DE ARQUEOLOGIA E ETNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUEOLOGIA

ARLYS NICOLÁS BATALLA CROSSA

Sinais antropogênicos em sítios abrigados areníticos e calcários no vale do Ribeira e na
bacia do rio Corumbataí, SP, Brasil: uma abordagem geoarqueológica

São Paulo

2023

ARLYS NICOLÁS BATALLA CROSSA

**Sinais antropogênicos em sítios abrigados areníticos e calcários no vale do Ribeira
e na bacia do rio Corumbataí, SP, Brasil: uma abordagem geoarqueológica**

Versão Corrigida

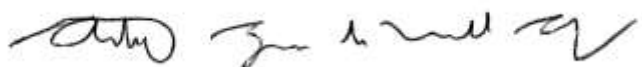
(A versão original encontra-se disponível na biblioteca do MAE-USP)

Tese apresentada ao Museu de Arqueologia e Etnologia
da Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Arqueologia.

Linha de Pesquisa: Arqueologia e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Astolfo Gomes de Mello Araujo

Coorientador: Prof. Dr. Casimiro Jaime Alfredo
Sepúlveda Munita



São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação integral ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação, MAE/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Batalla Crossa, Arlys Nicolás
Sinais antropogênicos em sítios abrigados areníticos e calcários no vale do Ribeira e na bacia do rio Corumbataí, SP, Brasil: uma abordagem geoarqueológica / Arlys Nicolás Batalla Crossa; orientador Astolfo Gomes de Mello Araujo; coorientador Casimiro Jaime Alfredo Sepúlveda Munita. -- São Paulo, 2023.
500 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Arqueologia) -- Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 2023.

1. Depósitos antropogênicos. 2. Abrigos. 3. Geoarqueologia. 4. Microarqueologia. 5. Sudeste do Brasil. I. Gomes de Mello Araujo, Astolfo, orient. II. Sepúlveda Munita, Casimiro Jaime Alfredo, coorient. III. Título.

Bibliotecária responsável:
Monica da Silva Amaral - CRB-8/7681

A quienes me ayudaron a creer que era posible

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa não teria sido possível sem o fundamental apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), através da concessão de Bolsa de Doutorado no País (Processo 2018/14293-3) e de Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE, Processo 2020/04283-0). Graças a esses incentivos eu consegui realizar pesquisa num dos momentos mais complicados na história recente do mundo. Agradeço também aos pareceristas que analisaram a minha proposta e consecutivos relatórios científicos.

Se o espírito de um doutorado for o de aprender, lendo, relendo, fazendo e cometendo milhares de erros, posso afirmar que aprendi muita coisa. Não foram poucos os apoios que recebi nesse trajeto, sobretudo, considerando o grande impacto que a pandemia da COVID-19 teve na realização das pesquisas.

Agradeço grandemente ao meu Orientador, o Prof. Astolfo Araujo. Foi ele quem, lá em 2017, me sugeriu as fascinantes problemáticas de pesquisa com as que hoje encerro esta Tese. Como eu sempre falo, espero ter estado à altura do desafio. Quero agradecer o seu apoio ao longo das tarefas de campo, aproveitando janelas da pandemia, e supervisão durante a pesquisa toda. Astolfo soube respeitar, com paciência, o meu senso de independência no desenvolvimento do trabalho, algo que eu valoro muito.

Gratidão enorme também sinto para o meu Coorientador, o Prof. Casimiro Munita do IPEN-CNEN/SP (Autarquia vinculada à USP). Ele me levou pelo caminho do trabalho rigoroso em laboratório e no processamento estatístico dos dados, estando sempre disponível quando os instrumentos assim o requeriam. Como Astolfo, ele também teve comigo uma paciência enorme, e por isso também lhe sou grato.

Outro grande agradecimento vai para o Prof. Charles French do Charles McBurney Laboratory for Geoarchaeology, da Universidade de Cambridge, no Reino Unido. Tendo eu chegado lá para fazer meu estágio BEPE em 2021, foi declarado, semanas depois, um *lockdown* nacional pelo avanço da COVID-19, onde apenas os supermercados ficaram abertos. Charly conseguiu acelerar os trâmites para meu acesso ao laboratório e fez com que a minha experiência lá fosse valiosa, me ajudando nas análises micromorfológicas. Além dele, agradeço ao Dr. Tonko Rajkovača, o Chefe Técnico do Laboratório, quem, com sua particular forma e paciência, me ensinou seu método de elaborar seções delgadas. Sou grato também com Mike Lewis, quem me ajudou com o FTIR.

Agradeço aos integrantes da Banca de Defesa de Doutorado, Profa. Dra. Mercedes Okumura (IB/USP), Prof. Dr. Paulo Giannini (IGc/USP), Prof. Dr. Francisco S. B. Ladeira (Unicamp) e Prof. Dr. Júlio C. Rubin de Rubin (PUC-Goiás) pelos comentários e críticas que me permitiram apreender muito e aprimorar a versão inicial deste trabalho. Os comentários da Banca de Qualificação, com presença do Prof. Giannini e da Profa. Ana Luisa V. Bitencourt (Unifesp-Diadema), foram também fundamentais para encaminhar esta Tese no rumo certo.

Sou grato também com a Profa. Dra. Mercedes Okumura por ter apoiado na realização do trabalho de campo no sítio Abrigo Maximiano.

Agradeço à Profa. Dra. Marília P. V. Amaral (MAE/USP) pela ajuda nos trabalhos de campo no sítio Abrigo Roncador e a contribuição no registro fotográfico. Nesse mesmo quesito, agradeço ao Sr. Tiço Ferreira, guia do PETAR, por ter nos levado até o inacessível Maximiano e pela ajuda no carregamento das milhares de amostras.

Agradeço à Profa. Dra. Ximena Villagran, do MAE/USP, pelo apoio fundamental na resposta das minhas dúvidas sobre micromorfologia de depósitos antropogênicos, em particular dos conchíferos, e pelo empréstimo de bibliografia.

O Dr. José Fontenelle foi de grande ajuda nas minhas dúvidas sobre os gastrópodes do Maximiano e no empréstimo de literatura, e a ele estendo o meu agradecimento.

Grato também sou ao Prof. Paulo Giannini e às Dras. Jordana Zampelli e Luciana Nogueira pela ajuda no começo dos pré-tratamentos para análise granulométrica no LabSed (IGC/USP).

Aos técnicos e especialistas do Laboratório de Caracterização Tecnológica da POLI/USP, em especial ao Dr. Guilherme Nery, à Dra. Gislayne Kelmer e à Dra. Liz Zanchetta, por seu apoio durante todas as análises lá realizadas. No mesmo intuito, agradeço aos técnicos e funcionários do Laboratório de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (LSO/ESALQ) pela realização das análises.

Aos meus colegas e amigos do IPEN, lugar onde eu estive muitas horas deste doutorado: Joanna Barros, Angislaine Costa, Rogério Bária e André Nogueira, eles me ensinaram desde como encher um invólucro com pouquíssimo sedimento até como usar uma função para fazer facilmente a LDA. Lembrarei sempre as nossas conversas nerds sobre química, arqueologia e a vida geral. Aproveito também para agradecer aos funcionários e técnicos do IPEN que fazem dia a dia funcionar o reator de pesquisas.

Aos meus colegas e amigos do MAE/USP, em especial àqueles com os que tive a maravilhosa oportunidade de discutir sobre arqueologia, geoarqueologia e a vida:

Rodrigo Ángeles e Samara Konno, Guilherme Alarsa, Kelly Brandão, Letícia Correa, Tiago Kater, Laura Furquim, Nina Hochreitter, Viviana Lo Monaco, Maurício Silva, Hugo Tavares. Também agradeço aos colegas do LEVOC, alguns deles já mencionados e, em especial, a Glauco Constantino.

Aos funcionários do MAE/USP pelo apoio nas atividades lá desenvolvidas.

Aos amigos do meu querido país, muitos deles espalhados pelo mundo. Um agradecimento especial vai para o meu meio-irmão Richard Detomasi, que muitos anos atrás me insistia na importância de aprender linguagens de programação. Precisava de um solitário *lockdown* na Inglaterra para eu seguir seus conselhos.

À minha família, que está longe, mas nunca se afasta. Nesse “interim” do doutorado, houve momentos difíceis na pandemia, gostaria de ter estado lá com vocês. Também nasceram minhas duas sobrinhas, que trazem renovada inspiração. Meus pais, mesmo sem entender muitas vezes, e sem uma economia forte, sempre me apoiaram neste caminho louco que começou há muitos anos. *Les agradezco de todo corazón, ¡vamo' arriba!*

Aos meus gatos, Freyja e Odin, por terem sido verdadeiros companheiros de manhãs, tardes e noites de escrita pandêmica e pós-pandêmica.

E um enorme *last but not least* vai para Jen, minha esposa. Seriam poucas as palavras para agradecer as inúmeras horas de conversa sobre pesquisa, cultura, ambiente, futuro e milhares de temas que, sem dúvida, me alimentaram e me fizeram crescer. A paciência, o apoio nas horas difíceis, a constante companhia de perto e de longe, quando estava na sua terra, o estímulo para sair das minhas próprias cavernas, os conselhos advindos de outras academias e outros mundos, enfim...*Love you lots.*

RESUMO

Batalla N. Sinais antropogênicos em sítios abrigados areníticos e calcários no vale do Ribeira e na bacia do rio Corumbataí, SP, Brasil: uma abordagem geoarqueológica [tese]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2023.

Ocupações humanas em abrigos e cavernas têm chamado a atenção da arqueologia desde os inícios da disciplina. O seu usual potencial de preservação tem feito com que os substratos dos sítios abrigados constituam verdadeiros arquivos da antropogênese. A presente pesquisa de Doutorado aborda as relações entre seres humanos e substrato por meio de uma aproximação geoarqueológica aos processos de formação dos depósitos de três sítios arqueológicos em abrigo sob rocha situados na Região Sudeste do Brasil. A proposta é dividida em dois estudos de caso. No Estudo de caso 1, os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador, formados no arenito da Formação Botucatu na porção norte da bacia do rio Corumbataí, região centro-leste do Estado de São Paulo, com ocupações que recuam até o Holoceno Médio e Tardio (respectivamente, entre ca. 7.505 e 933 cal AP e ca. 4.403 e 3.881 cal AP), são comparados, com o intuito de desvendar potenciais sinais antropogênicos e processos pós-deposicionais por trás da preservação diferencial de restos ósseos. No Estudo de caso 2, o sítio Abrigo Maximiano, formado em rocha metacalcária do Grupo Açungui no setor médio do vale do rio Ribeira de Iguape, região sul do Estado de São Paulo, com ocupações que vão do Holoceno Inferior ao Médio (entre ca. 11.712 e 6.796 cal AP), é estudado em si mesmo para determinar as atividades humanas que deram origem aos seus depósitos, que incluem camadas ricas em materiais queimados e ricas em conchas de gastrópodes. Os métodos foram ajustados às particularidades dos contextos, consistindo em amostragem de sedimento solto e de blocos intactos em campo, micromorfologia arqueológica, detecção e contagem de cristais de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio (“cinzas calcíticas”), granulometria, análise de elementos majoritários e óxidos, análise por ativação com nêutrons instrumental (INAA), microscopia eletrônica de varredura (SEM/EDS), e espectroscopia FTIR. Os resultados indicam, para o Estudo de caso 1, um aporte geogênico sob a forma do atrito da rocha-mãe, que tem seu sinal de base regional no sítio Abrigo Roncador e na parte interna do sítio Abrigo do Alvo, que foi afetado por contribuições deposicionais antropogênicas unicamente no segundo. Processos pós-deposicionais, que incluem a remoção e migração dos materiais finos pelo intenso regime hidráulico e uma forte bioturbação, apontam para o baixo potencial de preservação de restos ósseos do Roncador. Os resultados do Estudo de caso 2 indicam o caráter antropogênico dos depósitos do sítio Abrigo Maximiano, com evidentes atividades de jogado de conchas em misturas retrabalhadas, de lançamento de conchas inteiras e fragmentos em camadas de distribuição sub-horizontal, estruturas de combustão primárias e jogado/varrido de materiais derivados da combustão no setor interno do sítio. Padrões deposicionais e cronologia semelhantes aos presentes nos sambaquis fluviais do vale do rio Ribeira de Iguape, permitem considerar o abrigo como parte do mesmo fenômeno arqueológico.

Palavras-chave: Depósitos antropogênicos. Abrigos. Geoarqueologia. Microarqueologia. Sudeste do Brasil.

ABSTRACT

Batalla N. Anthropogenic signals in sandstone and calcareous rockshelter archaeological sites in the Ribeira de Iguape valley and the Corumbataí river basin, SP, Brazil: A geoarchaeological approach [thesis]. São Paulo (Brazil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2023.

Human occupations in rockshelters and caves have called the attention of archaeologists since the beginnings of the discipline. Their frequently high preservation potential means that the substrates of sheltered sites constitute true archives of anthropogenesis. The present doctoral research addresses the relationships between human beings and substrates through a geoarchaeological approximation of the formation processes of deposits from three rockshelter sites located in southeastern Brazil. The proposal is divided into two case studies. In Case study 1, the Abrigo do Alvo and Abrigo Roncador sites, formed in sandstone belonging to Botucatu Formation, in the northern part of the Corumbataí river basin, center-east of São Paulo state, which have occupations dating back to the Middle Holocene (respectively, between 7,284 to 7,505 cal. BP and 4,088 to 4,403 cal. BP), are compared with the aim of revealing potential anthropogenic signatures and post-depositional processes behind the differential preservation of bone remains. In Case study 2, the Abrigo Maximiano site, formed in metacarbonate rock of the Açungui Group, in the middle portion of the Ribeira de Iguape river valley, in the south of São Paulo state, with occupations that range from the Early to Middle Holocene (11,712 to 6,796 cal. BP), is studied on its own to determine the human activities behind its deposits, which include layers rich in burned materials and gastropod shells. The methods were adjusted to the particularity of the contexts and consist of sediment sampling in bulk and in intact blocks in the field, archaeological micromorphology, detection and counting of calcite pseudomorphs after calcium oxalate crystals ("ash pseudomorphs"), granulometry, major elements analysis, neutron activation analysis (INAA), scanning electron microscopy (SEM), and FTIR spectroscopy. The results indicate, for Case study 1, a geogenic contribution from the erosion of the bedrock, which has its regional base signal in the Abrigo Roncador site and the internal part of the Abrigo do Alvo site, which was affected by anthropogenic depositional contributions in only the second case. Post-depositional processes, which include the removal and migration of fine materials by an intense hydrological regime and bioturbation, point to the low preservation potential of bone remains in Abrigo Roncador. Results from Case study 2 indicate the anthropogenic character of the deposits from Abrigo Maximiano, with recognised activities including the dumping of shells in reworked mixes, the tossing of entire and fragmented shells in sub-horizontally distributed layers, primary combustion features, and dumping/sweeping of combustion-derived materials in the internal sector of the site. Depositional patterns and similar chronologies to those present in fluvial sambaquis in the Ribeira de Iguape river valley permit us to consider the rockshelter as part of the same archaeological phenomenon.

Keywords: Anthropogenic deposits. Rockshelter settings. Geoarchaeology. Microarchaeology. Southeastern Brazil.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização das regiões estudadas na América do Sul (esquerda), com destaque para os biomas, e inserção dos três sítios no Estado de São Paulo (SP) nas bacias do rio Corumbataí e do rio Ribeira de Iguape (direita), e nas respectivas litologias com reportada ocorrência de cavernas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em IBGE (2004, 2020), CEAPLA (2010), SIG-RB (2010) e CECAV (2018). Projeção UTM, datum SIRGAS 2000. 25
- Figura 2 – Inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na bacia do rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Castro (2000) e Kolya (2019, Figura 18). Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000. ... 54
- Figura 3 – Mapa geológico com inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na sub-bacia do alto rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em CEAPLA (2010) e CPRM (1979). Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000. 58
- Figura 4 - Mapa pedológico com inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na sub-bacia do alto rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Rossi (2017, p. 64-65), Folha Campinas SF-23-Y-A. Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000. 61
- Figura 5 – O sítio Abrigo do Alvo na paisagem. O sítio se insere no *front* do planalto arenítico da Serra Grande (a, indicado com a seta vermelha), num setor de mata fechada (b, indicado com a seta vermelha). Na base do paredão encontra-se o abrigo (c), que apresenta painéis rupestres com diversos motivos circulares, puntiformes, lineares, entre outros (c, indicado com retângulo amarelo; d, ampliação do retângulo amarelo). Fotos: Nina Hochreitter. 77
- Figura 6 – Seção esquemática do sítio Abrigo do Alvo com detalhe de matacão desprendido do teto (a), e planta com localização das quadras escavadas em 2012 e ponto de coleta de amostra de colúvio (b), indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Araujo (2012, Figura 51). 79
- Figura 7 – Escavações arqueológicas no sítio Abrigo do Alvo em 2012. Em vista desde o N (a), o setor próximo ao paredão (fundo) e a quadra G12 (frente) são intervindos. Em vista desde o S (b), as quadras que fazem parte da trincheira que conecta G12 até J12 são escavadas. Fotos: Astolfo G. M. Araujo e equipe. 80
- Figura 8 – O sítio Abrigo Roncador na paisagem. O sítio se insere no *front* do planalto arenítico da Serra do Cusuzeiro (a, indicado com a seta vermelha), num patamar coberto por vegetação (b, indicado com linha tracejada amarela e seta vermelha). A inclinação do paredão define o abrigo, visto desde o NW (c) e desde o E (d). Fotos: Nicolás Batalla (a, c, d) e Astolfo G. M. Araujo e equipe (b). 86
- Figura 9 – Seção esquemática do sítio Abrigo Roncador (a), indicando o patamar superior (escavado) e inferior, e planta com localização das quadras escavadas em 1982 e da quadra C10 escavada em 2017 (b), indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Na quadra C10 destaca-se, em vermelho, a seção estudada nesta pesquisa. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Collet (1982) e dados topográficos de campo. 87
- Figura 10 – Escavação arqueológica no sítio Abrigo Roncador em 2017. Em vista desde o NW (a), a quadra C10 sendo escavada. Em vista desde o E, destaque dos blocos de arenito, provavelmente caídos do teto, na planta do Nível 4 da quadra C10. Fotos: Astolfo G. M. Araujo e equipe. 90
- Figura 11 - Inserção do sítio Abrigo Maximiano na bacia do rio Ribeira de Iguape, dentro do PETAR. São indicados os principais sítios arqueológicos destacados no texto, tanto em cavernas (1) (Fundação Florestal, 2018, p. 458-462), quanto os sambaquis fluviais das áreas de Itaóca (2 – 8), Jacupiranguinha/Cajati (9 – 14) e Juquiá (15 – 18) (Figuti; Plens; De Blasis, 2013), e sambaquis costeiros (19 – 22) (Calippo, 2010). Elaborado por Nicolás Batalla com base em diferentes arquivos do SIG-RB (2010). Projeção UTM, datum SIRGAS 2000. 95
- Figura 12 – Mapa geológico com inserção do sítio Abrigo Maximiano no setor central do PETAR. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Fundação Florestal (2018a, Figura 18). Projeção UTM (fuso 22K), datum SIRGAS 2000. 97
- Figura 13 – Carste Caboclos - Casa de Pedra (adaptado de Fundação Florestal, 2018a, Figura 38). 102
- Figura 14 – Mapa pedológico com inserção do sítio Abrigo Maximiano no setor central do PETAR. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Rossi e Neto (2010). Projeção UTM (fuso 22K), datum SIRGAS 2000. 104
- Figura 15 - O sítio Abrigo Maximiano na paisagem. O rio Iporanga (a), afluente do rio Ribeira de Iguape, corta o Carste Caboclos - Casa de Pedra do PETAR no seu setor sul. O paredão (meta)calcário do setor sul do carste define o teto inclinado do sítio Abrigo Maximiano, visto desde o nordeste (b), com destaque do Corte/Sondagem III na frente, e desde o sudoeste (d). Note-se a densa mata onde se insere o sítio. Fotos: Nicolás Batalla. 125
- Figura 16 – Seção esquemática do sítio Abrigo Maximiano (a) destacando em cor cinza a base não escavada, e planta do sítio Abrigo Maximiano (b) com localização das quadras escavadas em 1978, e das que tiveram seções retificadas e plantas aprofundadas em 2015 e 2016, indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Em vermelho, destacam-se os números das quadras analisadas nesta pesquisa com a nomenclatura de Araujo (2016a). Manteve-se a terminologia adotada pela equipe coordenada pelo Prof. Araujo, que denominou os “Cortes” (setores de

escavação) como “Sondagens”, inclusive para a unidade de origem desconhecida (Sondagem V). Elaborado por Nicolás Batalla com base em Collet (1978c), mapa topográfico de Felizardo (2017) e observações de campo. 127

Figura 17 – Escavações arqueológicas no sítio Abrigo Maximiano em 2016. Em vista desde o oeste (a), trabalho de registro durante o aprofundamento do Corte/Sondagem II (indicado com seta vermelha). Em vista desde o leste, a quadra 114/111 (quadra E de Collet) do Corte/Sondagem II é aprofundada. Em vista desde o sul, a quadra 120/107 (quadra D de Collet) do Corte/Sondagem I Sul, na porção mais externa ao abrigo, é aprofundada. Fotos: Felizardo (2017, Figura 57) (a) e Astolfo G. M. e equipe (b, c)..... 131

Figura 18 – Formação das cinzas calcíticas da madeira e da casca do tronco das plantas, a partir de cristais de oxalato de cálcio submetidos à queima. Os números indicam faixas de temperatura reportadas para cada reação; as elipses laranja indicam subprodutos na sequência química; destacam-se na base, além do produto principal em cada caminho (calcita), as características observáveis das cinzas ao microscópio petrográfico, segundo Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 572-575). 1. Reportado por Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 571); 2. Reportado por Brochier e Thionon (2003, p. 1212); 3. Reportado por Brochier (1983, p. 187); 4. Reportado por Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 571); 5. Reportado por Weiner (2010, p. 170) e Karkanis (2021). Diagrama realizado pelo autor com base em dados aportados por Brochier (1983); Brochier e Thionon (2003); Canti (2003); Canti e Brochier (2017); Shahack-Gross e Ayalon (2013); Weiner (2010) e Karkanis (2021)..... 162

Figura 19 – Cascata de reações diagenéticas dos sítios abrigados. A fração mineral dos ossos, HAp, e a calcita das cinzas da queima das plantas (retângulo aberto superior direito) apresentam estabilidade semelhante, sob pH de mais de 8. O retângulo verde indica a janela de recristalização de Berna, Matthews e Weiner (2004), onde a HAp começa ser dissolvida e re-precipitada como uma forma mais estável, a hidroxiapatita carbonatada autigênica. O fosfato liberado em solução a partir da degradação do guano (elipse amarela superior esquerda) acidifica o meio sedimentar, induzindo a formação desse mineral. Com um *input* crescente de fosfatos em solução ao longo do tempo (elipse amarela e seta à direita), o pH fica mais ácido (abaixo de 7), levando à dissolução e formação de outros minerais fosfáticos (retângulos abertos à esquerda). A estabilidade de cada mineral aumenta com um teor maior de elementos específicos (elipses amarelas no extremo esquerdo). Diagrama realizado pelo autor com base em dados aportados por Berna, Matthews e Weiner (2004); Karkanis (2010); Karkanis et al. (2000, 2002); Schiegl et al. (1996); e Weiner et al (1993)..... 168

Figura 20 – Relação esquemática entre unidades de planta (UP) reconhecidas em campo e unidades estratigráficas (U) identificadas em seção vertical no sítio Abrigo do Alvo. Cada UP escavada em cada nível arbitrário de 10 cm (“Nível 1”, “Nível 2”, etc.) em cada quadra teve sua profundidade e seus atributos texturais e outros comparados com as mesmas UP reconhecidas nos níveis inferiores, para determinar sua relação com U específicas. A comparação com UP escavadas em quadras contíguas permitiu a determinação da continuidade lateral das U. 180

Figura 21 – Representação esquemática da análise de microfácies (mF) e de tipos de microfácies (tipo mF) no sítio Abrigo Maximiano. À esquerda, as mF1 e mF2 são, respectivamente, em seção delgada, as variações meso e microscópicas das F1 e F2 observadas na seção (macro)estratigráfica. À direita, em outra seção vertical do sítio, além das F1 e F2 e suas respectivas mF, observa-se uma fácies diferente, a F5, com duas subdivisões da mF5, uma delas não observada na escala macroscópica. No agrupamento de tipos de mF, no centro, os dois primeiros correspondem com as primeiras duas mF identificadas no sítio, mas os subtipos mF8a e mF8b têm uma numeração diferente da F e mF que caracterizam, pois a sequência de tipos foi numerada em outra parte do sítio antes de chegar na seção da direita. 186

Figura 22 – Preparação de amostra para irradiação. Uma fração do pó é inserida num invólucro de polietileno e pesada (a), envolta em alumínio (b), e depois arranjada com outras amostras (c, esquerda) dentro de um invólucro cilíndrico de alumínio (“coelho”) (c, direita; d). Fotos: Nicolás Batalla. 202

Figura 23 – Desenho da seção estratigráfica (superior) transversal e fotografias disponíveis (inferiores) do sítio Abrigo do Alvo, com destaque para a seção N das quadras G12, H12, I12 e J12. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 8. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe..... 210

Figura 24 - Amostragem do colúvio no sítio Abrigo do Alvo. A seta amarela indica o ponto de coleta, no material coluvionar que desce na porção norte do abrigo. O retângulo amarelo destaca a localização da trincheira que liga as quadras G12 até J12. Vista desde o S. Foto: Astolfo G. M. Araujo e equipe. 211

Figura 25 – Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das principais plantas escavadas na quadra G12, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D2” no Nível 2 indica a segunda decapagem desse nível. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe. . 214

Figura 26 – Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas escavadas nas quadras contíguas H12 e I12, em cotas semelhantes, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe e de Nina Hochreitter (foto de planta I12/Nível 2)..... 215

Figura 27 – Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das plantas inferiores escavadas na quadra I12, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Nina Hochreitter. 216

Figura 28 - Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas superiores escavadas na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	217
Figura 29 - Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas inferiores escavadas na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D1” nos níveis 5 e 6 indica a primeira decapagem desses níveis. “Desb.” no Nível 7 indica desbarrancamento. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	218
Figura 30 - Desenho esquemático (a, esquerda) e fotografia (a, direita) da última planta escavada na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. Note-se os blocos visíveis nas seções N e E que formam uma “armadilha” sedimentar e um “degrau” na rocha da base do abrigo visível nas plantas das quadras I12 e J12 (b). Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe (foto de planta a, direita) e de Nina Hochreitter (foto das plantas em b).	219
Figura 31 – Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados no sítio Abrigo do Alvo. Na amostra CSQB11 (U15), exemplo de um grão geminado (<i>twinned</i>), em PPL (a, seta preta) e XPL (b, seta amarela). Aparecem grãos também na amostra CSQB19 (U3), neste caso um rômboico embaixo de uma bolha de ar de laminação, em PPL (c) e XPL (d). Por fim, são também encontrados na amostra CSQB34 (U6), em PPL (e, seta preta) e XPL (f, seta amarela).	221
Figura 32 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas das quadras interiores (G12 e H12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se o caráter basicamente unimodal da distribuição na faixa areia fina para todas as unidades estratigráficas interiores, com um incremento marcado no silte na CSQB35, U7.	224
Figura 33 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas superiores das quadras exteriores (I12 e J12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Apesar da notória moda predominante na areia fina para todas as amostras, há também marcadas diferenças. Note-se a presença de mais uma moda na faixa silte médio/grosso na parte mais interna da U3 (CSQB13, na quadra I12) que não está presente na porção externa (CSQB19, na quadra J12), e um aumento nas faixas silte da U4 com exceção de uma amostra (CSQB20, na quadra J12).	225
Figura 34 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas intermédias das quadras exteriores (I12 e J12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a leve bimodalidade da U6 nas faixas areia fina e silte médio/grosso e o caráter maiormente unimodal da U8b, com um aumento na proporção de areia fina respeito dos pelíticos.	226
Figura 35 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas inferiores da quadra J12 do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a unimodalidade generalizada na faixa areia fina, com uma moda destacada no silte na U11 e U12a (amostra CSQB29).	227
Figura 36 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica do sítio Abrigo do Alvo (N = 27) com a amostra de colúvio (CSQB76, destacada em vermelho). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se, como principal diferença, a ausência de uma moda nas frações do silte para a amostra de colúvio, que sim está presente na maioria das amostras do sedimento arqueológico.	228
Figura 37 – Seção estratigráfica esquemática N das quadras G12, I12 e J12 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 1), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), artefatos líticos, carvão, ossos, COS, P disponível e LOI 950°C.	229
Figura 38 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W).	233
Figura 39 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo, em termos de P disponível (a), Ca ²⁺ (b), Mg ²⁺ (c) e K ⁺ (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W).	237
Figura 40 – Dispersão dos elementos majoritários P ₂ O ₅ (a) e CaO (b) em relação ao SiO ₂ em algumas (N = 17) amostras do sítio Abrigo do Alvo, segundo unidades estratigráficas das quadras G12 e J12 e do colúvio.	238

Figura 41 - Dispersão do elemento majoritário MgO em relação ao SiO ₂ em algumas (N = 17) amostras do sítio Abrigo do Alvo, segundo unidades estratigráficas das quadras G12 e J12 e do colúvio.	239
Figura 42 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo do Alvo, segundo amostras das quadras e amostra do colúvio.....	242
Figura 43 – Grupos (<i>clusters</i>) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo do Alvo e colúvio obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. Col = Colúvio.	243
Figura 44 – Espectros FTIR das unidades estratigráficas U7 (amostra ocasional CSQB35), U8a, U8b, U3, U6 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo. Na U7, quadra G12, nota-se a presença de argilominerais (3691, 3650, 3620, 3446, 1029, 526, 463 cm ⁻¹), também indicada (mesmo que não marcada) pela banda de deformação das OH ao redor de 915 cm ⁻¹ , quartzo (duplet em 781 cm ⁻¹ , banda 693 cm ⁻¹), possíveis fases amorfas da sílica (banda larga ao redor 1080 cm ⁻¹) e ácidos húmicos (duplet em 1616 cm ⁻¹). Na subjacente U8a, notam-se os mesmos componentes, com maior presença de quartzo e possível presença de opala (1108 cm ⁻¹). Maior presença de quartzo é notória na U8b. Na U3, o sumiço dos picos dos argilominerais na região das OH, a virada do pico 1030 cm ⁻¹ da argila para 1076 cm ⁻¹ , e a prática ausência do pico ao redor 530 cm ⁻¹ , assinalam alteração térmica. Na U6 há os mesmos componentes básicos com maior presença de argila, algo observado também no colúvio.	248
Figura 45 - Desenho (a, esquerda) e fotografia (a, direita) da seção estratigráfica NE da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. Indicam-se amostras coletadas e as idades radiocarbônicas calibradas. Mosaico fotográfico da seção conforme vista em 2017 (b), com destaque para unidades estratigráficas e blocos indeformados coletados. Ver descrição na Tabela 11. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Nicolás Batalla (a, direita) e de Astolfo G. M. Araujo e equipe (b).	249
Figura 46 - Amostragem externa ao sítio Abrigo Roncador. A primeira coleta (a, seta laranja 1) foi realizada no colúvio a 25 m a E do abrigo (a, seta vermelha), no patamar onde se assenta o sítio (a, linha tracejada amarela). O material coluvionar (b, seta laranja), foi amostrado abaixo da serrapilheira e dos blocos e matacões soltos (c-d). A segunda coleta (a, seta laranja 2) foi feita na superfície do solo a 30 m do abrigo, no sopé da encosta (e).	251
Figura 47 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas superiores escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	253
Figura 48 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas intermédias escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	254
Figura 49 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas inferiores escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D1” no nível 7 indica a primeira decapagem desse nível. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	255
Figura 50 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas escavadas na base da quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.	256
Figura 51 – Seção delgada 1 da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. O escaneio (a) em PPL (direita) e XPL (esquerda) permite ver a presença de basicamente areia e tecidos vegetais. A seção anotada (b) indica a única fábrica presente, transição entre as U e retângulos onde foram tiradas as fotomicrografias. Uma microestrutura de grãos de quartzo interligados em distribuição relacionada g/f gefúrica convexa a quitônica, com frequentes excrementos de MO polimórfica e revestimentos de MO monomórfica, é observada em PPL (c) e XPL (d). Raízes e outros tecidos vegetais destacam na fração grossa (e, PPL). A MO polimórfica forma agregados maiores (f, PPL) com grãos minerais, internamente porfíricos (g, em PPL; h, em XPL).	260
Figura 52 – Seções delgadas 2 e 3 da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. O escaneio da seção 2 (a), em XPL (direita) e PPL (esquerda), embora se trate de uma seção mais espessa do que 30 μm, permite ver a presença de fragmentos angulosos de arenito e carvão em meio à areia e presença de vesículas e canais. A seção anotada (b) destaca a presença da fábrica única apesar da transição entre U e as micrografias. Os grãos de quartzo se desprendem dos clastos de arenito (c, PPL) para formar a matriz do depósito. O carvão (d, PPL) apresenta-se degradado, com bordas arredondadas. O escaneio da seção 3 (e), em XPL (direita) e PPL (esquerda) permite ver a maior porosidade da sequência, com alguns canais preenchidos (marcas de passagem) e carvão. A seção anotada (f) apresenta o mesmo cenário de fábrica única. Revestimentos de MO são visíveis na borda do fragmento de arenito (g, PPL). Tanto o aspecto mais poroso (h, PPL) quanto a presença de excrementos e de agregados de MO polimórfica de menor tamanho (i, em PPL, j, em XPL) são característicos desta fábrica (Fb3).	261
Figura 53 – Componentes destacados na Fb1 do sítio Abrigo Roncador. Tecido vegetal e fitólito alongado (Ft) revestido por MO, e observado em PPL (a) e XPL (b). Outro tecido, neste caso de raiz, é observado em PPL (c) e XPL (d), recoberto por um manto de micorriza, e com destaque para a presença de excrementos (Exc.) frescos internos. Por fim, um revestimento orgânico em torno de um grão de quartzo em PPL (e) apresenta baixas quantidades de argila com silte húmico em XPL (f).	262

Figura 54 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a alta homogeneidade nas distribuições, com uma moda na areia média ou na transição areia fina/média. Um leve aumento nas faixas do silte, com uma moda na base da U3 e no topo da U4 é aparente nas amostras CSQB69 e CSQB70.	265
Figura 55 - Comparação das curvas de distribuição granulométrica do sítio Abrigo Roncador (N = 9) com a amostra de colúvio (CSQB73, destacada em azul) e amostra de solo local (CSQB74, destacada em vermelho). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a moda na fração areia fina no colúvio, diferente da moda principal na areia média das amostras do sedimento arqueológico. O solo aparenta ter uma maior semelhança com as amostras do abrigo, tanto na moda principal quanto na presença de uma leve moda na fração silte.	266
Figura 56 – Seção estratigráfica esquemática NE da quadra C10 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 2), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), artefatos líticos, carvão, COS, P disponível e LOI 950°C. A cruz (X) indica ausência de amostra.	267
Figura 57 – Dispersão dos dados do sítio Abrigo Roncador, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio e a linha azul, os teores da amostra de solo local.	270
Figura 58 – Dispersão dos dados do sítio Abrigo Roncador, em termos de P disponível (a), K ⁺ (b) e Al ³⁺ (c). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio e a linha azul, os teores da amostra de solo local.	273
Figura 59 - Dispersão do elemento extraível P disponível em relação ao SiO ₂ em amostras do sítio Abrigo Roncador e externas (N = 11), segundo unidades estratigráficas da quadra C10, do colúvio e do solo local.	274
Figura 60 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo Roncador, segundo amostras coletadas no abrigo (quadra C10), amostra do colúvio e amostra de solo local.	276
Figura 61 – Grupos (<i>clusters</i>) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo Roncador, colúvio e solo local obtidos no dendrograma hierárquico. Col = Colúvio.	277
Figura 62 – Espectros FTIR das unidades estratigráficas U1, U3 e U4 do sítio Abrigo Roncador. No topo da quadra C10 (U1) nota-se a presença predominante de quartzo (bandas 1109, duplet ao redor 780 cm ⁻¹ , banda 694 cm ⁻¹), em menor medida argilominerais (3698, 3621, 3423, 522 cm ⁻¹), matéria orgânica genérica (duplet ao redor 2923 cm ⁻¹) e ácidos húmicos (1614 cm ⁻¹). Note-se a banda larga ao redor do 1109 cm ⁻¹ , que indica a presença de fases amorfas de sílica. A composição é a mesma na U3 e U4, com exceção de uma banda menos larga na região do estiramento Si – O (ao redor 1080 cm ⁻¹) e o maior predomínio do quartzo.	280
Figura 63 - Desenho (esquerda) e fotografia (direita) da seção estratigráfica S da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.	283
Figura 64 – Mosaico fotográfico das seções verticais E (esquerda) e S (direita), com destaque para as fácies e os blocos C e D, da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. Fotos: Astolfo Araujo e equipe.	284
Figura 65 - Desenho (superior) e fotografia (inferior) da seção estratigráfica N da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. Indica-se idade radiocarbônica calibrada. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo do autor e fotografias de Astolfo Araujo e equipe.	285
Figura 66 - Desenho (esquerda) e fotografia (direita) da seção estratigráfica W da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.	286
Figura 67 - Mosaico fotográfico das seções verticais W (esquerda) e N (direita), com destaque para as fácies e os blocos coletados, da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Notar as conchas inteiras de gastrópodes na F11. Fotos: Astolfo Araujo e equipe.	287
Figura 68 - Desenho, fotografia e detalhe fotográfico de sequência estratificada F15 (direita) na seção estratigráfica E da SV do sítio Abrigo Maximiano. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.	288
Figura 69 - Amostragem do solo próximo ao sítio Abrigo Maximiano. A seta vermelha indica a localização do ponto de coleta, em meio à mata a oeste do abrigo. O retângulo amarelo destaca a localização da Sondagem V. Vista desde o sudeste. Foto: Astolfo G. M. Araujo e equipe.	289
Figura 70 – Seções delgadas C e D da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção C (a) em PPL (esquerda) e XPL (direita) permite ver um fundo matricial rico em quartzo, carvões e com ossos. A seção anotada (b) destaca dois tipos de mF, com destaque para a lente de argila tipo mF2. A microestrutura (c: em PPL; d: em XPL) é formada por grumos porosos e grânulos de micrita onde são reconhecidas cinzas de calcita, com quartzo e fragmentos	

de concha, alguns deles queimados (C. queimada). Agregados de argila rubificada compõem a mF2 (e: em PPL; f: em XPL; g: em OIL). O escaneio da seção D (h) em XPL (esquerda) e PPL (direita) evidencia um aspecto semelhante com o subtipo mF1b (i), também rico em carvão, embora com presença de fissuras. Destacam-se agregados de cinzas cimentadas (j, PPL) com cavidades e carvão. Este faz parte importante da fração grossa (k, PPL) em meio às fissuras, compondo o fundo matricial com outros materiais derivados/submetidos à queima como cinzas e ossos (l: em PPL; m: em XPL)..... 295

Figura 71 – Seção delgada E da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção em campo escuro (a) destaca a lente de cinzas cimentadas no centro, com fragmentos de concha, uma superfície mais escura impregnada com Fe, indicada com linha pontilhada, e carvão na base. Em XPL (esquerda) e PPL (direita) destacam os agregados na direita, provavelmente desprendidos da mF2 na amostragem, e a presença de cinzas articuladas na lente (b). A relação de tipos de microfácies é apresentada em (c), enquanto em (d, PPL) e (e, PPL) são mostradas as microestruturas dos tipos mF3 e 4a. Notar, em (e), a presença de um fragmento de concha perpendicular à superfície, no topo da lente, preenchendo uma de várias reentrâncias. Pedes laminares ocorrem nesse topo (f, XPL) e, mais abaixo na lente, observam-se cinzas articuladas (g, XPL). Por fim, uma camada lenticular ondulante de carvão dissolvido (h, XPL) está na base da lente de cinzas cimentadas (Cc)..... 296

Figura 72 - Seções delgadas A e B da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. A foto do bloco impregnado A (a) e o escaneio da respectiva seção (b) em PPL (esquerda) e XPL (direita) permitem ver o caráter melânico, orgânico, com poucos fragmentos de concha e canais preenchidos por excrementos de mesofauna. Um aspecto mais granular permite distinguir o tipo mF6 do tipo mF7a (seção anotada, c), esta última apresentando agregados mais densos (transição em d, em PPL). O escaneio em campo escuro da seção B (f) destaca os comuns fragmentos de concha, lítico, agregados de argila, de cinzas, e pontuais lentes de fragmentos de concha interconectados com cinzas. Em escaneio em XPL (esquerda) e em PPL (direita) destaca (g) um topo formado por grãos minerais com pouco material fino (tipo mF7b), em transição clara com o tipo mF8a (ilustrada em seção anotada em h). O arranjo caótico de conchas, lítico e ossos é ilustrado em (i, PPL) enquanto a lente de conchas interconectadas (indicadas por setas vermelhas) é mostrada em (j, PPL)..... 298

Figura 73 - Seções delgadas F e G da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Em escaneio da seção F em PPL (a) nota-se a presença de pedes subangulares a laminares na base, em transição clara com o topo desagregado. Em XPL (b) destacam os grãos minerais em meio à matriz micrítica e orgânica, a presença de um clasto subanguloso de rocha calcária (R. calcária) e fragmentos de concha, incluindo um gastrópode inteiro na base. A transição entre os dois tipos mF10a e mF9, ilustrada em (c) e exemplificada em PPL em (d). O aspecto denso e a distribuição g/f porfírica ilustram-se em (e). Como parte do material desprendido na mF9 destaca o carvão e fragmentos de concha (f, em PPL; g, em XPL). Em escaneio da seção G (h), em PPL (esquerda) e XPL (direita) observa-se também o caráter mineral, com destaque para as conchas inteiras e fragmentos de gastrópodes, cujas variações dão lugar a três tipos de microfácies (i). Estes são mais visíveis no bloco impregnado (j), onde se destaca a distribuição sub-horizontal no topo e centro da amostra. Microagregados intergranulares e ossos queimados destacam no fundo matricial mF10b (k, PPL). Fragmentos de rocha, grãos minerais e pouca MO preenchem o espaço interior das conchas inteiras (l, PPL). Por fim, destaca-se o aspecto alterado pontilhado dos grãos de quartzo em meio à micromassa do tipo mF10b (m, PPL; n, XPL)..... 300

Figura 74 - Seção delgada H da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção em XPL (esquerda) e PPL (direita) permite observar a alternância de camadas lenticulares esbranquiçadas e camadas bruno-avermelhadas. Em foto de bloco impregnado montado (b) observam-se fragmentos de concha de orientação paralela à superfície e uma concha de bivalve removida no seccionamento. Os tipos mF12a, mostrados em seção anotada (c) e exemplificados em (d, PPL) e (e, XPL), apresentam mistura de argila e de calcita recristalizada espática e microespática com cinzas, com ocorrência de fragmentos de concha queimada (C), de rocha (R), e de nódulos de Fe. Nota-se, em (f, PPL) a transição dos microagregados da mF12a (acima) para a microestrutura maciça e de blocos subangulares do tipo mF4b (abaixo). Já na transição entre a terceira (desde a base) lente de cinzas tipo mF4b (acima) e a argila (abaixo), notam-se cinzas cimentadas e carvão finamente laminados e ondulantes (g, PPL). Em detalhe da lente tipo mF4b (h, PPL; i, XPL) observa-se micromassa rica em grãos discretos de cinzas, com presença de carvão (Cv) e de nódulos de Fe (N). Detalhe da lente laminada (j, PPL; k, XPL) permite observar cinzas articuladas e recristalizadas, com presença de vazios revestidos e de preenchimentos (P) de calcita microespática..... 302

Figura 75 - Seção delgada I da SV do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção (a) em XPL (esquerda) e PPL (direita) permite observar o aspecto melânico, orgânico, da seção. Em escaneio de campo escuro (b) são visíveis as linhas de fragmentos de concha de distribuição linear sub-horizontal, a presença de carvão, fragmentos de rocha, lentes de cinzas cimentadas com agregados de argila (Cinza + ag. arg.) e uma superfície bruna (impregnação de Fe) acima de uma camada de cinzas cimentadas (linha pontilhada amarela). Nota-se um agregado laminar com sucessão de carvão e cinza (Cinza + carvão) na face côncava de um fragmento de concha. Em seção anotada (c) destaca-se a variedade estratigráfica da sequência. Fragmentos interconectados de concha (d-e) após a fragmentação (setas amarelas) caracterizam os tipos mF13. Na lente tipo mF14a observa-se um fragmento de osso queimado no centro (f, PPL; g, XPL) e uma micromassa de micrita secundária, que é mais bem vista em OIL (h), onde destacam os fragmentos de concha e carvão. Em (i, PPL) mostram-se mais exemplos de fragmentos de concha interconectados fraturados (setas amarelas). Por fim, fragmentos de concha em orientação paralela sub-horizontal caracterizam o tipo mF10d (j, PPL)..... 304

Figura 76 – Componentes destacados em microfácies do sítio Abrigo Maximiano. No tipo mF8b, osso queimado em torno dos 400°C (a) é observado em PPL (esquerda) e XPL (direita). Na mF8a, uma vértebra de peixe é vista em PPL (b). Nessa mesma microfácies ocorrem ossos calcinados, afetados por queima a altas temperaturas em PPL (c) e XPL

(d). No tipo mF10b, fragmento de rocha com revestimento do tipo pendente de calcita secundária, em PPL (e, setas vermelhas) e XPL (f)..... 306

Figura 77 – Análise por SEM/EDS do bloco impregnado H do sítio Abrigo Maximiano. Na seção polida (a), destacam-se a lente de cinzas (tipo mF4b) e de sedimentos bruno-avermelhados (tipo mF12a e b). Em fotomicrografia da primeira (b), observam-se os cristais de calcita das cinzas (setas), parcialmente recristalizados, sobretudo, na listra central oblíqua (linha tracejada). Em mapeamento EDS observa-se abundância do elemento Ca (c), a presença de possíveis grãos de quartzo (elemento Si) e fragmentos de osso (ricos em Ca e P). Retirado o “barulho” do elemento Ca (d), outro elemento majoritário é o Al, presente em alguns setores, indicando argilas (Arg.). Em fotomicrografia do tipo mF12a (e) nota-se um cenário distinto, que é confirmado em mapeamento EDS (f) com a presença de fragmentos de concha e de cristais de cinzas em meio a uma matriz de Ca indiferenciada, com presença de grãos e domínios de Si e do elemento P. Nota-se, sem o elemento Ca, os domínios de argila (elementos Al + Si) e fragmentos de osso (elemento P). 307

Figura 78 - Análise por SEM/EDS do bloco impregnado I do sítio Abrigo Maximiano. Na seção polida (a) destacam-se os sedimentos com fragmentos de concha maioritariamente aleatórios do tipo mF8b, em transição nítida com a lente de cinzas com agregados de argila da mF14b, e esta sotoposta pela micrófacies rica em fragmentos de distribuição sub-horizontal (tipo mF13). Em fotomicrografia BSE (b) destaca-se uma matriz uniforme, que em mapeamento microquímico EDS (c-d) é rica no elemento Ca (micrita), com presença de conchas, de agregados de argila (enriquecimento Si-Al em c e d, Arg. em d), de ossos (ricos em Ca-P) e carvão (agregados cinza-escuro, de baixo retroespalhamento). O mapeamento do tipo mF14b (e) em meio a dois agregados de argila mostra uma matriz de grãos de cinzas calcíticas, e presença dos elementos Si e P. Em maior magnificação (f), notam-se os claros cristais rômnicos de calcita das cinzas (acima), argilominerais (centro-abaxo) e um agregado silicoso formado por diatomáceas e possíveis fitólitos (F?). O detalhe (g) mostra as frústulas das diatomáceas (D), às vezes cortadas no secionamento, e os cristais de cinzas calcíticas (C)..... 308

Figura 79 – Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados na quadra interna 120/109 no sítio Abrigo Maximiano. Na amostra CSQB36 (F1a), indicam-se exemplos de grãos rômnicos (r) e de um grão geminado (g), em PPL e XPL. Grãos bem preservados ocorrem também na amostra CSQB80 da lente de cinzas cimentadas mF4a, com exemplos de grãos geminados e rômnicos, em PPL (c) e XPL (d). Por fim, abundantes grãos são encontrados na amostra CSQB63 (F4), em PPL (e) e XPL (f). 310

Figura 80 - Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados na quadra exposta 120/107 no sítio Abrigo Maximiano. Na amostra CSQB48 (F5), em meio a agregados de argila, há exemplos de grãos rômnicos e geminados, em PPL (a) e XPL (b). Por fim, na amostra CSQB55, coletada no depósito bioclasto-suportado F7, há também frequente ocorrência de rômnicos (r) e grãos geminados (g) em PPL (c), e XPL (d). 311

Figura 81 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies superiores da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a trimodalidade nas faixas silte médio/grosso, areia média e uma pequena moda na faixa argila no topo da quadra (F1a), interrompida no topo da F2a, mas que volta no resto da F2a, tendência que se mantém no topo da F3..... 314

Figura 82 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies inferiores da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Mantem-se o padrão trimodal argila - silte médio/grosso - areia média na F3. Na F2b, há uma uniformização na distribuição do silte médio/grosso e das areias, enquanto uma distribuição mais platicúrtica (achatada) e bimodal percebe-se na base amostrada da quadra (F4). 315

Figura 83 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies superiores da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a moda predominante na faixa areia fina-média, com uma maior presença de pelíticos na porção superior (F1b e F5) e na base da F6..... 316

Figura 84 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies inferiores da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se uma marcada moda na areia muito fina a fina em termo gerais, mas com um engrossamento nas faixas siltosas e uma moda na argila na F7. 317

Figura 85 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica das quadras 120/109 (N = 11) e 120/107 (N = 12) do sítio Abrigo Maximiano com a amostra de solo local (CSQB61). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a diferença da amostra externa, com uma moda na areia média, com as fácies maioritariamente trimodais do setor interno (120/109), e uma maior semelhança com amostras da F6 e F8 do setor mais exposto (120/107). 318

Figura 86 – Seções estratigráficas esquemáticas S da quadra 120/109 e N da quadra 120/107 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 3), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia

<p>muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), COS, P disponível, LOI 950°C e microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio por grama de sedimento. A cruz (X) indica ausência de amostra. 319</p> <p>Figura 87 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (114/111 – 120/109) e mais exposto (120/107) do sítio Abrigo Maximiano, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do solo local. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W) para todos os indicadores com exceção do pH em água. 322</p> <p>Figura 88 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (114/111 – 120/109) e externo (120/107) do sítio Abrigo Maximiano, em termos de P disponível (a), Ca²⁺ (b), Mg²⁺ (c) e K⁺ (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do solo local. Notar diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W), para todos os indicadores com exceção do cátion K⁺. 324</p> <p>Figura 89 – Dispersão dos elementos majoritários P₂O₅ (a) e CaO (b) em relação ao SiO₂ em amostras (N = 31) do sítio Abrigo Maximiano, segundo fácies arqueológicas e do solo local (FE1). 326</p> <p>Figura 90 - Dispersão do elemento majoritário MgO em relação ao SiO₂ em amostras (N = 31) do sítio Abrigo Maximiano, segundo fácies arqueológicas e do solo local (FE1). 327</p> <p>Figura 91 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo Maximiano, segundo amostras das quadras, amostras de lentes de argila rubificada e sedimento com cinzas cimentadas, e amostra de solo local. 329</p> <p>Figura 92 – Grupos (<i>clusters</i>) de amostras (segundo fácies) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo Maximiano e solo local obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. ArgR = mF2; Ciment = mF4a. 330</p> <p>Figura 93 – Espectros FTIR das fácies F1a, F4, F6 e F7 do sítio Abrigo Maximiano e do solo externo. No topo da quadra 120/109 (F1a) nota-se a presença de calcita (bandas 1425, 874 e 713 cm⁻¹) e argilominerais (3431, 1031, 469 cm⁻¹), com baixos teores de hidroxilapatita carbonatada (leve duplet 603-567 cm⁻¹). Na base escavada dessa quadra (F4) observa-se a mesma composição. Em torno dos 60-70 cm da quadra 120/107 (F6) nota-se uma maior presença de argilominerais em relação à calcita, presença de quartzo (duplet 797-779 cm⁻¹, banda 694 cm⁻¹) e ausência de hidroxilapatita carbonatada. No depósito bioclasto-suportado (F7) repetem-se os componentes da F6. O solo local destaca pela ausência de calcita, sendo basicamente formado por argilominerais, MO (banda 1630 cm⁻¹) e quartzo. 335</p> <p>Figura 94 – Espectros FTIR de amostras de lentes e agregados de argila do sítio Abrigo Maximiano, comparados com o solo externo. Note-se a semelhança entre eles, com exceção da absorbância marcada em 1432 a 1437 cm⁻¹ (v3 da calcita) que aparece levemente no solo local. A presença de quartzo (duplet 796-778 cm⁻¹, banda 694 cm⁻¹) é maior na lente mF2 e no agregado bruno-avermelhado claro. 337</p> <p>Figura 95 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica dos sítios Abrigo do Alvo (N = 27) e Abrigo Roncador (N = 9). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a presença de uma moda na transição areia fina /média para o sítio Abrigo do Alvo, sendo mais marcada na areia média para o Abrigo Roncador. As principais diferenças estão no engrossamento nas frações do silte e na melhor seleção da moda principal, ambos para o Abrigo do Alvo. 341</p> <p>Figura 96 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo e quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, em termos de carbono orgânico (a), P disponível (b) e pH em água (c) e KCl (d). Notar presença de diferenças significativas no teste de Kruskal-Wallis (H) para dois graus de liberdade. Significância nos testes par-a-par de Wilcoxon: ns = diferenças não significativas (p > 0,05), ** = diferenças significativas (p ≤ 0,01), *** = diferenças significativas (p ≤ 0,001), **** = diferenças significativas (p ≤ 0,0001). 342</p> <p>Figura 97 – Grupos (<i>clusters</i>) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA dos sítios Abrigo do Alvo (A) e Abrigo Roncador (R) obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. R/Col = Colúvio Ronador; R/Sol = Solo Roncador; A/Col = Colúvio Alvo. 343</p> <p>Figura 98 – Gráfico (<i>biplo</i>t) de indivíduos (amostras) e variáveis (setas) dos dois primeiros componentes principais para variáveis comuns químicas e de inclusões medidas em quadras dos sítios Abrigo do Alvo (G12 e J12) e Abrigo Roncador (C10). C/RCD = Colúvio Ronador; S/RCD = Solo Roncador; C/ALV = Colúvio Alvo. 344</p> <p>Figura 99 – Desenho da seção estratigráfica transversal do sítio Abrigo do Alvo, apresentada na Figura 23, com projeção das diferentes categorias de peças plotadas (>2 cm) em campo com estação total. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em fichas e desenhos de campo de Astolfo G. M. Araujo e equipe. 346</p> <p>Figura 100 – Desenho da seção estratigráfica NE da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, apresentada na Figura 45, junto com a contígua seção NW, com projeção das diferentes categorias de peças plotadas (>2 cm) em campo com estação total. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em fichas e desenhos de campo de Astolfo G. M. Araujo e equipe. 347</p>	
---	--

Figura 101 – Extensão d'água da chuva em planta observada no sítio Abrigo Roncador em dezembro de 2020. A extensão máxima do piso úmido após um dia de chuva intensa de verão foi mapeada na planta da Figura 9b (a). Ela era visível tanto no setor E (b) quanto no setor W (c), conforme marcado pelas setas amarelas (as trenas indicam 1 m). Fotos: Nicolás Batalla. 354

Figura 102 – Comparação dos dados das quadras internas (120/109 e 114/111) e expostas (120/107) do sítio Abrigo Maximiano com as amostras das cinco camadas arqueológicas do sambaqui fluvial Moraes (Teixeira et al., 2012, Tabela 2), em termos de COS (a), pH em água (b), pH em KCl (c), P disponível (d), Ca^{2+} (e) e Mg^{2+} (f). Notar ausência de diferenças significativas no teste de Kruskal-Wallis (H) para dois graus de liberdade no COS, pH em KCl e Ca^{2+} . Significância nos testes par-a-par de Wilcoxon: ns = diferenças não significativas ($p > 0,05$), ** = diferenças significativas ($p \leq 0,01$), *** diferenças significativas ($p \leq 0,001$), **** diferenças significativas ($p \leq 0,0001$). Com exceção do P disponível e do Mg^{2+} , nenhum dos indicadores exibiu diferenças significativas nas comparações quadra a quadra. 391

Figura 103 – Comparação dos valores isotópicos de oxigênio obtidos para o espeleotema St8 da caverna Santana com as idades radiocarbônicas calibradas a 2σ (barras de erro) do sítio Abrigo Maximiano. O retângulo cor de rosa indica o período Younger Dryas (12.870 – 11.700 AP, segundo Cheng et al., 2020). As linhas tracejadas assinalam o hiato deposicional mínimo entre a F7 e a base da F2a. Apresentam-se idades U/Th interpoladas linearmente (a) e com o método bayesiano do pacote *rBacon* do R (b). Dados do espeleotema publicados por Cruz et al. (2006) e retirados, com idades já modeladas, da base de dados mundial SISALv2 (Comas-Bru et al., 2020a) 394

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo do Alvo, tanto por Araujo (2012, Tabela 18) quanto nesta pesquisa.....	81
Tabela 2 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo Roncador (com base em Araujo 2019b, Tabela 11) .	91
Tabela 3 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo Maximiano (com base em Araujo, 2016a, Tabela 12 e Collet, 1985, p. 324).....	133
Tabela 4 – Depósitos e processos deposicionais geogênicos e biogênicos (não humanos) mais frequentes em estudos geoarqueológicos em abrigos. Adaptado de Araujo (2008, p. 76-77), Farrand (2001a, p. 539-543), Karkanas e Goldberg (2018, Tabela 5.1), e Mentzer (2017, Tabela 2).	154
Tabela 5 – Depósitos e processos deposicionais antropogênicos mais frequentes em estudos geoarqueológicos em abrigos. Adaptado de Araujo (2008, p. 76-77), Farrand (2001, p. 539-543), Karkanas e Goldberg (2018, Tabela 5.1), Mentzer (2014), e Mentzer (2017, Tabela 2).	156
Tabela 6 – Escala de classes granulométricas usada nesta pesquisa.....	192
Tabela 7 – Classes de seleção granulométrica e suas equivalências em desvio padrão (Folk, 1974)	193
Tabela 8 – Unidades estratigráficas reconhecidas em seção vertical no sítio Abrigo do Alvo e na amostragem de colúvio (UE1).	213
Tabela 9 – Média e desvio padrão das concentrações elementares (em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado) do sítio Abrigo do Alvo e amostra de colúvio, de forma total e segundo grupos composicionais identificados	245
Tabela 10 – Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo do Alvo e amostra do solo externo.....	247
Tabela 11 - Unidades estratigráficas reconhecidas em seção vertical (quadra C10) no sítio Abrigo Roncador	250
Tabela 12 - Unidades estratigráficas reconhecidas na amostragem externa ao sítio Abrigo Roncador	252
Tabela 13 – Características dos componentes minerais e de origem orgânica da fração grossa das amostras coletadas na seção NE, quadra C10	259
Tabela 14 - Média e desvio padrão das concentrações elementares (em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado) do sítio Abrigo Roncador e amostras de colúvio e solo, de forma total e segundo grupos composicionais identificados.....	278
Tabela 15 - Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo Roncador e amostra do solo externo.....	279
Tabela 16 - Fácies reconhecidas em seção vertical no sítio Abrigo Maximiano e na amostragem do solo local (FE1)	290
Tabela 17 - Características dos componentes minerais e de origem orgânica da fração grossa das amostras coletadas na seção NE, quadra C10.....	293
Tabela 18 – Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo Maximiano e amostra do solo externo.....	334

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	24
1 SEDIMENTOS E SOLOS: HISTÓRIA E <i>STATUS</i> COMO INDICADORES DA ANTROPOGÊNESE.....	29
1.1 A arqueologia e o estudo das modificações humanas do substrato	29
1.2 Processos de formação em arqueologia: entender os depósitos e sua transformação como chave para entender a antropogênese.....	33
1.2.1 Sedimentos e solos antropogênicos, deposição e pós-deposição	39
1.2.2 Aproximações físico-químicas à deposição, pós-deposição e preservação de materiais: geoquímica, química analítica, arqueometria, microarqueologia.....	42
1.2.3 Abordagens microestratigráficas dos depósitos: a importância da micromorfologia	49
2 ÁREAS DE ESTUDO: ASPECTOS AMBIENTAIS, HISTÓRICO DAS PESQUISAS ARQUEOLÓGICAS E APRESENTAÇÃO DOS SÍTIOS.....	52
2.1 Área do Estudo de caso 1	52
2.1.1 Arcabouço regional.....	52
2.1.1.1 Geologia e geomorfologia	55
2.1.1.2 Solos	60
2.1.1.3 Clima e vegetação.....	61
2.1.1.4 Estudos paleoambientais.....	62
2.1.2 Histórico das pesquisas arqueológicas regionais: os abrigos na dinâmica dos grupos indígenas das bacias do centro paulista.....	64
2.1.3 O sítio Abrigo do Alvo e intervenções arqueológicas	75
2.1.4 O sítio Abrigo Roncador e intervenções arqueológicas	84
2.2 Área do Estudo de caso 2	93
2.2.1 Arcabouço regional.....	93
2.2.1.1 Geologia e geomorfologia	96
2.2.1.2 Solos	103
2.2.1.3 Clima e vegetação.....	105
2.2.1.4 Estudos paleoambientais.....	106
2.2.2 Histórico das pesquisas arqueológicas e trajetórias de ocupação humana no vale do rio Ribeira de Iguape	109
2.2.3 Antiguidade da ocupação humana, filiação cultural e as transições planáltico-litorâneas: o Abrigo Maximiano em contexto	117
2.2.4 O sítio Abrigo Maximiano: características e intervenções arqueológicas anteriores	124
3 PAISAGENS ABRIGADAS E FORMAÇÃO DO REGISTRO ARQUEOLÓGICO EM ABRIGOS SOB ROCHA	137
3.1 Um arcabouço holístico para entender a antropogênese em economias de pequena escala.....	137
3.2 Sítios abrigados e formas de habitar.....	140
3.3 Geoarqueologia em abrigos e cavernas	146
3.3.1 Cinzas: o papel do fogo e sua preservação no registro arqueológico dos sítios abrigados.....	157
3.3.2 Ossos: composição, alteração química e preservação em depósitos arqueológicos de sítios abrigados... 163	
3.3.3 Diagênese dos ossos: regime hidráulico, porosidade, pH, recristalização e elementos traços	165
3.3.4 Retrabalamento, bioturbação, cascata de reações e estabilidade mineralógica: as cinzas, os ossos e outros no contexto diagenético de um sítio abrigado.....	170
4 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA.....	174

4.1 Amostragem sistemática e estratégica de sedimento para geoquímica e caracterização inicial.....	174
4.2 Descrição das unidades estratigráficas e das fácies	176
4.3 Amostras soltas analisadas.....	178
4.4 Amostragem de blocos intatos indeformados de sedimento para micromorfologia	182
4.5 Métodos de laboratório	183
4.5.1 Micromorfologia de sedimentos arqueológicos.....	183
4.5.2 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio	186
4.5.3 Granulometria da fração terrígena	189
4.5.4 Parâmetros químicos básicos: carbono orgânico do solo (COS), carbonatos e pH.....	193
4.5.5 Elementos majoritários e análise composicional multi-elementar	197
4.5.5.1 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos.....	198
4.5.5.2 Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (INAA, por suas siglas em inglês).....	200
4.5.6 Análises moleculares por espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (espectroscopia FTIR, por suas siglas em inglês)	204
4.5.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM, por suas siglas em inglês) com Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS, por suas siglas em inglês)	206
5 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 1.....	208
5.1 Sítio Abrigo do Alvo.....	208
5.1.1 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio	220
5.1.2 Granulometria da fração terrígena	222
5.1.3 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH.....	230
5.1.4 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos	234
5.1.5 INAA.....	241
5.1.6 Espectroscopia FTIR	245
5.2 Sítio Abrigo Roncador	249
5.2.1 Micromorfologia.....	257
5.2.2 Granulometria da fração terrígena.....	263
5.2.3 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH.....	269
5.2.4 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos	271
5.2.5 INAA.....	275
5.2.6 Espectroscopia FTIR	278
6 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 2.....	281
6.1 Caracterização macroscópica das fácies.....	281
6.2 Micromorfologia.....	292
6.3 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio	309
6.4 Granulometria da fração terrígena.....	311
6.5 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH	320
6.6 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos	323
6.7 INAA	328
6.8 Espectroscopia FTIR.....	333
7 DISCUSSÃO	338
7.1 Estudo de caso 1: os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador	338
7.1.1 Explorando diferenças e semelhanças entre os abrigos areníticos	338
7.1.2 O problema do sinal antropogênico: origem dos materiais	339

7.1.3 O problema pós-deposicional e preservacional	352
7.1.4 A formação dos sítios e o contexto da ocupação humana em chave paleoambiental regional	357
7.2 Estudo de caso 2: o sítio Abrigo Maximiano	360
7.2.1 Síntese estratigráfica do sítio Abrigo Maximiano: grupos de fácies e microfácies	360
7.2.2 Grupos de fácies e processos deposicionais.....	361
7.2.2.1 Fácies ricas em conchas de gastrópodes e outros componentes	361
7.2.2.2 Fácies ricas em materiais pirogênicos.....	367
7.2.2.3 Fácies ricas em matéria orgânica	373
7.2.3 O problema das areias e dos finos	374
7.2.4 O problema dos gastrópodes.....	376
7.2.5 A alteração dos depósitos: processos pós-deposicionais.....	379
7.2.6 Um sambaqui em abrigo?.....	382
7.2.7 Histórias abrigadas na Mata Atlântica: o sítio Abrigo Maximiano na ocupação da floresta do vale do Ribeira de Iguape.....	386
CONCLUSÕES	397
REFERÊNCIAS.....	401
APÊNDICES	450
APÊNDICE 1 – Teste de reprodutibilidade da granulometria por difração a laser (instrumento Malvern Mastersizer 2000).....	451
APÊNDICE 2 – Princípio analítico da INAA	453
APÊNDICE 3 – Descrição de campo das amostras sistemáticas e ocasionais de sedimento das unidades reconhecidas em planta (UP) nas quadras E10, G12, H12, I12 e J12 do sítio Abrigo do Alvo analisadas, incluindo principais características macroscópicas e inclusões (continua).....	458
APÊNDICE 4 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse das quadras e colúvio do sítio Abrigo do Alvo	461
APÊNDICE 5 - Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo do Alvo e amostra externa (colúvio) (continua)	462
APÊNDICE 6 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K ⁺ , Ca ²⁺ e Mg ²⁺) das amostras de sedimento do sítio Abrigo do Alvo e amostra externa (colúvio) (continua).....	464
APÊNDICE 7 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das quadras G12, J12 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo, em porcentagem (%).....	468
APÊNDICE 8 – Resultados da análise por INAA do material de referência ISE-2015-1, em µg g ⁻¹ exceto quando indicado.....	469
APÊNDICE 9 – Concentrações elementares por INAA das quadras E10, G12 e H12 do sítio Abrigo do Alvo, em µg g ⁻¹ exceto quando indicado (continua)	470
APÊNDICE 10 - Concentrações elementares por INAA da quadra I12 do sítio Abrigo do Alvo, em µg g ⁻¹ exceto quando indicado (continua)	472
APÊNDICE 11 -Concentrações elementares por INAA da quadra J12 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo, em µg g ⁻¹ exceto quando indicado.....	473
APÊNDICE 12 - Descrição de campo das unidades reconhecidas em planta (UP) na quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, incluindo principais características macroscópicas e inclusões	475
APÊNDICE 13 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção NE, quadra C10, sítio Abrigo Roncador	476
APÊNDICE 14 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse da quadra C10 e colúvio do sítio Abrigo Roncador	477
APÊNDICE 15 – Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo Roncador e amostras externas (colúvio e solo).....	478

APÊNDICE 16 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}) das amostras de sedimento do sítio Abrigo Roncador e amostras externas (colúvio e solo)	479
APÊNDICE 17 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras de sedimento da quadra C10 e amostras externas (colúvio e solo) do sítio Abrigo Roncador em porcentagem (%)	480
APÊNDICE 18 – Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento da quadra C10 e amostras externas (colúvio e solo) do sítio Abrigo Roncador, em $\mu g\ g^{-1}$ exceto quando indicado (continua)	481
APÊNDICE 19 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção S, quadra 120/109, sítio Abrigo Maximiano (continua).....	483
APÊNDICE 20 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção N, quadra 120/107, sítio Abrigo Maximiano	485
APÊNDICE 21– Descrição micromorfológica das seções delgadas F e G, da seção W, quadra 127/110, sítio Abrigo Maximiano	486
APÊNDICE 22 – Descrição micromorfológica da seção delgada H, na seção W, quadra 127/110, sítio Abrigo Maximiano (continua).....	487
APÊNDICE 23 – Descrição micromorfológica da seção delgada I, na seção E, sondagem V, sítio Abrigo Maximiano (continua).....	489
APÊNDICE 24 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse das quadras e externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano	491
APÊNDICE 25 – Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo Maximiano e amostra externa (solo) (continua).....	492
APÊNDICE 26 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) das amostras de sedimento do sítio Abrigo Maximiano e amostra externa (solo) (continua).....	494
APÊNDICE 27 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras de sedimento das quadras 120/109 e 114/111 do sítio Abrigo Maximiano, em porcentagem (%)	496
APÊNDICE 28 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras da quadra 120/107 e amostra externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano, em porcentagem (%).....	497
APÊNDICE 29 - Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento das quadras 120/109 e 114/111 do sítio Abrigo Maximiano, em $\mu g\ g^{-1}$ exceto quando indicado (continua)	498
APÊNDICE 30 - Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento da quadra 120/107 e amostra externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano, em $\mu g\ g^{-1}$ exceto quando indicado (continua)	500

INTRODUÇÃO

Os abrigos e as cavernas têm ocupado um lugar de destaque na história da arqueologia. Isso tem a ver tanto com o fato de constituírem feições localizadas da paisagem, susceptíveis à exploração de pioneiros naturalistas e curiosos, como com o reconhecido potencial de preservação de materiais perecíveis como os ossos. Essas características têm feito dos sítios abrigados o cenário para desvendar, documentar e debater sobre alguns dos acontecimentos mais importantes no desenvolvimento histórico da espécie humana e de suas espécies e gêneros ancestrais: a associação com a fauna extinta, o uso e controle do fogo, a emergência da “arte”, etc. Assim, o substrato dos espaços abrigados é, com frequência, o produto de complexas dinâmicas históricas que testemunham as relações entre pessoas e diversos componentes bióticos e abióticos da paisagem.

A presente pesquisa de Doutorado visa contribuir à compreensão das relações entre seres humanos e substrato em três sítios arqueológicos em abrigo sob rocha, dois deles em litologia arenítica e um deles em litologia carbonática, por meio de uma aproximação geoarqueológica aos processos de formação desses sítios. Os três sítios, Abrigo do Alvo, Abrigo Roncador e Abrigo Maximiano, localizam-se no Estado de São Paulo, Região Sudeste do Brasil (Figura 1), e possuem outros dois importantes comuns denominadores: foram inicialmente abordados entre finais da década de 1970 e começo da década de 1980 pelo espeleólogo e arqueólogo amador francês Guy-Christian Collet (1978a, 1978b, 1981, 1982); foram redescobertos para a arqueologia e sistematicamente estudados a partir do ano 2012 pelo Prof. Dr. Astolfo Araujo (2012, 2016a, 2019b) e equipe do Laboratório de Estudos em Evolução, Cultura e Meio Ambiente do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (LEVOC/MAE/USP).

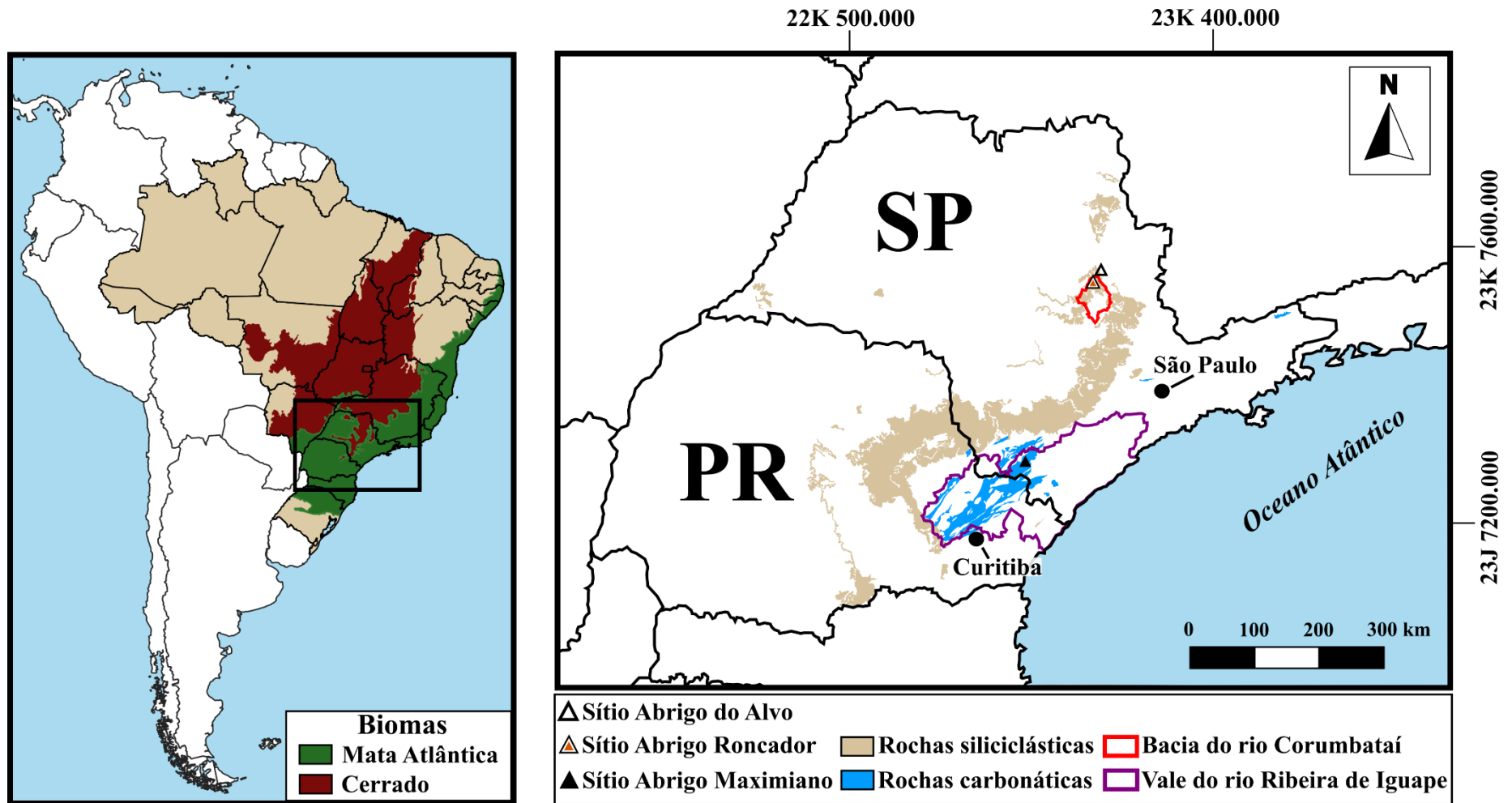


Figura 1 – Localização das regiões estudadas na América do Sul (esquerda), com destaque para os biomas, e inserção dos três sítios no Estado de São Paulo (SP) nas bacias do rio Corumbataí e do rio Ribeira de Iguape (direita), e nas respectivas litologias com reportada ocorrência de cavernas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em IBGE (2004, 2020), CEAPLA (2010), SIG-RB (2010) e CECAV (2018). Projeção UTM, datum SIRGAS 2000.

A presente pesquisa foi organizada em dois Estudos de Caso:

Estudo de caso 1: Comparação dos processos de formação dos sítios em litologia arenítica Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador

Os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador, inserem-se na bacia do rio Corumbataí, ambos no Município de Analândia, numa área de transição entre o bioma Cerrado e o bioma Mata Atlântica, região centro-leste paulista (Figura 1). São abrigos formados nas rochas areníticas da Formação Botucatu e apresentariam, de acordo com as observações de campo, uma sedimentação basicamente geogênica, i.e., formada por materiais tanto naturais quanto culturais depositados unicamente por processos naturais tais como a desagregação da rocha (definições a serem introduzidas no Capítulo 1). Ambos os sítios ingressaram na discussão sobre o povoamento da região central paulista, sendo associados a caçadores-coletores, com idades radiocarbônicas que recuam até o Holoceno Médio. O único material arqueológico derivado das cadeias operatórias artesanais recuperado nos sítios foi o lítico lascado. Apesar da mesma litologia, da sua proximidade (ao redor de 11 km de distância) e características deposicionais, em princípio, semelhantes, os abrigos diferem tanto na quantidade de material lítico recuperado (quatro vezes maior no Roncador) como na presença de restos ósseos (encontrados apenas em Alvo). Uma caracterização completa do histórico das pesquisas e dos sítios será apresentada no Capítulo 2.

A seguir, são apresentados os objetivos específicos e a hipótese do Estudo de caso 1:

Objetivos específicos:

- 1) Caracterizar e comparar o sinal antropogênico nos depósitos dos dois abrigos;
- 2) Desvendar os processos deposicionais e pós-deposicionais que podem ter levado à presença e ausência de restos ósseos em um e outro abrigo.

Hipótese: a atuação de processos pós-deposicionais tem impacto na maior ou menor preservação do sinal antropogênico no Abrigo do Alvo e no Abrigo Roncador.

Estudo de caso 2: Caracterização da contribuição antropogênica no sítio em litologia carbonática Abrigo Maximiano

O sítio Abrigo Maximiano localiza-se no vale do rio Ribeira de Iguape, região sul paulista – nordeste paranaense (Figura 1), em meio à densa Mata Atlântica que faz parte do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Município de Iporanga. O abrigo é formado em rocha metacarbonática do Grupo Açungui e, de acordo com as observações realizadas em campo em 2015 e 2016, ao contrário do que ocorre com os abrigos do Estudo de caso 1, possuiria uma sedimentação principalmente antropogênica, i.e., formada por materiais naturais e culturais depositados por atividades humanas. Em efeito, o sítio possui um registro arqueológico formado por material lítico lascado, carvão, restos ósseos que incluem pontas e sepultamentos e outros remanescentes humanos, em meio a uma matriz onde destacam: camadas cinzentas siltosas com potencial presença de cinzas derivadas da queima de plantas; camadas ricas em conchas de gastrópodes, algumas com espécimes inteiros cuja deposição humana é debatida. O sítio tem formado parte do debate sobre a ocupação humana inicial da Região Sudeste do Brasil, sobretudo com a associada aos grupos construtores dos sambaquis fluviais do Ribeira, apresentando idades radiocarbônicas que recuam até o Holoceno Inicial A descrição completa do contexto histórico e do sítio será apresentada no Capítulo 2.

À continuação detalham-se os objetivos e hipótese do Estudo de caso 2:

Objetivos específicos:

- 1) Determinar o grau e forma da contribuição antropogênica aos depósitos do abrigo;
- 2) Esclarecer a origem das camadas ricas em conchas de gastrópodes.

Hipótese: tanto as camadas ricas em conchas de gastrópodes quanto as camadas cinzentas siltosas no Abrigo Maximiano têm sua origem em diferentes atividades humanas.

Estrutura da Tese

A Tese é articulada em sete capítulos. O Capítulo 1 debruça-se sobre o problema arqueológico das relações entre seres humanos e substrato, inserindo definições sobre a forma em que elas se dão nos processos de formação dos sítios e colocando a ênfase nas aproximações geoquímicas e micromorfológicas que integram às abordagens geoarqueológicas.

O Capítulo 2 introduz as duas áreas de estudo, segundo Estudo de caso, do ponto de vista ambiental mais geral e desde as diferentes inserções regionais e culturais definidas pelo histórico das pesquisas arqueológicas de cada uma delas. Após a contextualização dessas problemáticas, são apresentados os sítios e seus respectivos resultados obtidos até agora.

O Capítulo 3 oferece o arcabouço conceitual da pesquisa, com ênfase no estudo dos efeitos das atividades de grupos com economias de pequena escala em sítios abrigados, e na geoarqueologia desse tipo de sítios. A discussão sobre tipos de processos e depósitos geogênicos, biogênicos e antropogênicos que caracterizam esses sítios é seguida do detalhe dos principais processos pós-deposicionais que interferem na preservação dos sítios abrigados.

O Capítulo 4 estabelece os materiais e métodos utilizados. Os procedimentos e amostragens de campo, com o critério estratigráfico usado em cada caso, são definidos no começo, para depois detalhar cada uma das técnicas de laboratório e formas de análise estatística empregadas.

O Capítulo 5 desenvolve os resultados do Estudo de caso 1, separados para cada um dos sítios, começando pela sistematização dos dados estratigráficos de campo, seguida dos resultados da microscopia, granulometria e análises geoquímicas elementares e mineralógicas. Embora a comparação entre os sítios é mencionada ao interior dos resultados de cada sítio, a comparação sistemática visual é deixada para a Discussão.

No Capítulo 6 são sistematizados os resultados do Estudo de caso 2. A ordem de apresentação dos dados é a mesma do que no Capítulo 5.

O Capítulo 7 apresenta a Discussão da Tese. Ela é separada segundo Estudo de caso, e começa por uma sistematização dos resultados obtidos, interpretação dos processos deposicionais e pós-deposicionais e finaliza nas implicações para a arqueologia das regiões estudadas. Por fim, apresentam-se as Conclusões atingidas na pesquisa.

1 SEDIMENTOS E SOLOS: HISTÓRIA E *STATUS* COMO INDICADORES DA ANTROPOGÊNESE

O presente Capítulo tem por intuito fornecer um histórico das problemáticas abordadas nesta pesquisa. O percorrido começa pela temática mais geral da arqueologia das relações entre os seres humanos e o seu ambiente com o foco no substrato ou matriz onde elas se desenvolvem, avança pelos meandros conceituais da teoria formativa e da geoarqueologia, e culmina com as duas aproximações empregadas na pesquisa, i.e., geoquímica e micromorfologia dos depósitos arqueológicos. A síntese crítica aqui apresentada procura fornecer os pilares sobre os que irão se erigir o arcabouço conceitual (Capítulo 3) e os materiais e métodos (Capítulo 4) da pesquisa.

1.1 A arqueologia e o estudo das modificações humanas do substrato

A arqueologia é a ciência que estuda os artefatos, i.e., as modificações humanas da matéria, seja na forma de objetos móveis como lascas, fragmentos cerâmicos, têxteis, etc., como de objetos imóveis tais como edifícios, estruturas megalíticas, montículos, etc. O objetivo principal desse estudo tem mudado várias vezes ao longo da história da disciplina, se movendo entre a construção de sequências de culturas do passado, a compreensão dos comportamentos humanos de contextos sistêmicos, a agência dos indivíduos de sociedades antigas, e um grande etcétera que inclui hoje todos esses objetivos (Hegmon, 2003). Mas o importante ponto de partida da presente Tese é que toda arqueologia estuda a relação dos seres humanos com a matéria e, nesse sentido, ela envolve o entendimento (ora explícito, ora implícito) da relação entre os humanos e o ambiente.

A relação entre seres humanos e ambiente (ou entre seres/entidades/componentes humanos/as e não humanos/as) é um tópico de longa indagação na história do pensamento ocidental, e uma revisão exaustiva está por fora dos objetivos deste trabalho (ver Ingold, 2000; Agamben, 2004). O importante aqui é sintetizar as formas em que a arqueologia tem se debruçado sobre o problema e principalmente as consequências para o estudo dos depósitos arqueológicos, o foco da presente pesquisa.

O interesse pelo estudo das condições ambientais dos assentamentos humanos pretéritos e pelo seu reconhecimento no registro arqueológico é tão antigo quanto a

arqueologia moderna, com raízes nos séculos XVIII e XIX. A necessidade de se compreender a sequência de ocupação humana dos sítios arqueológicos e o surgimento do conceito de associação (entre artefatos e de artefatos com fauna extinta) estabeleceram as relações da nascente arqueologia com a estratigrafia de Nicolaus Steno e a “Teoria da Terra” de James Hutton e, posteriormente, com a geologia e a paleontologia modernas (Lyman, 2012, p. 211-215; Pişkin; Bartkoviak, 2018, p. 1-2). A cristalização desse vínculo veio com as pesquisas de Jens Worsaae na Dinamarca, de John McEnery e William Pengelly nas cavernas do sudoeste da Inglaterra e de Jacques Boucher de Perthes no vale do rio Somme e cavernas do sudoeste da França (Daniel, 1987; Araujo, 1999, p. 35-37; O’Brien; Lyman; 2002, p. 152; Hill, 2017, p. 292-293), as que, para finais da década de 1850, tinham estabelecido que a inserção de artefatos em camadas específicas da Terra era vital para entender a contemporaneidade dos antigos humanos e não humanos, e a passagem do tempo (datação relativa).

O acontecimento fundamental no estabelecimento dessas relações e da consequente consolidação da arqueologia, das geociências e outras ciências do ambiente foi a publicação de *On the Origin of Species by Means of Natural Selection...* por Charles Darwin em 1859. A importância da formulação do mecanismo produtor da variação dos organismos ao longo do tempo (a seleção natural) residiu em abrir as portas ao estudo do meio ambiente, impactando não apenas no reconhecimento da antiguidade do ser humano no planeta e sua convivência com fauna extinta, mas em vários campos do conhecimento relacionados à arqueologia. Um exemplo está na pesquisa sobre restos arqueológicos de plantas: embora existam referências isoladas de estudos de material dissecado de tumbas egípcias que datam da década de 1820 (ver Pearsall, 2000, p. 4), o interesse sistemático no uso humano das plantas, sazonalidade das ocupações, etc., só começaria na década de 1870, com os estudos de macrorrestos vegetais na Suíça por parte de Heer e Keller (Pearsall, 2000, p. 4; Pişkin; Bartkoviak, 2018, p. 2).

A teoria de Darwin também teve um impacto fundamental no estudo de restos faunísticos em sítios arqueológicos. É preciso lembrar aqui que, de fato, toda a discussão da “Origem das Espécies” começa desde o primeiro capítulo com a comparação dos efeitos da variação no mundo natural com aquela produzida pela domesticação humana dos animais (ver Darwin, 2009 [1859], p. 7-43). No último terço do século XIX, a compreensão das mudanças nos usos dos animais por parte dos humanos foi fundamental para o estabelecimento de cronologias relativas, como nas pesquisas de Lartet sobre o

Paleolítico Superior europeu. Junto com as listas de espécies identificadas, vários pesquisadores com formação em zoologia começaram incluir descrições sobre processamento para alimentação, contribuição na dieta, e inferências sobre sazonalidade dos grupos humanos estudados (síntese em Reitz; Wing, 2008, p. 15-17).

Em momentos (surpreendentemente) tão iniciais como o começo da década de 1860, George Perkins Marsh publicava *Man and Nature*, onde discutia, com base em dados provenientes de diversas disciplinas (incluindo a arqueologia), as modificações de longa duração nas paisagens produzidas pelos seres humanos, incluindo exemplos da agricultura, a irrigação, a mineração, etc. (Zalasiewicz et al., 2011, p. 835; Hill, 2017, p. 294). O americano William H. Holmes também acrescentou para essa linha de pesquisa, estudando, nas últimas décadas do século XIX, depósitos de “idade glacial” que evidenciaram a possível presença de um Paleolítico norte-americano, e sendo um pioneiro da pesquisa sobre provisão de matérias-primas líticas pelos indígenas, em cujas pedreiras percebeu a dramática transformação da aparência dos vales e remodelação humana das paisagens (Holmes, 1892, p. 295) (ver síntese em português em Batalla, 2018).

O interesse da arqueologia pelo meio sedimentar onde o material modelado pela mão humana estava inserido esteve dirigido, em maior ou maior medida, até a década de 1960, à compreensão da estratigrafia dos sítios, e da proveniência tridimensional, associação e contexto dos artefatos (Lyman, 2012, p. 223-224). Isso envolveu, desde começos do século XX, uma maior colaboração entre arqueólogos, geólogos, geógrafos, e paleontólogos, para a resolução de problemáticas cronológicas e a compreensão das mudanças ambientais nas vizinhanças dos sítios arqueológicos (ver revisão em Hill, 2017, p. 294-297). No âmbito dessas colaborações, o desenvolvimento de métodos quantitativos da análise de pólen por parte de Lennart Von Post em 1916, foi de vital importância, ao permitir se comparar sequências polínicas regionais de mudanças na vegetação datadas mediante varvitos, com conjuntos polínicos de sítios arqueológicos (Pearsall, 2000, p. 264).

Os sedimentos e solos não constituíram *per se* uma parcela do objeto de estudo na arqueologia histórico-cultural ou *Culture History*, focada na construção de sequências temporais regionais de culturas e tradições. Uma razão, pelo menos até o uso da datação por radiocarbono a partir da década de 1950, esteve na ausência de métodos de datação absolutos, o que fazia com que o papel cronológico dos depósitos fosse essencial, com

um consequente desenvolvimento magistral da escavação estratigráfica (ver O'Brien; Lyman, 2002, p. 139-183), mas em detrimento de outras perspectivas. Outra das razões para a ausência de um interesse ambiental particular (i.e. além de questões estratigráficas, cronológicas ou descritivas) nessa arqueologia foi, segundo Reitz e Wing (2008, p. 12-13; também Reitz; Shackley, 2012, p. 7), uma visão “possibilista ambiental”, onde as culturas teriam agido sobre o ambiente, mas este último teria sido passivo ou não teria cumprido um papel importante.

Segundo Pişkin e Bartkoviak (2018), até a década de 1960, o âmbito do conhecimento que hoje é denominado de arqueologia ambiental consistia num grupo de técnicas ou métodos sem visão integral dentro da disciplina. Prática frequente eram os relatórios de especialistas ou o empréstimo (*borrowing*) de conceitos, métodos e técnicas das geociências e das biociências (Reitz; Wing, 2008, p. 19; Pişkin; Bartkoviak, 2018, p. 3), com os problemas que sua adoção acrítica podia trazer (ver Dunnell, 1982; Okumura; Araujo, 2019). Como exceção podem se citar as importantes visões integradoras da arqueologia com diferentes ciências visando um entendimento da economia pré-histórica e do uso humano dos habitats passados, desenvolvidas por Grahame Clark desde a década de 1940, a partir de suas escavações em Star Carr, sítio mesolítico de preservação excepcional do norte da Inglaterra, em Yorkshire (Clark, 1954).

O surgimento da *New Archaeology* e sua preocupação por uma compreensão holística das culturas do passado como sistemas que se relacionaram com (e se adaptaram a) ambientes específicos trouxeram, com perspectivas fortemente influenciadas pela ecologia, um novo impulso ao estudo das relações humano-ambiente a partir do registro arqueológico. O período compreendido entre as décadas de 1960 e 1970 constituiu o fermento intelectual a partir do qual surgiram/se consolidariam as modernas geoarqueologia, zooarqueologia, tafonomia arqueológica, paleoetnobotânica ou arqueobotânica, e bioarqueologia (Pişkin; Bartkoviak, 2018).

O desenvolvimento do estudo dos depósitos presentes nos sítios arqueológicos, além da sua utilidade geocronológica, teve um passo fundamental nesse âmbito de debates: a discussão explícita sobre processos de formação de sítio.

1.2 Processos de formação em arqueologia: entender os depósitos e sua transformação como chave para entender a antropogênese

O principal passo na explicitação arqueológica dos processos que envolvem a interação dos seres humanos com o substrato foi dado por Michael Schiffer a partir da década de 1970 (e.g. Schiffer, 1972, 1983, 1987). A contribuição de Schiffer não residiu em escrever os primeiros manuais sobre solos e sedimentos e sua relação com o registro arqueológico; esforços de integração orientados a mostrar o seu potencial analítico e interpretativo para arqueólogos/as existiam desde pelo menos a década de 1950, incluindo-se, entre outros, os trabalhos de Cornwall e Pyddoke sobre solos e estratificação, respectivamente (ver Shackley, 1975; Butzer, 1982, p. 35-36; Hill, 2017, p. 298; Mandel; Goldberg; Holliday, 2017). O mérito de Schiffer foi o de sistematizar, para uma audiência arqueológica (Araujo, 1999, p. 39, 2008, p. 75; Stein, 2001a, p. 38-39), um conjunto de conceitos, alguns próprios e outros advindos de diferentes disciplinas, com o intuito de dar um arcabouço que permitisse ligar o produto atual de numerosas transformações (o contexto arqueológico) com as sociedades pretéritas de interesse (o contexto sistêmico).

Nascia nesse momento um âmbito de estudos dentro da disciplina arqueológica, que iria receber múltiplos nomes e objetivos, segundo o lugar e importância teórica e metodológica dada pelo autor. Dentre eles, a teoria de médio alcance (*middle-range theory*) formulada por Binford (e.g. 1980, 1981a, p. 21-34) e Raab e Goodyear (1984), foi uma das propostas para construir o *corpus* de conhecimentos necessário para relacionar o registro material estático com a dinâmica social do passado (Shott, 1998). O debate se produziu, ao interior das tendências da *New Archaeology*, entre posturas reconstrucionistas dos sistemas culturais do passado, que pretendiam atingir o grupo estudado “tal qual era”, e posturas processualistas que, criticando as primeiras, enfatizavam a procura das regularidades subjacentes à formação do registro arqueológico (Binford, 1981b; Dunnell, 1982, p. 18-21; Shott, 1998, p. 304-314; Araujo, 1999, p. 38-39).

Como indica Shahack-Gross (2017, p. 37), o primeiro foco na construção dessa teoria dos processos de formação do registro arqueológico, nas décadas de 1970 e 1980, esteve no que Schiffer (1987) denominou transformações-C (*C-transforms*), ou o conjunto de atividades humanas que modificam o contexto sistêmico. O interesse era entender as propriedades organizativas dos artefatos utilizados pelos antigos sistemas

culturais a partir dos comportamentos observados em grupos humanos atuais pensados como análogos, o que deu lugar à etnoarqueologia (e.g. Binford, 1980). A tensão inicial (e que segue até hoje, como indicam Karkanas; Goldberg, 2018, p. 16 e Villagran, 2010, p. 46-47) suscitada pelo conceito de transformações culturais de Schiffer deu lugar ao debate com Binford (1981b) sobre o objetivo mesmo da pesquisa arqueológica: qual é o limite do contexto sistêmico-alvo do pesquisador a partir do qual começariam as transformações culturais (as “distorções” que Schiffer estaria procurando) que fazem parte do estudo dos processos de formação de sítio? Outras perguntas vieram na década de 1980 da mão de “desilusões post-modernas” (Shahack-Gross, 2017, p. 37): é possível utilizar grupos atuais para derivar regras gerais da formação dos conjuntos artefatuais? É possível atingir contextos culturais “iniciais” a partir de sítios que sofreram várias mudanças post-abandono?

As respostas iam vir, em parte, da confluência entre a teoria sobre processos de formação e o desenvolvimento da geoarqueologia. A confluência entre processos de formação arqueológicos e tafonomia de conjuntos ósseos foi outra das frentes para a procura dessas respostas (Lyman, 1994, p. 41-69) (ver seção 1.2.2; ver também Domínguez-Rodrigo; Fernández-López; Alcalá, 2011). A geoarqueologia nasceu como uma aproximação ou uma (sub-)disciplina (dependendo do/a autor/a) na década de 1960, como produto da obra de vários/as pesquisadores/as, em particular de Karl Butzer (1982), mas também de Myra Shackley (1975) e Colin Renfrew (1976), dentre vários outros (ver Hill, 2017, p. 298-299).

As pesquisas de Butzer sobre o Quaternário em várias regiões, desde Oriente Médio até a Espanha, enfatizaram a necessidade de um arcabouço interdisciplinar para entender as relações entre os seres humanos e o ambiente, que combinasse estudos de vegetação, cronologia, solos, sedimentos, geomorfologia, etc. A ênfase de Butzer esteve, já na década de 1970, no desenvolvimento de uma aproximação desde as Ciências da Terra para o estudo do registro arqueológico, sob um arcabouço ecológico onde a palavra contexto cobrava um sentido específico: uma matriz espaço-temporal de quatro dimensões que inclui o ambiente cultural e não-cultural, que pode ser aplicada a um artefato ou um conjunto de sítios (Butzer, 1982, p. 4). O importante dessa noção de contexto é que especificava a importância da matriz e a relação entre entidades culturais e não-culturais, aspectos que, conforme destacara Lyman (2012, p. 225), são fundamentais para distinguir o contexto da mera proveniência e associação, e que nem

sempre são explicitados nas definições arqueológicas de contexto, mesmo na literatura recente.

Uma contribuição fundamental na interface processos de formação–geoarqueologia foram os trabalhos de Julie Stein, a partir da década de 1980. Começando por uma síntese de conceitos advindos das Ciências da Terra, Stein (1987, 2001a, 2001b) se preocupou por mostrar a relação dessas noções com unidades de utilidade para o trabalho arqueológico comparando vis-à-vis as literaturas, e não apenas por descrever um conjunto de técnicas geocientíficas aplicáveis em campo e laboratório. Por esse motivo, o trabalho de Stein é hoje utilizado e reconhecido por vários/as geoarqueólogos/as (e.g. Araujo; Piló; Neves, 2010; Villagran, 2010; Shahack-Gross, 2017; Karkanas; Goldberg, 2018).

Stein (1987, 1992a, 1992b, 2001a, 2001b) enfatizou, dentre outros, a utilização de dois conceitos fundamentais para a geoarqueologia orientada ao desvendamento de processos de formação: depósito e fácies. Esses conceitos são definidos a seguir, mas eles serão retomados no Capítulo 3, na estipulação das unidades do arcabouço conceitual para o estudo de abrigos, e no Capítulo 4, que descreve os materiais e métodos:

a) Depósito: unidade tridimensional distinguida em campo com base nas mudanças observáveis em propriedades físicas (Stein, 1987, p. 339, com base no trabalho de Schiffer, 1983, 1987). “Depósito” é um conceito abrangente (i.e. mais amplo do que “sedimento”), organizativo e de uso geral para designar o material que o/a arqueólogo/a vai escavando para desvendar “a arqueologia” do sítio sob estudo (Stein, 1987, 2001b, p. 4-5; French, 2003; Karkanas; Goldberg, 2018, p. 11). É uma unidade de análise básica do estudo dos processos de formação que permite abordar grupos de objetos “trazidos” pela deposição, sejam eles manufaturados pelos seres humanos ou não (Stein, 2001a, p. 44-45; Dunnell; Stein, 1989);

b) Fácies: corpo de sedimento cujas características, e.g. cor, composição, textura, estruturas, permitem discriminá-lo dos sedimentos vizinhos. No seu uso mais corrente, é o produto de um evento deposicional (Stein, 1987, p. 349), produzido por determinadas condições ambientais ou atividades (Courty; Goldberg; MacPhail, 1989; MacPhail et al., 1997; Courty, 2001, p. 208; Karkanas; Goldberg, 2018, p. 162-163), que permitem agrupá-lo com outros de semelhantes causas deposicionais (e.g. fácies de areia eólica,

fácies de combustão), mas que também permitem associá-lo com outros diferentes com os que tende a co-ocorrer (e.g. fácies de fogueira intacta co-ocorrem com fácies de fogueira que sofreram pisoteio) (Goldberg; Macphail, 2006, p. 38-39; Karkanis et al., 2015, p. 6). É um conceito também utilizado na micromorfologia, análise de blocos intactos de sedimentos e solos sob o microscópio petrográfico, onde se definem “microfácies” (Courty, 2001; ver seção 1.2.3). É uma unidade que tem um interesse genético e não apenas descritivo, embora esse aspecto seja produto de uma análise pós-campo (Villagran; Giannini; De Blasis, 2009; Araujo; Piló; Neves, 2010, p. 38; Villagran, 2010, p. 53-55).

Na geoarqueologia atual, o conceito de fácies é de fundamental importância. Contudo, com frequência, encontram-se dois sentidos da expressão “fácies” na literatura: 1) como unidade estratigráfica mínima confinada, descrita, numerada sequencialmente, amostrada e escavada em campo¹ (e.g. “Fácies 4 da Quadra E2); 2) como um “tipo” de depósito, caracterizado geralmente no perfil ou seção estratigráfica e com ajuda de dados de laboratório, que designa todas as unidades estratigráficas com características texturais, estruturais, inclusões, etc. similares, que embora não sejam definidas em campo com um adjetivo genético, possuem a interpretação como intuito final da sua formulação (e.g. “as fácies de areia eólica se caracterizam por...”; “as fácies de combustão estão formadas por X microfácies”). Enquanto a primeira noção envolve a ocorrência única da fácies na estratigrafia do sítio arqueológico, a segunda envolve a recorrência estratigráfica da fácies em um ou vários sítios.

Essa dualidade de sentidos tem sua origem na própria sedimentologia, onde, como indicara Anderton (1985, p. 31-32), a “fácies sedimentar descritiva”, i.e., a unidade de rocha individualizada por determinadas características (e.g. fácies de arenito com estratificação cruzada), era muitas vezes confundida com a “fácies sedimentar interpretativa”, i.e., o rótulo (*label*) dado aos processos e ambientes de deposição de determinada unidade de rocha (e.g. fácies eólicas). A história do conceito na sedimentologia evidencia os seus múltiplos usos; no entanto, a conotação das fácies como unidades não confinadas na estratigrafia parece ser de longa data. O conceito de fácies recua na geologia até finais do século XIX, tendo um grande impulso no trabalho do

¹ Estratégia que estabelece a “fácies” como sinônima do “contexto simples” (*single-context recording*) da arqueologia britânica (MoLAS 1994). Ver discussão na seção 4.1.

alemão Johannes Walther e sua “Lei de Correlação de Fácies” (Middleton, 1973) que estabeleceu que as “fácies” depositadas em ambientes deposicionais atuais semelhantes são lateralmente adjacentes, mas elas são reconhecidas no registro sedimentar (i.e., na seção estratigráfica) numa sequência vertical. Sequências similares verticais de fácies (desde que separadas por contatos gradacionais, Walker, 1992, p. 6) serviriam, assim, para caracterizar ambientes deposicionais similares. Essa noção fundamental dos ambientes de sedimentação naturais, só iria ter um maior apelo na sedimentologia a partir de finais da década de 1950, não apenas com a retomada da obra de Walther, mas sobretudo com diversos estudos sobre processos em ambientes de sedimentação contemporâneos, especialmente deltaicos e fluviais (ver síntese em Miall, 2016, p. 7-9). Esses estudos adotaram fundamentalmente o intuito interpretativo de “fácies”, que ficaria bem estabelecido na literatura geológica a partir da década de 1960, exemplificado no modelo de fácies fluviais de Allen, que reconheceu fácies de leque aluvial, fácies entrelaçadas, fácies de baixa sinuosidade e fácies meandranes (Anderton, 1985, p. 45).

O modelo resposta-processo do conceito sedimentológico de fácies veio a significar, segundo Miall (2016, p. 8), praticamente o mesmo que “modelo de fácies”, noção que teve um importante desenvolvimento no trabalho de Walker (1979, 1992). Walker estabeleceu um arcabouço conceitual e metodológico para a análise de fácies como parte integral do estudo dos sistemas deposicionais. Partindo do estudo das fácies individuais reconhecidas em campo, que são definidas (por litologia, geometria, estruturas, etc.) de forma estratigráficamente não confinada e com base no conhecimento sobre ambientes sedimentares modernos e passados semelhantes, o/a analista procede, segundo a escala requerida, à criação de associações de fácies geneticamente relacionadas e de sucessões verticais de fácies que se repetem. A modelagem de fácies consiste, para Walker (1992, p. 6), na obtenção de uma síntese geral de um sistema deposicional (e.g. eólico úmido), onde são “destiladas” as características básicas desse sistema.

A adoção arqueológica da noção de fácies não esteve isenta de problemas, e tem relação com as fermentais discussões sobre estratigrafia arqueológica que se produziram nas décadas de 1970 e 1980 (e.g. Harris, 1979; Gasche; Tunca, 1983; Schiffer, 1987; Stein, 1987). Uma revisão exaustiva desse debate está por fora do intuito deste trabalho, existindo já múltiplas sínteses geoarqueológicas sobre a temática (e.g. Villagran; Giannini; De Blasis, 2009; Villagran, 2010, p. 52-56; Stein; Holliday, 2017; Karkanis; Goldberg, 2018, p. 162-169). Aqui será suficiente dizer que o uso inicial do conceito de

fácies, ilustrado pela própria Stein (1987, p. 349), foi uma resposta à necessidade de padronização dos atributos que caracterizam as camadas dos sítios, por meio da incorporação de critérios sedimentológicos e da caracterização em laboratório de múltiplos indicadores (e.g. o tamanho das partículas, o pH, os minerais, etc.). O uso contemporâneo predominante do conceito de fácies ou arqueofácies² na prática geoarqueológica, i.e., como “tipo” de depósito que pode se repetir estratigraficamente, reflete o incremento exponencial da pesquisa geoarqueológica multi-técnica nas últimas três décadas, que vêm contribuindo para a geração de modelos deposicionais em sítios arqueológicos (ver Capítulo 3). A forma em que o conceito de fácies e outras noções estratigráficas são utilizadas nos Estudos de Caso da presente pesquisa será definida no Capítulo 4.

A mudança do foco na análise de processos de formação de sítio produzida com a incorporação das noções de depósito, fácies, entre outras, trouxe um conjunto de pesquisas geoarqueológicas orientadas à compreensão dos depósitos naturais contenedores dos artefatos, incluindo-se sedimentos aluviais, eólicos, e os solos (e.g. Brown, 1997; French, 2003; Holliday, 2004). Mas, em paralelo a esses estudos, foram desenvolvidas, desde meados da década de 1970, diversas pesquisas em abrigos e cavernas que dariam luz a uma compreensão integral dos efeitos das ocupações humanas na gênese mesma dos depósitos, e das transformações que os seus produtos sofrem ao longo do tempo (Bar-Yosef, 1993; Karkanas et al., 2000, 2002; Golberg; Sherwood, 2006). Por constituir o foco da presente pesquisa, esses estudos serão revisados de forma detalhada no Capítulo 3, que define o arcabouço conceitual.

Essas incorporações conceituais também contribuíram para esclarecer as tensões acima mencionadas sobre o âmbito de estudo dos processos de formação (Binford, 1981b; Schiffer, 1983). Foi explicitado que, de todas as atividades que fazem parte das histórias de vida artefatuais de um contexto sistêmico (Schiffer, 1972), apenas a que leva ao emprazamento final no seu contexto deposicional é de interesse para o estudo dos processos formativos. Como estabelecem Karkanas e Goldberg (2018, p. 16) o foco de análise dos processos deposicionais em arqueologia é a maneira em que partículas e objetos que preenchem o espaço dos depósitos acabaram lá.

² A noção de “arqueofácies” foi postulada por Villagran, Giannini e De Blasis (2009) para diferenciar as fácies encontradas em sítios arqueológicos, sobretudo, com depósitos antropogênicos (ver seção 1.2.1), das fácies naturais (ver também Villagran, 2012, 2014).

A geoarqueologia ficou então estabelecida, para a década de 1990, como uma interface fundamental que contribui à Teoria Formativa (*formation theory*), um dos corpos conceituais de toda pesquisa arqueológica (Shott, 1998; Araujo, 1999, 2017, 2019; Villagran, 2010; Mandel; Goldberg; Holliday, 2017; Shahack-Gross, 2017; Karkanas; Goldberg, 2018). O alcance da geoarqueologia é, no entanto, maior, envolvendo também outras áreas da disciplina (e.g. provisionamento de matérias-primas para confecção de artefatos, cronologia, prospecção geofísica, etc.) (e.g. Goldberg; Macphail, 2006; Afonso, 2008; Rubin de Rubin; Silva, 2013; French, 2015).

1.2.1 Sedimentos e solos antropogênicos, deposição e pós-deposição

Para poder desvendar o potencial informativo de um sítio arqueológico sobre os seres humanos que contribuíram para sua formação, a geoarqueologia teve que definir mais conceitos e suas relações mútuas. O primeiro passo consiste em distinguir os tipos de depósitos arqueológicos, que Karkanas e Goldberg (2018, p. 14) sintetizam em três, segundo estejam formados por:

a) produtos naturais, e sem materiais elaborados, modificados ou reorganizados pelos seres humanos;

b) produtos naturais, mas contendo materiais antropogênicos; e

c) materiais, naturais ou antropogênicos, deixados apenas por atividades e processos antropogênicos.

Na primeira categoria ingressam os sedimentos naturais, que são definidos como o material particulado que foi transportado de uma locação para outra mediante algum processo (Stein, 1987, p. 339; 2001b, p. 6-7). Essa definição de sedimento (que é a mesma da sedimentologia, e.g. Nichols, 2009, p. 1) inclui: a) sedimentos clásticos, formados por partículas minerais, de fragmentos de rochas, e orgânicas (denominadas bioclásticas), que foram principalmente (i.e. no âmbito de um sítio arqueológico) depositadas pela ação do vento, da água ou do gelo; b) sedimentos não clásticos, que incluem, dentre outros, precipitados químicos, como os carbonatos das estalactites e travertinos das cavernas, ou

acumulações *in situ* de restos vegetais como a turfa, pouco frequentes em depósitos arqueológicos (Goldberg; Macphail, 2006, p. 11-12; Karkanas; Goldberg, 2018, p. 21-22).

Esses sedimentos depositados por processos naturais (que recebem o nome de geogênicos) também podem conter materiais antropogênicos, cujo estudo específico e de mudanças nos atributos ao longo do tempo interessa à arqueologia. Esses materiais constituem, desde a perspectiva geoarqueológica do estudo do depósito, partículas, que são transportadas por e se comportam num meio natural da mesma maneira ao que ocorre com as partículas geogênicas ou clastos. Tanto uma lasca ou caco cerâmico, quanto um fragmento de uma estátua grega ou de uma construção são partículas afetadas e movimentadas pelo vento, pela água ou pela gravidade, e fazem parte do depósito (Dunnell; Stein, 1989). Desde este ponto de vista, os artefatos fazem parte de um registro sedimentar (Araujo; Neves, 2010, p. 25) ou arqueossedimentar (Villagran, 2010, p. 39).

Mas o que é, então, um sedimento antropogênico? Com o adjetivo antropogênico e antrópico têm sido referidos vários depósitos e processos no âmbito da arqueologia, ao mesmo tempo em que os termos “sedimento” e “solo” têm sido utilizados de forma indistinta para se referir àquilo que os/as arqueólogos/as retiram quando escavam (Holliday, 2004, p. 290-295; Kern, 2009; ver discussão em Villagran, 2010, p. 39-44). Para poder oferecer uma resposta à pergunta, é preciso aclarar antes que, dado que a maioria dos depósitos arqueológicos são misturas de sedimentos geogênicos e antropogênicos muitas vezes re-trabalhados, é difícil se separarem em campo essas contribuições de forma “pura”, dependendo do tipo de sítio. A separação é, em tudo caso, teórica (ver seção 3.2).

A definição mais apropriada de sedimento antropogênico é uma abrangente, oferecida de forma recente por Karkanas e Goldberg (2018, p. 14, p. 100), mas que serve para entender a dinâmica de partículas e agentes que envolvem a participação dos seres humanos: os sedimentos antropogênicos são, maiormente, sedimentos clásticos, minerais ou orgânicos, produto de atividades humanas num sítio, que podem envolver o rearranjo humano de clastos naturais (e.g. na construção de uma parede ou de um montículo), e/ou o aporte e movimentação de partículas antropogênicas (e.g. produtos artesanais, cinzas produzidas numa fogueira). Os autores (Karkanas; Goldberg, 2018, p. 100) classificam, segundo as atividades humanas envolvidas no aporte de partículas, os sedimentos antropogênicos em três:

a) Produtos, que incluem ações cujo objetivo é a manufatura de construções ou trabalhos em terra, como no caso de casas de adobe, pisos de argila, etc;

b) Subprodutos (*By-products*) das atividades humanas, tipicamente os rejeitos, como no caso das fácies de estruturas de combustão e de lixeiras (*middens*);

c) Atividades gerais, que são o resultado de ações cotidianas como o pisoteio, a movimentação com os pés, a varredura, etc.³

Agora, o que fazer com o termo “solo”? De um ponto de vista abrangente, um solo é um “pedon”, um corpo tridimensional, produto de fenômenos de intemperismo *in situ* e/ou afetados por dinâmicas de transporte (e.g. solo coluvionar), tanto físico-químicos como biomecânicos que agem sobre rochas e sedimentos ao longo do tempo (Holliday, 2004, p. 3; Sousa; Rodet, 2015). Na definição pedológica de um solo, é fundamental a interação do material parental com o clima, os organismos, o relevo e o tempo, que produzem materiais minerais e orgânicos diferenciados verticalmente em camadas denominadas “horizontes” (Birkeland, 1984; Seymour Fanning; Balluff Fanning, 1989, p. 2-4; Santos et al., 2015, p. 1).

Existe uma sobreposição entre a aproximação pedológica e sedimentológica no referido ao entendimento da transformação ou alteração de um sedimento após a deposição. As transformações biológicas, físicas e químicas que afetam os depósitos sedimentares são consideradas, do ponto de vista sedimentológico, como processos pós-deposicionais ou diagenéticos (ver definição na seção 1.2.2; para os abrigos e cavernas, ver seção 3.2.3). Algumas dessas transformações, como a movimentação de partículas pela fauna e raízes e alterações mineralógicas (e.g. das micas aos argilominerais), ingressam nos processos de formação de solo ou processos pedogenéticos, pelo que formam parte do estudo pedológico⁴. No entanto, processos diagenéticos podem agir em

³ Os autores assinalam que o conhecimento sobre essas categorias é um trabalho em construção. Assim, um produto (e.g. uma casa de adobe, o *bedding*, etc.) pode ser intensamente afetado por processos pós-deposicionais e não ser reconhecível. A observação das microestruturas e comparação com estudos experimentais e etnoarqueológicos podem ajudar no seu reconhecimento (ver Karkanas; Goldberg, 2018, p. 124-137).

⁴ Há uma interessante tensão teórica no uso dos termos diagênese ou pedogênese para se referir aos processos pós-deposicionais que ocorrem em sítios arqueológicos, sobretudo, nos abrigos e cavernas (ver

ambientes que não são típicos formadores de solos (no sentido mais estrito da palavra), como nas cavernas (Karkanás; Goldberg, 2018, p. 75-76), como será detalhado no Capítulo 3.

Já outro problema terminológico surge da interface entre solos e seres humanos, com expressões tais como “antrossolo”, “solos antrópicos” e “solos antropogênicos” (Holliday, 2004, p. 26; Villagran, 2010, p. 40-42). Os antrossolos são aqueles cuja formação e características é resultado da influência humana direta (Arroyo-Kalin, 2016, p. 7), deixando significativas marcas físicas e químicas de dita intervenção (Eidt, 1984, p. 23). O reconhecimento de um antrossolo é feito com base na presença de horizontes com artefatos e/ou restos orgânicos como ossos e carvão, contatos abruptos e descontinuidades laterais entre horizontes, cores escuras da matriz devidas a uma presença de matéria orgânica maior do que esperada, enriquecimento químico de alguns compostos, tipicamente fosfatos (Eidt, 1984; Holliday; Gartner, 2007; Holliday, 2017, p. 24). As Terras Pretas de Índio ou Terras Pretas Antropogênicas (daqui em diante, TPA) da Amazônia são, no caso brasileiro, o exemplo principal de antrossolos (e.g. Kern, 2009; Schmidt et al., 2014; Arroyo-Kalin, 2016) e serão mencionadas de novo em relação com aspectos químicos e conceituais (seção 1.2.2 e Capítulo 3).

Os estudos físico-químicos de depósitos arqueológicos, como os utilizados nos dois Estudos de Caso nesta pesquisa, fazem hoje parte fundamental do estudo da antropogênese, tanto em termos deposicionais quanto das transformações pós-deposicionais, e por isso, são revisados a seguir.

1.2.2 Aproximações físico-químicas à deposição, pós-deposição e preservação de materiais: geoquímica, química analítica, arqueometria, microarqueologia

A interface da arqueologia com os estudos físico-químicos tem recebido múltiplas denominações ao longo da história da disciplina, dependendo em muitos casos da formação acadêmica dos autores (e.g. química, ciência dos materiais, geologia, pedologia, arqueologia, etc.), e dos objetivos do trabalho. Por esse motivo, é preciso introduzir algumas definições iniciais para se entender o lugar que ocupam as aproximações

Goldberg; Sherwood, 2006; Shahack-Gross, 2017). Mas ela também existe em sítios a céu aberto, com autores subsumindo uma classe de processos dentro da outra (ver discussão em Holliday, 2004).

utilizadas na presente pesquisa (cujos métodos e técnicas específicos são definidos no Capítulo 4).

Os termos mais gerais são aqueles dados pelas ciências que oferecem as ferramentas técnicas. A geoquímica é o estudo químico da composição e dos mecanismos dos principais sistemas geológicos, como é o caso da crosta terrestre e os oceanos, mas que abrange também a compreensão da formação de outros planetas e corpos no Universo (Holland; Turekian, 2005). A química analítica, por sua parte, é um ramo da química que trata sobre a determinação qualitativa (presença ou ausência) e quantitativa (número em que algo está presente) de um ou mais constituintes num material desconhecido (Pollard et al., 2007, p. 38). Esse ramo da química é mais conhecido para quem trabalha na arqueologia através do uso de instrumentação específica para quantificação de elementos e compostos na cerâmica, no lítico, nos metais, etc.

Uma das propostas iniciais para integração da arqueologia com os campos da física e da química foi o termo “arqueometria”, utilizado desde pelo menos 1958 com a publicação em inglês do periódico especializado homônimo (Artioli, 2010, p. 1). O termo começou a ficar popular a partir da década de 1960, com o primeiro simpósio celebrado em Londres, e envolveu uma rápida profissionalização de especialistas. O uso desse conceito, onde a medição (“-metria”) está envolvida, é tão problemático quanto o uso das expressões “ciência(s) arqueológica(s)” e “arqueociências”, pois pressupõe que a arqueologia *per se* não “mede”, e que não é uma ciência (Delley; Plutniak, 2018, p. 1-2) e que precisa, portanto, de um adjetivo que a qualifique como tal⁵. Na prática atual, o uso dessas expressões está ligado à incorporação na pesquisa de métodos e ferramentas advindas das ciências naturais, e seus correspondentes campos, para análise dos materiais (Weiner, 2010, p. 5-6). A definição mais abrangente de arqueometria é a do uso da ciência dos materiais na ciência da conservação (dos objetos de valor arqueológico e histórico, das obras de arte, etc.) e na arqueologia (Artioli, 2010, p. 5).

Um termo introduzido mais recentemente foi o de “microarqueologia”. O termo é devido a Stephen Weiner (2010), um dos protagonistas contemporâneos do estudo de processos de formação em cavernas e abrigos (ver abaixo e Capítulo 3). Para o autor, a microarqueologia é simplesmente o estudo do registro arqueológico microscópico, composto tanto pelos materiais com os que os artefatos macroscópicos estão feitos quanto

⁵ Esta Tese não pretende abordar o importante problema da relação entre a arqueologia e a noção de ciência. Ver discussão em Araujo (2017, 2019a).

pela matriz sedimentar onde eles estão enterrados (Weiner, 2010, p. 1-6). Esse registro microscópico, que está além do “olho nu”, somente é acessível através de métodos e instrumentos específicos (e.g. micromorfologia mediante análise sob o microscópio de luz transmitida, mineralogia por difração de raios-X), dentre eles, aqueles que servem para entender a formação e completude do registro arqueológico, aspectos para os que o autor dedicou boa parcela do seu livro (Weiner, 2010).

Qual termo é, então, mais apropriado? A tensão fundamental entre as diferentes propostas reside em considerar, ora a relação da arqueologia com os conhecimentos necessários para a caracterização de alguma parcela do seu registro (que precisa do *savoir-faire* do especialista em química, em física, em genética), ora a necessidade de utilizar um “*tool kit*” (para usar uma expressão do próprio Weiner, 2010, p. 8) composto por instrumentos específicos (um microscópio, um espectrômetro) para abordar aquilo que o olho de quem faz arqueologia não enxerga.

Um tratamento teórico sobre o problema foi dado pouco mais de trinta anos atrás por Dunnell e Stein (1989). Os autores consideram que, se um artefato é tudo aquilo que apresenta atributos consequência da ação humana (culturalmente transmitida, ver Araujo, 2017, p. 76), esses atributos são tanto físicos quanto locais. A informação predominante que pode ser obtida do artefato irá focar nos primeiros ou segundos, conforme o seu tamanho diminua. Assim, os autores assinalam que os microartefatos, numa faixa de tamanho que eles fixam entre 0,25 e 2 mm (entre a areia média e o grânulo), são ainda identificáveis de forma determinística (i.e. se pode saber que é uma microlasca), mas oferecem, sobretudo, informação local sobre os depósitos onde estão inseridos, os agentes naturais/culturais de transporte, a pouca ou muita suscetibilidade a processos pós-deposicionais específicos, etc. Já por embaixo dos 0,25 mm a informação passível de ser obtida é só local e probabilística, a partir dos “artefatos químicos”, como as concentrações de íons em solução e minerais num depósito (Dunnell; Stein, 1989, p. 36, Figura 1).

Na presente pesquisa prefere-se adotar um critério amplo para designar a interface da arqueologia com abordagens físico-químicas, combinando as noções de Dunnell e Stein (1989) e Weiner (2010). A noção de microarqueologia será utilizada apenas para adjetivar um tipo de aproximação (geo)arqueológica que requeira de instrumentos específicos para abordar o registro não visível. Assim, o estudo microarqueológico dos depósitos do sítio Abrigo Roncador envolverá o uso do microscópio de luz polarizada, da

espectrometria de raios gama, etc. Por outra parte, entender-se-á que abordagens microarqueológicas são necessárias para obter informação sobre propriedades físicas e locais dos componentes e da matriz dos sítios arqueológicos, podendo incluir microartefatos em ambas as categorias⁶.

O importante é traçar, a partir daqui, as relações entre geoquímica/química analítica/arqueometria/microarqueologia e o estudo dos depósitos arqueológicos, visando à compreensão das contribuições químicas dos seres humanos no substrato. Essa relação começou com o trabalho pioneiro do químico sueco Olof Arrhenius (1963) quem nas décadas de 1920 e 1930 analisou a presença de elementos e compostos químicos aportados pela ação humana em assentamentos pré-históricos, chegando a criar mapas de ditos sítios com base na extensão máxima do fósforo em solos naturalmente pobres nesse composto. A partir desses trabalhos, o estudo da contribuição química humana em solos e sedimentos pode ser arranjado, aos efeitos da síntese, em três grandes grupos, segundo o foco estivesse em:

- a) Aporte químico em áreas de atividade e mapeamento químico;
- b) Aporte químico em antrossolos;
- c) Alteração química: completude e preservação de materiais na diagênese

O primeiro grupo inclui estudos de resíduos de atividades que introduzem íons e moléculas em solução, que se acumulam nos poros de um material, ou que são ligados quimicamente com constituintes do material (Middleton et al., 2010; Pecci; Barba; Ortiz, 2017). É o princípio das análises de áreas de atividade em superfícies utilizadas ou ocupadas no passado, tipicamente em sítios com estruturas arquitetônicas e espaços urbanizados (Middleton; Price, 1996; Barba, 2007). As pesquisas foram relativamente escassas até a década de 1970, quando fora desenvolvido um programa de estudos de mapeamento químico de pisos de casas na Mesoamérica (Barba; Ortiz, 1992; Barba, 2007; Middleton et al., 2010). O desenvolvimento de técnicas analíticas multi-elementares e de instrumentação, em particular das diferentes versões do Plasma

⁶ O depósito X de um montículo ou de um sambaqui, quando lá deixado apenas pelo transporte humano, consiste na categoria “c” dos tipos de depósitos arqueológicos de Karkanas e Goldberg (2018) vistos na seção 1.2.1, i.e. um depósito antropogênico. Como um todo, esse depósito é um artefato (a diferença de um depósito geogênico); visto ao microscópio numa seção delgada, ele pode apresentar microartefatos discretos, mas também o arranjo (a fábrica) dos componentes pode ser considerado microartefato.

Indutivamente Acoplado (*Inductively Coupled Plasma* ou ICP⁷), acelerou esse tipo de estudos, sendo hoje uma das principais áreas de aplicação da geoquímica em arqueologia (Middleton; Price, 1996; Holliday, 2004, p. 302-303; Wilson; Davidson; Cresser, 2008; Milek; Roberts, 2013; Pecci; Barba; Ortiz, 2017).

O elemento potencialmente aportado pelos seres humanos que tem recebido maior atenção e literatura é o fósforo (P). O elemento P (além de poder ser herdado das rochas) pode ser introduzido através do rejeito, dos ossos, da carne e das plantas consumidas, dos sepultamentos, etc., e uma vez presente no solo, seja em produtos orgânicos ou inorgânicos, se liga rapidamente com íons de ferro (Fe), alumínio (Al) e cálcio (Ca) e forma compostos relativamente estáveis sob a forma de fosfatos inorgânicos (Holliday, 2004, p. 305; Holliday; Gartner, 2007; Kolb, 2017). Isso faz com que o elemento P seja detectável com relativa facilidade em áreas de atividade de sítios arqueológicos de ocupação prolongada (Arrhenius, 1964; Eidt, 1984; Costa; Kern, 1999).

Existem vários outros elementos que são aportados pelas ações humanas, como carbono (C), nitrogênio (N), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu) e zinco (Zn). As contribuições antropogênicas desses elementos e dos compostos que formam serão oportunamente discutidas no Capítulo 3 e nos resultados da tese (Capítulos 5 e 6). O importante nesta seção é aclarar que, para o caso dos estudos de mapeamento químico de áreas de atividade, têm sido assinaladas duas considerações: uma mesma área ou setor num sítio arqueológico pôde ter sido utilizada para várias atividades, o que sugere cautela na relação entre altos níveis de certos elementos e atividades específicas (Middleton et al., 2010); estudos destinados ao estabelecimento de casos análogos (experimentação, etnoarqueologia) são necessários para se determinar quês atividades produzem quais resíduos, e quantas atividades podem ter sido realizadas num mesmo setor (e.g. numa cozinha) em contextos culturais semelhantes (Barba; Ortíz, 1992; Pecci; Barba; Ortiz, 2017).

O grupo de estudos que enfatizam o aporte químico antropogênico em antrossolos apresenta algumas interfaces com o primeiro grupo. Em particular, se destaca o uso de aproximações geo-etnoarqueológicas (ver Friesem, 2016, Friesem et al., 2016 e Shahack-Gross, 2017; ver também seção 3.3.1) orientadas ao mapeamento geoquímico de acumulações de rejeitos (*middens*, ver seção 7.2.6) e trabalhos em terra em comunidades

⁷ Por motivo de consistência, todas as siglas de procedimentos analíticos mencionados nesta Tese são empregadas em inglês, mesmo as que tem uma sigla habitual em português (e.g. MEV).

atuais (Schmidt et al., 2014), que levam à formação dos antrossolos. No entanto, tanto a quantidade de literatura como a diversidade de processos físico-químicos que caracterizam os antrossolos suscitam a separação num grupo particular.

Os estudos químicos em antrossolos têm visado caracterizar os horizontes antropogênicos, as possíveis atividades produtoras dos aportes e os processos pós-deposicionais/pedogenéticos. As abordagens nas TPA da Amazônia têm mostrado um enriquecimento nos teores dos elementos P, Mg, Ca, Sr, Mn, Cu e Zn no horizonte A com relação aos Latossolos locais (Costa; Kern, 1999; Schaefer et al., 2004), mas também um aumento desses elementos em profundidades maiores, indicando superfícies de terra antigas num processo de *build-up*, comumente associadas com ocupações de diferentes grupos e momentos (Arroyo-Kalin, 2008, 2009). Devido à importância que as TPA têm na literatura geoquímica brasileira, mas também sobre depósitos antropogênicos, elas serão mencionadas ao longo da Tese.

Por fim, o terceiro grupo de estudos, mesmo que já conte com uma produção importante, é ainda bastante incipiente quando comparado com os outros dois. O estudo da alteração química de materiais de interesse arqueológico faz parte da pesquisa sobre a completude do registro, que procura entender as “partes” que compõem e que puderam ter composto (*missing record*) o registro cultural sob estudo (Weiner, 2010, p. 46-52). A compreensão da química da alteração integra o estudo dos processos pós-deposicionais, que são agrupados sob o termo “diagênese” (Friesem, et al., 2021; Karkanias, 2010, 2017; Karkanias et al., 2000; Stephens; Rose; Gilbertson, 2017), proveniente da sedimentologia e que se refere às mudanças que afetam os depósitos sedimentares a baixas temperaturas (<250°C) e profundidades (<5000 m) (Nichols, 2009, p. 279).

O interesse dos/as arqueólogos/as na diagênese química em sítios abrigados (como cavernas e abrigos), como os que são abordados na presente pesquisa (ver detalhe dos processos nesses espaços nas seções 3.2.3 e 3.3.4), surgiu mediante a colaboração de vários especialistas a partir da década de 1980 (com alguns antecedentes na década anterior, e.g. Goldberg; Nathan, 1975). Esses pesquisadores, dentre eles Paul Goldberg (micromorfólogo) e o já mencionado Stephen Weiner (químico) nos começos, procuraram entender as mudanças invisíveis que afetavam o registro das cavernas da região do Levante, dentre elas Kebara e Hayonim (NW e N do atual Israel), escavadas sob supervisão do arqueólogo Ofer Bar-Yosef (1993). Foi o começo do que Shahack-Gross (2017, p. 38) chamou de “pequena revolução” na geoarqueologia, e que deu lugar

a um grupo de pesquisas que hoje constitui parcela importante do arcabouço para o estudo dos processos de formação em sítios abrigados.

O princípio do estudo da diagênese química reside em duas aproximações complementares, sintetizadas por Karkanas (2010, p. 63) em:

a) Determinação das condições químicas passadas para estabelecer se um material arqueológico de interesse for estável nessas condições;

b) Determinação de indicadores de que o material arqueológico de interesse esteve efetivamente presente no depósito estudado e foi dissolvido ou sofreu outro processo.

Na prática, no estudo de casos referidos à preservação de materiais específicos, como ossos e cinzas, as duas estratégias devem ser combinadas, com base em vários indicadores. Tais estudos incorporam métodos químicos multi-elementares, mas também mineralógicos, como é o caso da Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (*Fourier Transformed Infrared spectroscopy* ou espectroscopia FTIR), ferramenta de ampla sensibilidade para a detecção de materiais minerais e orgânicos, muito usada em pesquisas em sítios abrigados (ver seções 3.2.3 e 3.3.4 e Capítulo 4). O estudo da alteração química deveria levar em consideração o tempo ou âmbito temporal da degradação, as forças da degradação (água, reações químicas), os materiais que se degradam, e a informação que os materiais que ficam podem prover sobre o estado de preservação do sítio (Weiner, 2010, p. 52). Todas essas variáveis serão consideradas em detalhe no caso de estudo de preservação em sítios abrigados (seções 3.2.3 e 3.3.4).

Uma esclarecimento deve ser feita com relação a um termo que é habitualmente associado com o problema da preservação de materiais: tafonomia. O termo foi proposto pelo paleontólogo russo Iván A. Yefrémov, conhecido na literatura internacional como Efremov, quem na década de 1940 propôs um novo campo de estudos cujo problema é a passagem dos restos dos organismos mortos da biosfera para a litosfera (Efremov, 1940, p. 85). Esse campo de estudos dentro da paleontologia trataria com o processo mesmo pelo qual um animal ou planta “vira” fóssil e passa a integrar os depósitos sedimentares. A tafonomia estuda, nesse sentido, desde a morte (ou perda de uma parte do corpo) e decomposição do organismo até a diagênese e litificação, passando pela bioestratinomia

ou estudo dos processos ambientais que levam ao sepultamento. Assim entendida, a tafonomia corresponderia na arqueologia ao mesmo campo de estudos dos processos de formação, nas tensões entre deposição e pós-deposição, segundo definido nas seções 1.2 e 1.2.1, o que levou a Domínguez-Rodrigo, Fernández-López e Alcalá (2011) a proporem o uso único desse termo em detrimento de “processos de formação de sítio” (ver também Borrero, 2014).

Em todo caso, como destaca Borrero (2014, p. 17), o nome dado a essa compreensão integral do que acontece após a deposição, e no presente caso à alteração química, não é tão relevante. O autor estabelece que o âmbito dos estudos tafonômicos são as tensões entre meios preservacionais e destrutivos que afetam o registro de qualquer material. De fato, na prática tafonômica arqueológica, a ênfase está nos materiais e não nos depósitos. Uma área típica dos estudos tafonômicos é a destruição e preservação dos ossos, por exemplo, que tem envolvido uma vasta literatura, sobretudo na zooarqueologia (e.g. Lyman, 1994). Poderia, por exemplo, se falar tranquilamente também de uma tafonomia geoquímica dos ossos (e.g. Iliopoulos et al., 2010).

No entanto, aos efeitos conceituais da presente pesquisa, prefere-se manter o arcabouço mais geral das contribuições geoarqueológicas à teoria formativa em sítios abrigados (seção 3.2), porque, de fato, o foco do estudo está aqui nos sedimentos. Mas, a literatura tafonômica relevante para a compreensão de aspectos específicos dos estudos de caso será oportunamente citada (e.g. seção 3.3.4 e nos resultados da Tese).

Todas as aproximações físico-químicas aos depósitos arqueológicos podem ser realizadas em conjunção com outras inspeções microscópicas ou microarqueológicas, dependendo dos objetivos do trabalho. Dentre elas, a micromorfologia de sedimentos e solos arqueológicos tem um lugar fundamental hoje na pesquisa geoarqueológica mundial, e dado que foi utilizada na presente Tese (ver Capítulo 4), seu papel no estudo da antropogênese é sintetizado a seguir.

1.2.3 Abordagens microestratigráficas dos depósitos: a importância da micromorfologia

A micromorfologia é o estudo de amostras de solo intactas, não perturbadas e orientadas mediante o uso de técnicas microscópicas ou ultramicroscópicas (e.g. microscopia eletrônica de varredura) para determinar a sua composição e a relação

espacial dos seus constituintes, aos efeitos de se deduzir relações genéticas e cronológicas (Stoops, 2021; Stoops; Nicosia, 2017, p. 1). Essa disciplina reside habitualmente no uso do microscópio petrográfico ou microscópio de luz transmitida (ou de luz polarizada) mediante a análise de seções delgadas de solo de ~30 µm de espessura. São combinadas observações sob diferentes fontes de luz, polarizada plana (PPL), cruzada ou com polarizadores (ou “nicóis”) cruzados (XPL), incidente oblíqua (OIL), etc. e sob diferentes ampliações.

A análise micromorfológica é utilizada na pedologia (no âmbito da micropedologia) para a determinação da composição e suas características em diferentes fontes de luz (PPL, XPL), e para o estabelecimento da fábrica do solo, o arranjo espacial dos constituintes, a sua forma, tamanho e frequência (Stoops, 2021).

Na geoarqueologia contemporânea, a micromorfologia tem adotado um lugar central, com maior força nas últimas duas décadas. O principal motor por trás desse impulso vem dado pelo estudo dos sedimentos/solos que ingressam na categoria “c” da classificação de Karkanas e Goldberg (2018), mencionada na seção 1.2.1, i.e., os antropogênicos. O trabalho pioneiro nessa direção foi o livro de Courty, Goldberg e Macphail (1989) que, há mais de 30 anos, estabeleceu como a parte mais importante desse trabalho aquela dedicada às “feições antropogênicas”, um conceito multi-escalar que abrange desde as fogueiras e pisos até às modificações produzidas na paisagem pelo cultivo. A micromorfologia tinha, para os autores, o lugar central de evidenciar, por meio de uma análise visual do arranjo das camadas e componentes (as fábricas ou microfábricas), a sequência de processos deposicionais antrópicos e suas alterações sin- (contemporâneas à ocupação) e pós-deposicionais (Courty; Goldberg; MacPhail, 1989, p. 138).

A caracterização micromorfológica dos depósitos antropogênicos começou crescer na década de 1990 com trabalhos nas diferentes escalas de Courty, Goldberg e Macphail (1989), desde os sítios urbanos (Gé et al., 1993; Matthews et al., 1997) até as modificações agrícolas milenares nas paisagens europeias (e.g. French, 2003).

Mas um conceito importante de ser mencionado para fechar o capítulo, pelo impacto que teve sua introdução na geoarqueologia de depósitos antropogênicos em abrigos e cavernas, foi o de microfácies. O conceito foi impulsionado por Courty (2001), que defendeu a descrição de componentes sedimentares distintos com base nas observações das seções delgadas, e a posterior construção hierárquica de “lógicas” (tipos)

de depósitos com diferentes fábricas, daquelas unicamente sedimentares e pedogênicas às antropogênicas e misturadas, das mais às menos microestratificadas. Goldberg et al. (2009) adotaram o conceito para o trabalho na caverna de Sibudu (a ser mencionado no Capítulo 3), mas com o intuito dado por Flügel (2004) no seu trabalho com microfácies de rochas carbonáticas. Para esse autor, todos os dados que podem ser descritos em seção delgada ou blocos polidos, etc., constituem uma microfácies, podendo ser esses dados recorrentes, e ser encontrados em diferentes lugares, derivados de ambientes deposicionais semelhantes. Hoje o conceito é usado em geoarqueologia de cavernas num exercício de reconhecimento de padrões, onde diferentes atividades humanas como o acendimento de uma fogueira, a varredura dos seus restos, o jogado das cinzas, deixam específicas características reconhecidas em componentes e arranjos (ver Capítulo 3).

O importante a ser destacado da aplicação da micromorfologia em estudos sobre contribuições antropogênicas aos substratos, é que ela constitui uma técnica flexível, que pode e deve ser complementada com aproximações físico-químicas como as já resenhadas. Esse foi o enfoque utilizado nesta pesquisa (Capítulo 4).

Tanto as aproximações mais básicas, voltadas à caracterização das diferentes fábricas presentes nas seções delgadas, quanto aquelas orientadas ao agrupamento de microfácies, para determinação de processos comuns em setores e sítios diferentes, em sítios de alta complexidade estratigráfica com presença de depósitos antropogênicos, são hoje utilizadas na micromorfologia arqueológica. A sua aplicação ao mundo dos abrigos e cavernas arqueológicas será detalhada no Capítulo 3. As duas estratégias foram utilizadas nesta pesquisa, ajustadas aos respectivos problemas do Estudo de caso 1 (fábricas) e do Estudo de caso 2 (microfácies).

2 ÁREAS DE ESTUDO: ASPECTOS AMBIENTAIS, HISTÓRICO DAS PESQUISAS ARQUEOLÓGICAS E APRESENTAÇÃO DOS SÍTIOS

O presente Capítulo tem por objetivo a caracterização das duas áreas de estudo abordadas na pesquisa de Doutorado. A sistematização vai do panorama mais regional do arcabouço hidrográfico, geológico e geomorfológico, pedológico, climático, botânico, paleoambiental e arqueológico, para o arcabouço mais local definido pelos próprios sítios, sua inserção nas regiões, e suas histórias de pesquisas arqueológicas. O escopo da revisão é justificado pelo próprio âmbito onde se localizam os sítios, sendo tanto a bacia do rio Corumbataí, no centro-leste paulista, quanto o vale do Ribeira de Iguape, no sul paulista-nordeste paranaense, lugares de confluência de ambientes, culturas e interesses de pesquisa diversos ao longo do tempo. Mas outra justificativa é também vital: a gênese dos depósitos que preenchem os abrigos estudados em uma e outra região não poderá ser entendida sem o apropriado arcabouço natural e o complexo mosaico de dinâmicas culturais onde as populações que habitaram os abrigos definiram formas de vida, tecnologias e práticas de uso dos espaços abrigados.

2.1 Área do Estudo de caso 1

2.1.1 Arcabouço regional

O arcabouço regional onde se inserem os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador, no Município de Analândia, região centro-leste do Estado de São Paulo, é a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, com uma extensão de 1.717,59 km². O rio Corumbataí nasce a uns 1000 m de altitude, no Município de Analândia, e conforma uma das bacias hidrográficas mais importantes do interior paulista. Por sua parte, a sub-bacia do Corumbataí constitui o conjunto das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, manejada pela Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo número 05 (UGRHI 05), e se compõe de oito municípios (Agência das Bacias PCJ, 2018, Tabela 3). Na sua totalidade, essas bacias abrangem uma área de 15.377,81 km², estando um 92,45% da área no Estado de São Paulo e o 7,55% restante no Estado de Minas Gerais. O rio Corumbataí tem como seus principais afluentes

os rios Passa-Cinco, Cabeça e Ribeirão Claro, e desemboca no rio Piracicaba (Valente, 2001, p. 24).

O sítio Abrigo do Alvo se insere no setor do alto rio Corumbataí, na área norte do Município de Analândia, a uns 9,5 km da sede do município, em coordenadas UTM 23K 23K 229279 / 7559314 (Figura 2). Por sua parte, o sítio Abrigo Roncador está localizado no setor nordeste do Município, a aproximadamente 5 km da sede municipal, em coordenadas UTM 23K 220406 / 7551367. Os sítios distam 11,8 km entre si.

Os sítios fazem parte de uma região reconhecida pela sua geodiversidade, existindo iniciativas atuais de constituição de um geoparque, o Projeto Geoparque Corumbataí (Kolya, 2019). Como se destacará nas seções seguintes, a região apresenta um importante número de geoformas, com destaque para a presença de abrigos areníticos e morros testemunhos.

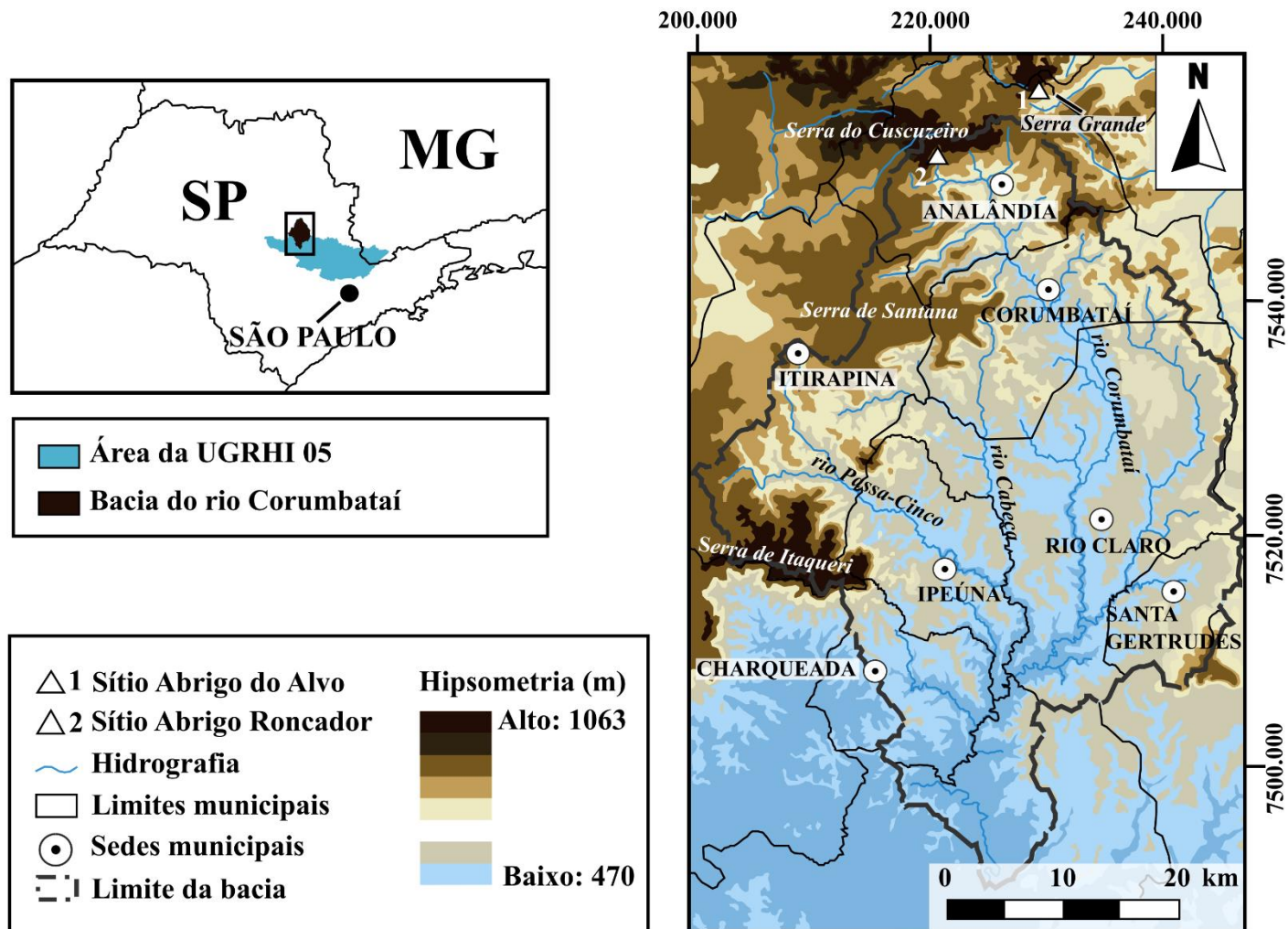


Figura 2 – Inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na bacia do rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Castro (2000) e Kolya (2019, Figura 18). Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000.

2.1.1.1 Geologia e geomorfologia

Por motivo da sua geodiversidade (ver Kolya, 2019), o arcabouço geológico da região foi objeto de várias aproximações, existindo um mapeamento na escala de 1:250.000 (CEAPLA, 2010; CPRM, 1979) (ver Figura 3) e estudos específicos sobre os diferentes setores da bacia, em particular visando o desenvolvimento de estratégias de conservação e valorização patrimonial (Zaine; Perinotto, 1996; Kolya, 2019).

Exposto de forma breve, o contexto ou substrato geológico onde a bacia hidrográfica do rio Corumbataí se insere pode ser sintetizado em:

a) Dentro do arcabouço estrutural da Província Paraná, a região faz parte do setor nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, um importante âmbito continental intracratônico de deposição magmático-sedimentar com mais de 1.000.000 de km² de extensão em território brasileiro, abarcando também parte de Paraguai, Argentina e Uruguai (Milani, 2004; Milani et al., 1998). A Bacia está constituída, em termos estratigráficos, por diferentes Supersequências, com idades que recuam até a Época Ordoviciano Superior (ca. 458,4-443,8 Ma⁸) e chegam até a Época Cretáceo Superior (ca. 100,5-66,0 Ma) (Milani, 2004, p. 268, Figura 2);

b) Nesse âmbito, a região da bacia do rio Corumbataí representa uma boa síntese da história litoestratigráfica do Eon Fanerozoico da Bacia sedimentar, aflorando rochas da Era Paleozoica até a Era Cenozoica (Zaine; Perinotto, 1996). As unidades litoestratigráficas, todas de natureza siliciclástica à exceção da magmática Formação Serra Geral, são, da base ao topo: Grupo Itararé, Formação Tatuí, Formação Irati, Formação Corumbataí, Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Formação Itaqueri, e Formação Rio Claro;

c) Na área específica do Município de Analândia (Figura 3), as unidades litoestratigráficas aflorantes apresentam, da base ao topo, as seguintes características:

- Formação Corumbataí: constituída por siltitos, folhelhos e argilitos avermelhados e arroxeados, com intercalações de bancos carbonáticos, de sílex e

⁸ Todas as idades referidas a unidades cronoestratigráficas estão baseadas na Tabela Cronoestratigráfica Internacional (Cohen et al., 2018).

de camadas de arenitos finos. Destaca-se a presença de acamamentos ondulados e lenticulares. Apresenta fósseis de bivalves, ostrácodes, peixes e restos vegetais, com ocorrência de estromatólitos. Em termos de ambiente deposicional, interpretam-se planícies de maré e ambientes lacustres, que fazem parte de um sistema deposicional marinho raso registrado no Grupo Passa Dois (Perinotto et al., 2008);

- Formação Pirambóia: está formada por arenitos feldspáticos, arenitos conglomeráticos esbranquiçados, alaranjados e avermelhados, com presença de siltitos. Há presença de estratificação cruzada e sub-horizontal. É interpretado para esta unidade um sistema deposicional eólico úmido, com presença de campos de dunas e interdunas, campos de dunas costeiras e planícies interdunas úmidas, com presença, ainda, de rios entrelaçados e distais de leques aluviais (Gesicki 2007);

- Formação Botucatu: constituída por arenitos quartzosos bimodais (com presença de areia muito fina e fina, ou areia fina e média). São típicas as séries de estratificações cruzadas que chegam a ter extensão decamétrica, e são frequentes as laminações cruzadas cavalgantes. Trata-se de um ambiente desértico, com um sistema deposicional de campos de dunas eólicas com interdunas secas (Gesicki, 2007);

- Formação Serra Geral: formada por basaltos, diabásios, riolitos e andesitos, com presença de intercalações areníticas. Representa diferentes eventos de derrames de lava produzidos como consequência do magmatismo fissural que teve lugar na abertura do *rift* do Atlântico e separação do Gondwana (Machado, 2005);

- Formação Itaqueri: está constituída por arenitos, folhelhos e conglomerados, com presença de estratificação plano-paralela e presença de silicificação e ferricretização. Interpretam-se dois eventos de leques aluviais, no meio dos quais se desenvolveu um paleossolo que sofreu processos de silicificação, dando origem a duricostras silíceas que sustentam escarpas em algumas serras (Ladeira, 2001);

- Aluvião e sedimentos recentes: trata-se de sedimentos cenozóicos amplamente distribuídos nos fundos de vales atuais, terraços, depósitos aluvionares e depósitos de reverso de escarpas (Zaine; Perinotto, 1996, p. 8).

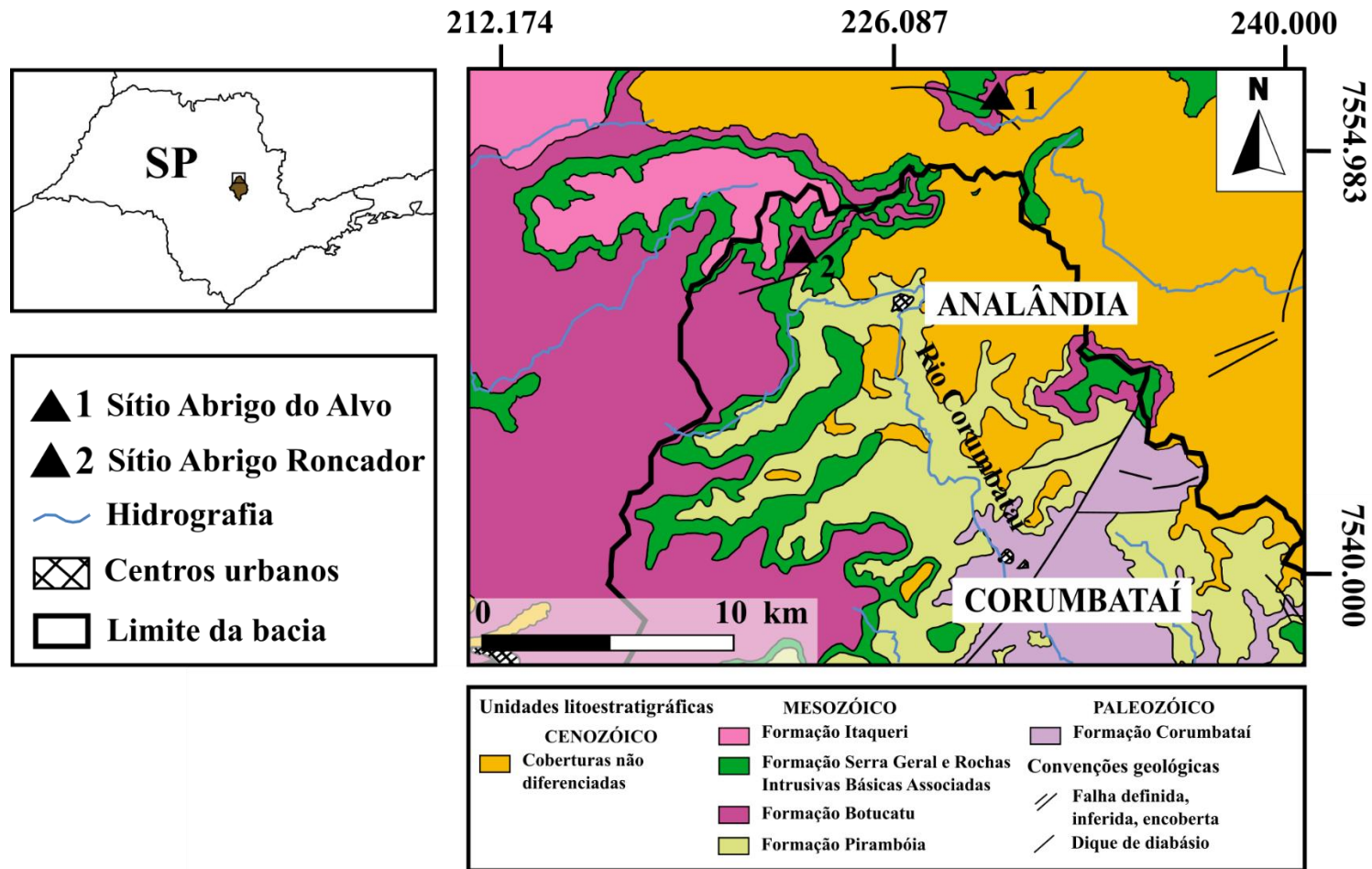


Figura 3 – Mapa geológico com inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na sub-bacia do alto rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em CEAPLA (2010) e CPRM (1979). Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000.

Em termos geomorfológicos, a região da bacia do Corumbataí se insere numa área de transição entre dois grandes compartimentos do Estado de São Paulo (Almeida, 1964): a Província das Cuestas Basálticas e a Depressão Periférica Paulista. A Província ou Domínio das Cuestas Basálticas (Almeida, 1964, p. 242-254), ou simplesmente relevo cuestiforme, atravessa o estado numa franja de direção sudoeste–noroeste, e se caracteriza pela presença de escarpas formadas pela erosão diferente de um substrato duro basculante (espanhol *cuestas*), baseado na desigual resistência ao intemperismo das Formações Botucatu (menos resistente, quando não silicificado) e Serra Geral (mais resistente). Esse relevo apresenta, tipicamente, escarpas com declividade acentuada (frente ou *front*) e patamares de morfologia suavizada (reverso) que constituem, em muitos casos, amplos planaltos (IPT, 1981, p. 67-69). A Depressão Periférica é uma área rebaixada pela erosão (uma superfície de aplainamento), de idade Cretáceo – Terciária, superposta às estruturas paleozoicas e mesozoicas entre as cristas do Planalto Ocidental e as Cuestas Basálticas (IPT, 1981, p. 56). A bacia do Corumbataí se insere na Zona Médio Tietê da Província (Almeida, 1964, p. 229-238), com uma topografia pouco acidentada, com mergulho para noroeste e sem grandes planícies aluviais, mas com importante erosão que permitiu, em alguns setores, o destaque do relevo cuestiforme.

Segundo a cartografia geomorfológica IPT (1981, p. 61), o setor norte-nordeste da região da bacia do Corumbataí (o alto Corumbataí), onde se inserem os sítios sob estudo⁹ (Figura 2), apresenta, ainda dentro da Zona Médio Tietê da Depressão Periférica, relevos cuestiformes da transição com a unidade das Cuestas. É caracterizado pela presença de planaltos interiores (ou planaltos isolados das Cuestas), como é o caso do Planalto de Campo Alegre (cotas por volta dos 740 m), o Planalto de São Carlos (cotas entre 850 e 780 m) e o Planalto de Descalvado – Água Vermelha (cotas por volta dos 760 m) que limitam, para leste e norte, os sítios de interesse (IPT, 1981, Figura 4.8). No primeiro caso, o planalto constitui a Serra da Estrela e no segundo caso, a Serra do Monte Sinai.

São comuns na área os patamares formados pela alternância entre basalto e arenito silicificado, e as Colinas Médias (nome da unidade), com topos aplainados e de suave inclinação, vertentes com perfís convexos a retilíneos, drenagem de baixa intensidade,

⁹ Apesar de estar um pouco fora do limite da bacia do Corumbataí *stricto sensu* (por 2,5 km), o sítio Abrigo do Alvo se insere no mesmo arcabouço geomorfológico regional do que o sítio Abrigo Roncador, no setor norte da bacia (ver Kolya, 2019).

padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, e planícies aluviais interiores restritas (IPT, 1981). O relevo colinoso define ainda mais um sistema serrano, a Serra do Cuscuzeiro.

Um dos aspectos mais chamativos do relevo no alto Corumbataí é a presença dos denominados morros testemunhos do Cuscuzeiro e do Camelo (Lupinacci, 2014) (ver na seção 2.1.4 a Figura 8a). Esses morros isolados, formados por litologias básicas, fazem parte de Mesas Basálticas, unidade de relevo com topos aplainados a arredondados, vertentes com perfís retilíneos por vezes escarpados e com exposições de rocha, drenagem de média densidade, padrão pinulado a subparalelo, e vales fechados (IPT, 1981, p. 61). Sobre a formação dos morros testemunhos interpreta-se hoje que foram esculpidos e separados do *front* cuestiforme por processos erosivos, que tiveram um impulso na ação da dinâmica morfoestrutural, i.e. na existência de lineamentos locais contribuindo a essa separação (Lupinacci, 2014). O *front* cuestiforme da Serra do Cuscuzeiro estaria também marcado por falhamentos que condicionam as drenagens locais e seu potencial erosivo (Stefanutto; Lupinacci, 2016).

Outro aspecto importante da paisagem do alto Corumbataí, fundamental para este estudo de caso, é a presença de abrigos e cavernas em arenito (Kolya, 2019), sendo uma das importantes regiões espeleológicas em litologias siliciclásticas do país, associada com as ocorrências da Formação Botucatu (Auler, 2019, p. 39). É nesse âmbito geológico e geomorfológico onde se inserem vários sítios arqueológicos em abrigos areníticos, localizados nas encostas do relevo planáltico local, incluídos o Abrigo do Alvo e o Abrigo Roncador.

O sítio Abrigo do Alvo se encontra no setor meridional da escarpa da Serra Grande em meio a uma mancha de mata em meia encosta de morro (seção 2.1.3, Figura 5a-b). O sítio Abrigo Roncador se localiza na encosta sul-oriental da Serra do Cuscuzeiro, que apresenta nas colinas amplas que constituem seu topo (i.e. o reverso do relevo cuestiforme) litologias correspondentes à Formação Itaqueri (seção 2.1.4, Figura 8a-b).

2.1.1.2 Solos

Os solos da área onde se localizam os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador foram mapeados na década de 1980 pelo Instituto Agrônomo de Campinas, encontram-se hoje sistematizados no mapa pedológico estadual (Rossi, 2017, p. 62-65) na folha

Campinas (SF-23-Y-A), sendo expostos de forma resumida e mapeados para a bacia do Corumbataí nos trabalhos de Valente (2001) e Kolya (2019). As principais classes de solo (no nível de Subordem) reconhecidas são: Latossolos Vermelhos; Latossolos Vermelho - Amarelos; Argissolos Vermelho – Amarelos; Nitossolos Vermelhos; Neossolos Quartzarênicos; Neossolos Litólicos; Gleissolos Háplicos (Figura 4).

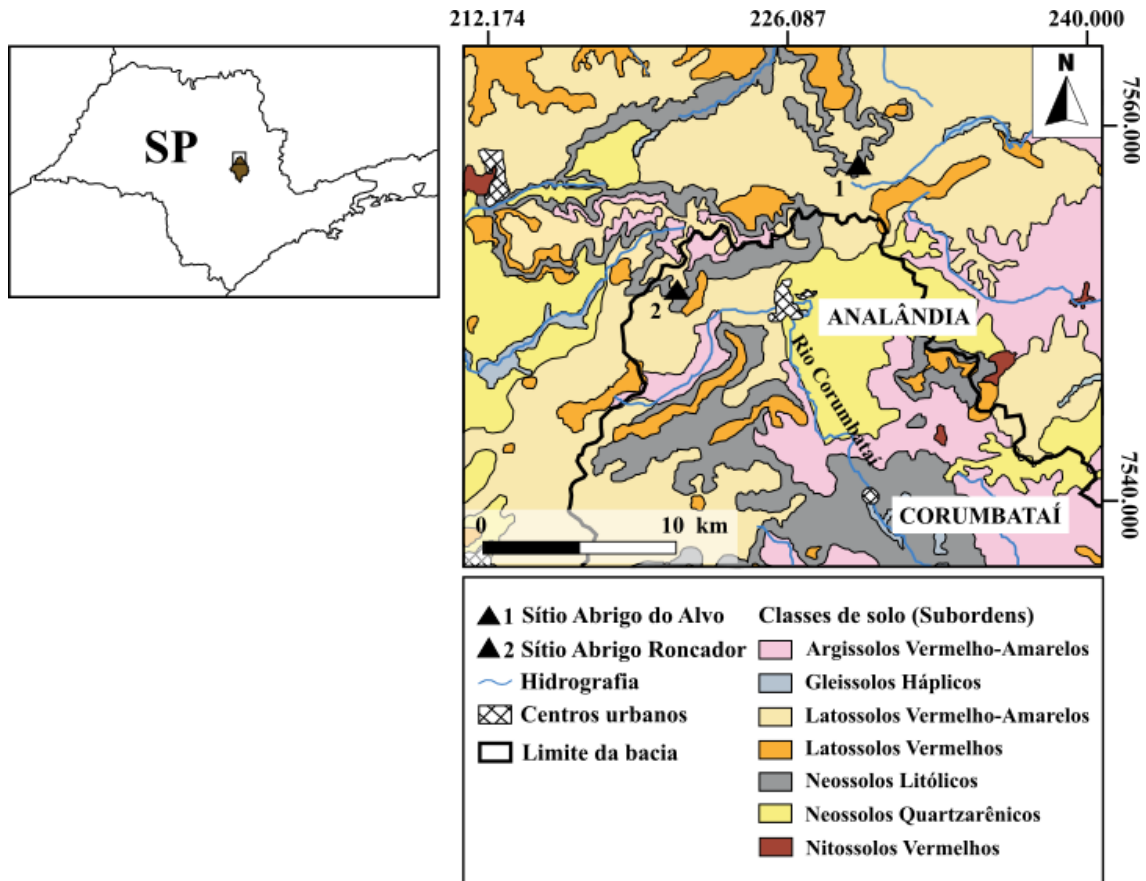


Figura 4 - Mapa pedológico com inserção dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador na sub-bacia do alto rio Corumbataí. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Rossi (2017, p. 64-65), Folha Campinas SF-23-Y-A. Projeção UTM (fuso 23K), datum SIRGAS 2000.

2.1.1.3 Clima e vegetação

A região da bacia do Corumbataí se caracteriza por apresentar um clima subtropical úmido do tipo Cwa na classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso. A estação quente e chuvosa vai de outubro a abril, enquanto a estação menos chuvosa ocorre de maio a setembro. No entanto, vários setores serranos da região por

acima dos 500 msnm apresentam a peculiaridade de possuir um clima subtropical de altitude, com verões mais frescos e temperaturas médias anuais abaixo dos 22°C (Kolya, 2019, p. 47).

Em termos de vegetação, a bacia é destacada na literatura por ter constituído uma das principais áreas da Mata Atlântica original do Brasil, que fora intensamente modificada e fragmentada pelo uso desordenado do solo ao longo dos diferentes ciclos agrícolas regionais (Valente; Vettorazzi, 2005, p. 45; Kolya, 2019, p. 58). As fitofisionomias florestais predominantes, que abarcam apenas um 11% da bacia, são a Floresta Estacional Semidecidual (nos planaltos), a Floresta Estacional Semidecidual Submontana (nas encostas das *cuestas*), Floresta Estacional Decidual (associada aos litossolos), e Floresta Paludosa (associada a solos hidromórficos). Há ainda ocorrências de vegetação do Bioma Cerrado em áreas de solos arenosos, que somam apenas um 1,25% da bacia, sendo a formação florestal de aspecto resistente à seca conhecida como Cerradão, a única predominante (destacam também as Matas de Galeria, Kolya, 2019, p. 58). Quando comparada com os outros setores da bacia (Valente; Vettorazzi, 2005, p. 47), a do alto Corumbataí, onde estão os abrigos estudados, é uma das principais sub-bacias em termos de preservação de formações florestais (12,44 % da área da sub-bacia), e a principal em termos de presença de Cerrado (*lato sensu*) (5,24 % da área da sub-bacia).

2.1.1.4 Estudos paleoambientais

O centro do Estado de São Paulo não está dentre as regiões mais estudadas em termos paleoclimáticos e paleoambientais do país, apresentando escassos registros (De Oliveira et al., 2014). No entanto, é possível (e necessário) oferecer um panorama das condições nas quais os grupos humanos que habitaram os abrigos e outros sítios da região teriam vivido.

Segundo Araujo (2013, p. 140-141) a instabilidade parece ter sido no Brasil a característica principal da transição entre o Último Máximo Glacial (ca. 23.000–19.000 cal AP) e o Tardiglacial (ca. 19.000–11.700 cal AP), e entre este último e o Holoceno (ca. 11.700 cal AP até hoje). Condições úmidas entre ca. 33.000 e 20.000 AP (41.720-33.572 cal AP até 25.719-20.948 cal AP¹⁰) foram inferidas por Turcq, Pressinotti e Martin (1997)

¹⁰ Exceto quando indicado, todas as idades radiocarbônicas apresentadas foram calibradas usando o pacote de R (R Core Team, 2021) *rcarbon* (Crema; Bevan, 2021) com a curva SHCal20 (Hogg et al., 2020).

por meio de estudos paleohidrológicos para o vale do rio Tamanduá, em São Simão (por volta de 70 km para o norte de Analândia), que teriam sido substituídas por condições mais secas e de alta erosão das encostas entre ca. 17.000 e 10.000 AP (23.755-17.143 cal AP até 12.971-11.195 cal AP). A umidade voltaria entre ca. 10.000 e 6.000 AP (12.971-11.195 cal AP até 7.554-6.498 cal AP), com desenvolvimento da floresta, coincidindo o final desse período com a primeira ocupação do Abrigo do Alvo (ver Tabela 1). Por fim, após ca. 6.000 AP (7.554-6.498 cal AP) começou um intervalo levemente mais seco, mas com um nível d'água alto.

A próxima região do baixo rio Mogi-Guaçu, no Município de Luíz Antônio (nordeste paulista, por volta de 64 km de Analândia), objeto de estudos *multi-proxy* (Celarino et al., 2013), teria apresentado um clima mais seco do que o atual por volta dos 10.250 cal AP (10.251-10.186 cal AP, calibração dos autores), com a formação de um horizonte orgânico num meandro abandonado do rio e predominância de assinatura isotópica de plantas C₄ indicando uma expansão dos campos, entre outros. Maior umidade e calor teriam caracterizado o intervalo entre 2.183-2.096 cal AP (calibração dos autores) e hoje, com a instalação do Cerrado e o incremento de *taxa* arbóreas, indicando vegetação mista. Um estudo palinológico, antracológico e de isótopos ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânica do solo, efetuado no mesmo local (Souza et al., 2013), determinou condições secas a partir dos 10.251-10.186 cal AP (calibração dos autores), com instalação de vegetação do tipo C₄, e uma alta frequência de fragmentos de carvão indicando ocorrência de paleoincêndios até 6.986 cal AP (calibração dos autores). As condições secas prevaleceriam até 2.096 cal AP (calibração dos autores), quando a vegetação começaria ser mais fechada com mistura de vegetação de campo e de floresta (cerradão).

A noção de um clima mais seco no Sudeste e no Brasil central nos começos do Holoceno tem sido enfatizada em vários trabalhos (ver síntese em Araujo, 2013). Para a região próxima a Analândia de Botucatu (uns 117 km a sudoeste), também na região das *Cuestas*, Gouveia et al. (2002) detectaram uma alta ocorrência de paleoincêndios entre pelo menos 6.080 AP (7.552-6.289 cal AP) e ca. 3.040 AP (3.569-2.759 cal AP), que não teria impactado, no entanto, a vegetação C₃ predominante. Na mesma região, Scheel-Ybert et al. (2003) relataram, graças à antracologia e isótopos, uma vegetação de tipo floresta semidecidual e cerradão desde por volta dos 8.000 AP (9.892-7.941 cal AP), com clima seco no geral, mas condições um pouco mais úmidas, havendo a tendência para um clima úmido desde ca. 3.040 AP (3.569-2.759 cal AP). A região serrana de Botucatu, no

Município de Bofete (uns 125 km a sudoeste desde Analândia), foi alvo de estudos palinológicos por parte de Bissa et al. (2013) e Bissa e Toledo (2015), os que encontraram, para o período correspondente ao começo da ocupação humana regional, entre ca. 14.650 e 7.240 AP (18.177-17.508 cal AP até 8.168-7.936 cal AP), evidências de um clima úmido e frio, com um pulso um pouco mais seco e frio entre 12.950 cal AP (idade interpolada dos autores) e 8.168-7.936 cal AP. Já o período entre a última idade e ca. 4.670 AP (5.467-5.303 cal AP) teria apresentado áreas de floresta e campos, com leve retração por vezes; um incremento da umidade e calor seria, no entanto, a nota predominante desde o final desse período, com importante crescimento da floresta e diversidade dos *taxa* arbóreos. Os autores enfatizaram a ação de processos locais na escarpa da serra de Botucatu, que a diferenciariam de outras regiões amostradas do sudeste brasileiro (Bissa et al, 2013, p. 8).

2.1.2 Histórico das pesquisas arqueológicas regionais: os abrigos na dinâmica dos grupos indígenas das bacias do centro paulista

A região principal onde se inserem as discussões de cunho arqueológico de relevância para entender a ocupação do Abrigo do Alvo e do Abrigo Roncador é o centro do Estado de São Paulo, na mencionada bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, margem direita da bacia do médio rio Tietê, apesar de existirem relações deriváveis com outras regiões (Galhardo, 2010; Correa, 2022). As pesquisas tiveram seu principal eixo geográfico na cidade de Rio Claro, centro-leste paulista, com epicentro na extinta Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, como exposto por Araujo (2001b). A abundância de material lítico lascado na região foi sempre um grande motivador do interesse de amadores até finais da década de 1950, quando prospecções e escavações sistemáticas foram desenvolvidas por parte de Altenfelder Silva e Tom O. Miller Jr, membros da mencionada faculdade. Outra protagonista inicial seria Maria C. Beltrão, quem desenvolveria um projeto na região que derivara na escavação do sítio Alice Boër (ver mais abaixo).

Altenfelder Silva (1967, 1968) definiu horizontes líticos e cerâmicos da região, com tradições lascadas e polidas correspondendo com ocupações rápidas de grupos no primeiro caso, e com vasilhames associados à Tradição Tupiguarani no segundo caso. Estes últimos, de acordo com observações de seriação cerâmica, teriam sido mais antigos

na região de Piracicaba e mais recentes nos municípios de Rio Claro e São Carlos (Altenfelder Silva, 1968, p. 165). A obra de Manuel Pereira de Godoy, na década de 1940, é citada como uma das primeiras descrições sobre a cerâmica hoje filiada à Tradição Tupiguarani para a região de Rio Claro e municípios do nordeste paulista (Moraes, 2007, p. 22).

Como parte de um projeto que derivou na sua tese de doutorado¹¹, Miller Jr. (1972, p. 71-76, 2011) arranhou os conjuntos líticos pré-cerâmicos da região na Tradição Rio Claro e na Tradição Ipeúna, estando a primeira relacionada ao uso de lascas suporte e a segunda ao uso de suportes naturais, como seixos fluviais e cristais. A Tradição Rio Claro foi subdividida em quatro fases, da mais antiga à mais recente: Serra D'Água, Santo Antônio, Marchiori e Pitanga. Serra d'Água e Santo Antônio, sem pontas de projétil, diferenciam-se na presença de lascamento bipolar e artefatos retocados (unifaciais e bifaciais, incluindo plainas, facas e raspadores) e bifaces foliáceas na primeira, e de espatifamento e percussão direta para produção de suportes de artefatos unifaciais na segunda. Marchiori envolveria o uso da percussão direta e a introdução das pontas de projétil, junto com os machados polidos. A última fase, Pitanga, envolveria maior frequência de retocados e maior variedade de peças com façongem bifacial, incluídas as pontas de projétil. Por fim, na Tradição Ipeúna Miller Jr. (1972, p. 73) destacou a Fase Monjolo Velho, que além do uso de suportes naturais, teria envolvido pouco retoque. Com relação aos sítios cerâmicos, Miller Jr. (1972) identificou a Tradição Itararé em dois sítios arqueológicos da região, sendo o primeiro arqueólogo em identificar dita tradição no território paulista (Afonso, 2016, p. 31).

As pesquisas teriam outro impulso na década de 1960 com a abordagem de três sítios arqueológicos na região por parte de Maria C. Beltrão, dentre eles, o sítio Alice Boër, considerado por muito tempo um dos sítios mais antigos da América do Sul (e.g. Beltrão, 1974; Dillehay et al., 1992; ver discussão em Araujo et al., 2021). Inserido num terraço de várzea na margem direita do ribeirão Cabeça, afluente do rio Corumbataí, no Município de Ipeúna, o sítio foi visitado e escavado por Miller Jr. nos começos da década, e escavado por Beltrão desde 1965 (ver Moreno de Souza, 2019, p. 68-69). Até meados da década de 1980 o sítio teve quatro amplas áreas de escavação abertas, sendo atingida uma profundidade máxima de 4 m, e tendo sido obtidas múltiplas idades entre ca. 2.200

¹¹ Defendida em 1968, mas publicada pela Sociedade de Arqueologia Brasileira em 2011.

e 11.000 AP, tanto mediante termoluminescência dos artefatos alterados termicamente quanto por radiocarbono (Beltrão et al., 1982). Uma idade radiocarbônica de 14.200 ± 1.150 AP (19.602-13.811 cal AP) obtida no nível 10 (Beltrão, 1974, p. 20, 2000, p. 9) foi objeto de controvérsia à época pelos paradigmas que existiam sobre o povoamento inicial do continente (i.e. o modelo “Clovis first”), além de questões de associação e processos pós-deposicionais atuantes (Araujo, 2001b, p. 135; Araujo et al., 2021, 2022).

O sítio destacou-se por apresentar numerosas pontas pedunculadas, tanto em superfície quanto em sub-superfície, além de múltiplos produtos de lascamento (Moreno de Souza 2019, p. 139-142; Araujo et al., 2021). Beltrão (1974, p. 217) organizou originalmente o material em horizontes pré-projéteis seguidos dos horizontes projéteis, sendo depois rearranjados pela autora em tradições (Beltrão, 2000, p. 42-45), que começaram com uma tradição de seixos e blocos lascados, seguida de uma tradição unifacial e finalmente por uma tradição bifacial, com quatro grupos de pontas de projétil. As pesquisas sobre o sítio foram retomadas na década passada e serão mencionadas mais abaixo.

Na década de 1970 uma parceria entre o Instituto de Pré-História (IPH) da Universidade de São Paulo e a mencionada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, coordenada por Dorath Uchôa e Caio Garcia, derivou na prospecção, coleta sistemática e escavação do sítio lítico Pau d’Alho (Uchôa, 1988). Por outro lado, prospecções desenvolvidas no final dessa década e começo da próxima por parte de Luciana Pallestrini e colaboradores do Museu Paulista, detectaram o sítio Caiuby, Município de Santa Bárbara d’Oeste, também com lítico lascado unicamente (Morais, 1983). Tratou-se de uma indústria lascada em sílexito, caracterizada por artefatos retocados (raspadores com diferentes formas de retoque, Morais, 1983, p. 151-152) com ampla presença de produtos de debitagem, além de pontas de projétil, percutores, entre outros.

O panorama cronológico da região centro-leste, tendo como eixo a bacia do Corumbataí, na década de 1980, já permitia vislumbrar uma grande profundidade temporal das ocupações indígenas, que começava com as supostas idades recuadas do Alice Boër. Além das diversas idades aportadas para esse sítio (Beltrão, 1974; Beltrão et al., 1982), devem se destacar as cinco idades radiocarbônicas reportadas por Miller Jr. para a Fase Santo Antônio da Tradição Rio Claro no componente Santa Rosa III entre ca. 4.530 AP e 2.490 AP (Miller Jr., 1972, p. 74). A essas datações foram acrescentadas as

idades do sítio Pau d'Alho (Uchôa, 1988) de 5.505 ± 105 AP (6.485-5.995 cal AP) e 4.140 ± 345 AP (5.548-3.697 cal AP), e uma idade derivada de uma feição de combustão do sítio Caiuby (Morais, 1983) de 5.350 ± 120 AP (6.389-5.754 cal AP), aumentando o sinal regional do Holoceno Médio.

Na década de 1980 houve um impulso às pesquisas em abrigos sob rocha na região central do Estado, graças às prospecções espeleológicas desenvolvidas por um grupo sob coordenação do espeleólogo e arqueólogo amador francês Guy-Christian Collet. O nome de Collet será repetido inúmeras vezes ao longo da presente pesquisa, por ter sido o descobridor dos três sítios nela estudados (ver seção 2.2.2 no caso do sítio Abrigo Maximiano). Em particular, no âmbito do Grupo Bagrus de Espeleologia, Collet focou seu interesse na região de cavidades areníticas abarcada pelos municípios de Ipeúna, Analândia e Corumbataí, tendo também como epicentros importantes às cidades de Rio Claro e São Carlos (Collet, 1981, p. 1). Embora tivesse uma forte motivação espeleológica, Collet enfatizou a busca de “gravuras e pinturas rupestres, aspecto da presença do homem pré-histórico pouco frequente no estado de São Paulo, ou pelo menos até agora pouco pesquisado” (Collet, 1981, p. 2).

Situado no Município de Ipeúna, o Abrigo da Glória foi um dos sítios escavados por Collet e equipe (Collet, 1980). A presença de gravuras nas paredes e de sulcos para polimento chamou a atenção dos prospectores, que abordaram uma sondagem de 1 x 1 m e recuperaram material lítico em arenito silicificado com retoques marginais em algumas lascas. Um ano depois foi desenvolvida uma prospecção nos municípios acima mencionados, sendo descobertos vários abrigos com características semelhantes (Collet, 1981). Duas sondagens seriam desenvolvidas no Abrigo Santo Urbano, Município de Corumbataí, que também apresentava gravuras na parede, além de material em arenito silicificado e em diabásio ferruginoso que teria sido um “batedor” (Collet, 1982a, p. 4). A partir desses e outros abrigos, Collet (1981) estabeleceria a existência de um padrão da presença humana regional aos pés dos barrancos de arenito (parte do relevo cuestiforme dos planaltos regionais mencionado em 2.2.3), com manifestações artísticas e indústria lítica “simples”, sem presença de cerâmica, e que teria sido bastante antiga¹² (Collet, 1981, 1982a).

¹² Ele chegara a pensar em 10.000 atrás para a presença humana no Abrigo Santo Urbano, com base na “grande altura dos sedimentos e datações de outros abrigos menores, porém semelhantes...” (Collet, 1982a, p. 5).

No Município de Analândia, que teria os abrigos mais interessantes do ponto de vista arqueológico, segundo Collet (1981, p. 1), foram encontrados os sítios Abrigo do Alvo, Abrigo Roncador, Abrigo da Santa e Abrigo Bocaína. Enquanto o histórico das pesquisas nos dois primeiros, objeto do presente Estudo de caso, será desenvolvido nas seções 2.1.3 e 2.1.17, os dois últimos, bastante próximos entre si e à sede do município, apresentaram também gravuras (Alberto, 2014, p. 179-181, p. 188-190) e “sulcos de polidores e afiadores” (Collet, 1981), não tendo sido desenvolvidas escavações.

A adjacente região nordeste do Estado de São Paulo, que compreende as bacias dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, é habitualmente considerada como relacionada com a região imediata da margem direita do médio Tietê (i.e., o centro-leste paulista), em termos das ocupações de caçadores-coletores que estariam evidenciadas numa vasta e diversa produção lítica (Caldarelli, 2002; Galhardo, 2010). No vale do rio Pardo, na década de 1980, pesquisas desenvolvidas pelo IPH da Universidade de São Paulo detectaram múltiplos sítios pré-cerâmicos (dentre eles, 16 a céu aberto), com importante presença de artefatos retocados unifaciais (e.g. plano-convexos) e de pontas bifaciais, principalmente em arenito silicificado, mas também em sílex, com idades entre ca. 3.440 e 1.690 AP no sítio Corredeira (Caldarelli; Neves, 1981; Caldarelli, 1983). Sendo interpretados majoritariamente como acampamentos temporários, muitos dos sítios foram detectados em associação com os afloramentos de arenito silicificado em posições topográficas altas, enquanto outros foram localizados em baixa vertente. Uma caracterização da implantação dos sítios nas feições geomorfológicas do vale do Pardo foi realizada por Afonso (1987), com destaque para o levantamento sistemático de fontes utilizadas de arenito silicificado e "núcleos fixos".

Além dos sítios líticos, as bacias do nordeste paulista foram destacadas na época pela presença de sítios cerâmicos e de sítios abrigados com manifestações rupestres. No primeiro caso, tem sido destacada a marcada presença da Tradição Tupiguarani na bacia do rio Mogi-Guaçu e no Município de Cajuru (Caldarelli, 1983, 2002). O sítio Franco de Godoy, também na bacia do Mogi-Guaçu, apresentou cerâmica filiada à Tradição Tupiguarani e uma idade associada de ca. 1.550 AP, sendo abordado novamente na década de 1990 e começos da década de 2000 (ver síntese em Moraes, 2007). No caso dos abrigos, destacaram-se os sítios Abrigo das Furnas (ver Alberto, 2014, p. 193-197), Catingueiro (ver Alberto, 2014, p. 173-178) e Santo Antônio no vale do rio Pardo.

Desde a década de 1990, o grande âmbito para a detecção de sítios arqueológicos na região central e centro-nordeste paulista, tem sido o conformado pelos estudos de arqueologia preventiva comercial, habitualmente conhecida no país como arqueologia de contrato. Uma importante síntese de estudos desenvolvidos pela empresa Scientia durante aquela década e começos do presente século foi desenvolvida por Caldarelli (2002), quem adotou o critério das rodovias paulistas como orientador das descrições dos sítios detectados. De particular importância para a região sob estudo é a menção de diversas classes artefatuais líticas lascadas unifaciais e bifaciais detectadas ao longo da ampliação da Rodovia dos Bandeirantes (SP-348), em cinco sítios arqueológicos (Caldarelli, 2002, p. 42-43). A autora indicou diversas correspondências entre o material coletado e o previamente reportado para a região por Miller Jr. (1972) e Moraes (1983), pensando sobre uma possível relação. No trecho da Rodovia Governador Adhemar Pereira de Barros (SP-342) e da sua confluência com a Bandeirantes, abarcando a bacia do rio Pardo e o alto rio Mogi-Guaçu respectivamente, Caldarelli (2002) apresentou sítios líticos (Lambari I e Mota Pais, estando o primeiro no padrão dos sítios da bacia do Pardo) e cerâmicos Tupiguarani (Lambari II, Ipê) e relacionados à expansão Macro-Jê (Água Branca). Os sítios Lambari I e II e Água Branca seriam retomados por intervenções do MAE/USP anos depois (Afonso; Moraes, 2007).

Seguindo na linha de análise de sítios e de materiais provenientes de intervenções de arqueologia preventiva no nordeste paulista, encontram-se as dissertações de Moraes (2007) e de Galhardo (2010). No primeiro caso, a autora inseriu-se no problema da dispersão de grupos falantes de línguas da família Tupi na região, sintetizando os dados existentes à época para o estado, retomando os trabalhos nos sítios do Complexo Cachoeira de Emas, Franco de Godoy, Ipê e Lambari II e analisando mais nove sítios detectados. No caso de Galhardo, o autor revisitou o material do sítio Lambari I, e analisou os sítios Água Parada e Rincão I. Enquanto os primeiros dois seriam, segundo o autor, sítios de passagem, com baixa densidade artefactual e uso direto ou com poucos retoques das lascas, o último evidenciaria um uso do silexito e do arenito silicificado para manufatura de diversas etapas do lascamento, incluindo façonagem em instrumentos unifaciais e uma ponta de projétil.

São inúmeras as referências mais recentes tanto sobre sítios arqueológicos quanto sobre ocorrências arqueológicas isoladas, que existem sobre a região central e nordeste do estado (ver Correa, 2022; ver algumas referências em Santos, 2011, p. 30-38). A

síntese exaustiva dessa literatura (tanto publicada quanto “cinza”) está por fora dos objetivos do presente capítulo. De fato, essa síntese é necessária para orientar as grandes perguntas da arqueologia paulista, sobretudo a relacionada com a visão do Estado como fronteira cultural, principalmente dos grupos ceramistas (Moraes, 2007; Pérez, 2018). A ênfase, a partir daqui, será colocada nos principais problemas recentes da literatura arqueológica sobre os sítios líticos e abrigados no centro paulista: filiação cultural e antiguidade.

O panorama das indústrias líticas na região vem sendo abordado na última década em relação ao problema da filiação cultural dos conjuntos pertencentes aos primeiros povoadores do leste da América do Sul. Um dos grandes eixos dos estudos atuais é o problema da Tradição Umbu, que fora originalmente descrita (mas não definida) por E. Miller (e.g. 1969, 1987) a partir de uma fase que teria ocorrido em abrigos do Rio Grande do Sul entre ca. 6.000 e 4.000 AP. O artefato protagonista “guia” da fase Umbu era a ponta pedunculada bifacial e não tardou em contribuir a dá-lhe um *status* de tradição e de ter sua abrangência temporal e espacial estendida durante a década de 1980 (Schmitz, 1987). Em efeito, sítios com pontas pedunculadas bifaciais identificados nos três estados sulinos até o centro paulista entre ca. 11.550 AP e o século XVII d.C. foram inseridos na Tradição Umbu ao longo das décadas (ver discussão em Araujo, 2015; Dias, 2007), dando lugar ao que Moreno de Souza (2019, p. 64-65) definiu como “modelo Umbu”, i.e. o uso da presença das pontas em sítios sulinos e adjacentes (e.g. o Uruguai) como indicador de uma entidade cultural, sem nenhuma análise tecnológica que justificasse filiação.

Conforme mencionado, a região central paulista não escapou do modelo Umbu, sendo as fases da Tradição Rio Claro descritas por Miller Jr. (1972, 2011) e os conjuntos do sítio Alice Boër atribuídos à Tradição Umbu por Prous (1992, p. 149-155). Essas atribuições também geraram dúvidas, devido a que nem todas as fases da Tradição Rio Claro descrita por Miller Jr. apresentaram pontas bifaciais (Araujo 2001b, p. 131; Okumura; Araujo, 2016, p. 109). O debate sobre a Tradição Umbu nos sítios sulinos, na arqueologia paulista e também no Uruguai tem-se acrescentado nos últimos anos (e.g. Okumura; Araujo, 2016, 2017; Moreno de Souza; Okumura, 2018, 2020; Suárez; Piñeiro; Barceló, 2018; Moreno de Souza, 2019, 2020; Correa, 2022).

Como parte de um projeto de longa duração consistente na análise por meio de morfometria geométrica e procedimentos estatísticos multivariados das pontas líticas bifaciais das coleções dos sítios arqueológicos dos estados sulinos e dos estados de São

Paulo e Minas Gerais, Okumura e Araujo (2016, 2017) vêm demonstrando a grande diversidade cultural do que antes fora atribuído à Tradição Umbu. De fato, a comparação de 658 pontas bifaciais provenientes de coleções dos três estados sulinos e do Estado de São Paulo (incluindo o sítio Alice Boër), permitiu Okumura e Araujo (2016) detectarem diferenças significativas no tamanho e forma entre as primeiras e as segundas, indicando diferenças identitárias ou territoriais. As diferenças foram exploradas posteriormente numa análise que comparou alguns dos sítios analisados e incorporou outros, incluindo o sítio mineiro Gruta do Marinheiro, e destacando que as pontas tendem a serem maiores do que as pontas sulinas (Okumura; Araujo, 2017), apesar de existirem diferenças regionais entre os sítios gaúchos (e.g. Garivaldino e Dalpiaz).

O problema da antiguidade da região central paulista, já conhecida pelo Alice Boër, vem sendo alvo de várias pesquisas desde começos da década de 2010. A dissertação de mestrado de Santos (2011) aportou dados sobre sítios a céu aberto detectados em projetos de arqueologia preventiva, como Dois Córregos, na sub-bacia do rio Jaú, e os sítios Boa Esperança II (BES II) e III (BES III), no alto e médio Jacaré-Guaçu, região de Araraquara. Enquanto o primeiro apresentou produção de lascas e lascas retocadas em arenito silicificado, rocha que aflora localmente, indicando para o autor (Santos, 2011, p. 95) atividades restritas como caça, o segundo sítio apresentou utilização de lascas grandes de seixos fluviais de silexito e arenito silicificado para retoque unifacial, apontando a diversidade do instrumental e dos gumes ativos para um sítio habitação (Santos, 2011, p. 106). No BES II foi tomada uma amostra de sedimento entre os níveis 6 e 7, que foi datada por OSL (luminescência opticamente estimulada, segundo siglas em inglês) em 14.500 ± 3.000 anos atrás, reinstalando o debate sobre a antiguidade da presença humana no Pleistoceno Superior (antes de 11,7 ka de acordo com Cohen et al., 2018). Estudos geomorfológicos e pedológicos na região de Araraquara e nos terraços baixos do Jacaré-Guaçu onde se insere o BES II permitiram contextualizar essa idade no âmbito de mudanças no nível de base, que teriam deixado expostos seixos (*lato sensu*) fluviais, fazendo atrativa a presença humana (Cheliz, 2016; Cheliz; Santos, 2019; Cheliz et al., 2021). Esses estudos também descartaram a possível incidência de bioturbação nos depósitos do sítio (Cheliz; Santos, 2019, p. 18).

A compreensão do povoamento da região central paulista, incluindo a visitação de sítios conhecidos e prospecção regional para detecção de novos sítios foi o principal objetivo de vários projetos coordenados pelo Prof. Dr. Astolfo Araujo (MAE/USP) entre

2010 e 2019 (Araujo, 2012, 2016a, 2019). Dentre os sítios revisitados, os abrigos abordados por Collet e outros pioneiros ocupavam também um lugar de destaque devido à falta de conhecimentos à época sobre ocupações nesse tipo de sítios na região que vai do norte do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais (Araujo, 2012, p. 148; Correa; Souza, 2017). O Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador, abordados aqui no Estudo de caso 1, foram alguns dos sítios retomados, e a síntese dos trabalhos realizados será feita nas seções 2.1.3 e 2.1.4. A abordagem de sítios abrigados na região vem sendo feita também por grupos espeleológicos, que têm descoberto no Município de Analândia a caverna Toca da Onça e o Abrigo do Índio, com artefatos líticos em superfície o primeiro e representações rupestres no teto do segundo (Oliveira et al., 2015). Um estudo detalhado desses artefatos e motivos rupestres foi realizado por Zenero (2017).

Os trabalhos de abordagem de áreas previamente desconhecidas derivaram na detecção do sítio lítico a céu aberto Bastos, considerado até hoje o sítio mais antigo do Estado de São Paulo (Araujo; Correa, 2016). Localizado no Município de Dourado, o sítio se encontra em posição de baixa vertente próximo a um córrego, havendo evidências de soterramento por um leque de colúvio que, no entanto, devido à coerência vertical das idades radiocarbônicas obtidas e à ausência de clastos não lascados de matéria-prima provenientes de afloramentos do topo nos níveis arqueológicos, não teria sido um agente de redeposição artefactual. Foram publicadas sete idades entre 10.590 ± 40 (12.690-12.482 cal AP) AP e 6.810 ± 30 AP (7.677-7.574 cal AP), situando a presença humana inferior na transição Pleistoceno Superior – Holoceno Inferior (Araujo; Correa, 2016). A indústria lítica do sítio, tanto no componente inferior quanto no do Holoceno Médio, toda manufaturada em arenito silicificado de diferentes granulometrias, consiste na produção de suportes e o uso direto ou por meio de gumes retocados (Correa, 2017; ver também Correa, 2022).

Um estudo específico da paisagem lítica cuestiforme regional, conseguiu detectar fontes primárias utilizadas e potenciais em arenito silicificado, além de novas ocorrências e sítios arqueológicos a céu aberto (Batalla, 2018). Um dos sítios detectados, Picão, situado num canavial a menos de 500 m do sítio Bastos, apresentou o segundo registro de lâminas lascadas do país, que, embora se trate de conjuntos de superfície com poucos espécimes, permitiram localizar a região no mapa de uma forma de debitagem já detectada em sítios com idades recuadas do sudeste sul-americano (Batalla; Correa; Araujo, 2018).

A detecção de sítios com idades recuadas envolve uma necessária geoarqueologia de processos de formação na escala da matriz do sítio e da paisagem, que permita visibilizar uma presença humana muitas vezes efêmera. O estudo do sítio Lagoa de Camargo 1, no Município de Rio Claro (Araujo et al., 2017), é um exemplo desse tipo de pesquisa. Localizado no topo de um planalto, nas proximidades da lagoa homônima, o sítio foi detectado por meio de tradagens sistemáticas, sendo escavadas duas unidades em diferentes posições da encosta e obtidas idades radiocarbônicas entre 9.300 ± 40 (10.572-10.279 cal AP) e 2.170 ± 30 (2.297-2.009 cal AP) confirmadas por meio de OSL. As análises estratigráficas, granulométricas, micromorfológicas, de susceptibilidade magnética e de frequência de carvões e artefatos, conseguiram detectar evidências de paleosuperfícies ocupadas por grupos humanos em meio a depósitos coluvionares com pedogênese incipiente (Neossolos Quartzarênicos) formados pela erosão e acreção lateral episódica numa encosta de baixa declividade. O estudo conseguiu demonstrar um baixo papel da bioturbação e de outros processos pós-deposicionais no Neossolo, demonstrando o aporte da geoarqueologia para a ciência do solo (Araujo et al., 2017).

Outro sítio com idades recuadas que fora recentemente publicado é o Caetetuba, no Município de São Manuel, detectado num projeto de arqueologia preventiva pela empresa Zanettini Arqueologia (Troncoso et al., 2016). Situado a céu aberto em baixa vertente no setor da margem esquerda da bacia do médio Tietê, Caetetuba foi delimitado por meio de numerosas tradagens e quadras de coleta de superfície, sendo abertas três unidades de escavação. Foram obtidas duas idades radiocarbônicas, de 9.590 ± 30 AP (11.085-10.711 cal AP) e de 8.210 ± 30 AP (9.270-9.013 cal AP), nos níveis com maiores concentrações artefatuais, aportando mais evidência para a presença humana regional no Holoceno Inferior. Por meio da análise de mais de 3400 artefatos recuperados em superfície e escavação, os autores destacaram um uso preponderante do arenito silicificado, seguido pelo silexito e em menor medida pelo quartzito, quartzo e granitóides. Um fato destacável do sítio foi a presença de artefatos unifaciais plano-convexos conhecidos no Brasil como “lesmas” (ver abaixo), e de pontas bifaciais manufaturadas em silexito, semelhantes “àquelas descritas para a região de Rio Claro” (Troncoso et al. 2016, p. 63). Em relação com esses achados, os autores discutiram sobre a possível filiação cultural do sítio de acordo com os modelos existentes para a presença das lesmas e pontas bifaciais, que os associam com a Tradição Itaparica do nordeste e Brasil central e com a mencionada Tradição Umbu do sul.

O problema da antiguidade e filiação cultural dos sítios do centro paulista teve uma importante frente de abordagens na revisitação do Alice Boër e do sítio Caetetuba. O primeiro foi alvo das pesquisas coordenadas por Araujo (2012) no ano 2011, cuja equipe fez retificação da seção vertical oeste da unidade aberta em 1979 e realizou plotagem e coleta de artefatos, coleta de amostras de sedimento para análises diversas, OSL e blocos intactos para micromorfologia (ver resultados completos em Araujo et al., 2022). Um dos grandes problemas do sítio, tanto naquelas intervenções quanto nas realizadas por Beltrão, foi a prática ausência de fragmentos visíveis de carvão (Araujo, 2012, p. 107), o que levou a pensar numa possível ação fluvial na paleo-praia ocupada. Uma análise de carvões milimétricos e de microartefatos (artefatos menores que 2 mm) foi realizada com os sedimentos coletados por parte de Ricci (2018), quem conseguiu detectar três concentrações dos primeiros e uns poucos dos segundos (consistindo em microlascas de arenito silicificado e uma de quartzo) com maior frequência entre 130 e 160 cm de profundidade. Previamente, Araujo (2012) tinha detectado carvões milimétricos nos níveis arqueológicos, os que deram idades de 7.680 ± 40 AP (8.539-8.376 cal AP) e de 7.200 ± 40 AP (8.159-7.865 cal AP) para as camadas II e III de Beltrão; apesar da inversão estratigráfica, essas foram as únicas idades confiáveis obtidas dentre as realizadas pelos outros métodos (ver Moreno de Souza, 2019, p. 75-76).

O sítio Alice Boër e o sítio Caetetuba foram incorporados numa análise tecnológica e de arqueologia experimental recente realizada por Moreno de Souza (2019), quem também comparou material de superfície da região central paulista, do sítio abrigado Tunas (Estado de Paraná) e do sítio abrigado Garivaldino (Estado de Rio Grande do Sul). O intuito do autor foi o de contribuir ao velho problema da definição cultural dos grupos humanos que habitaram o sudeste e sul brasileiro durante o período que ele denomina “Paleoíndio Posterior” (a partir de 20.000 AP, mais com uma concentração de sítios no continente a partir de 14.000 AP), que fora ao longo das décadas objeto do agrupamento nas citadas Tradição Umbu (presença de pontas bifaciais) e na Tradição Itaparica (presença de lesmas), além da Cultura de Lagoa Santa e tradições regionais ainda não definidas (e.g. na Amazônia). Em relação aos sítios da região central paulista, Moreno de Souza (2019, 2020) define uma indústria Rioclarense (em homenagem à obra de Miller Jr.) com produção de pontas bifaciais (também chamadas Rioclarenses) com pedúnculos de contorno ovalado e negativos de façõnagem largos e seletivos ou paralelos com nervura vertical, que é constante ao longo da estratigrafia do Alice Boër e semelhante

com as pontas do primeiro momento da ocupação do Caetetuba, antes de ca. 9.200 cal AP¹³ e de coleções de superfície de outros sítios. Essa semelhança ocorreria também na cadeia operatória das lesmas. A revisão detalhada das análises feitas pelo autor, e das outras tradições culturais definidas está por fora do intuito desta síntese, mas é importante mencionar que com elas Moreno de Souza contribuiu ao desmantelamento do modelo Umbu na arqueologia brasileira.

A partir dos resultados e discussões derivados das pesquisas passadas e recentes nos diferentes setores do centro-leste e nordeste paulista, podem se sintetizar os principais problemas de pesquisa sobre as relações entre ocupações humanas ao longo do tempo:

- Relação com as tradições Umbu e Itaparica dos sítios, crítica e demonstração da presença de indústrias regionais (e.g. Rioclarense);
- Confirmação da antiguidade da presença humana regional e relação com outros sítios contemporâneos no país;
- Relação da indústria lítica e outros aspectos dos sítios em abrigos com outros sítios;
- Relação entre grupos ceramistas filiados a diferentes tradições e o problema das fronteiras culturais.

2.1.3 O sítio Abrigo do Alvo e intervenções arqueológicas

O sítio Abrigo do Alvo consiste num espaço abrigado na base de um paredão de rocha arenítica da Formação Botucatu, com inclinação negativa (Figura 5a-c). A formação dessa inclinação que hoje constitui parcialmente o teto (o *overhang*) do abrigo parece estar relacionada a processos de percolação de água e consequente dissolução do cimento e remoção de grãos (Araujo, 2012, p. 186). O espaço interior do abrigo, localizado a 900 msnm e voltado a leste (Figuras 5a-b e 6a-b), apresenta aproximadamente 22 m de extensão máxima e 9,5 m de largura máxima, com 5 m de distância entre a parede e a linha de goteira e com uma altura máxima até o teto de 10 m desde essa linha.

O sítio foi descoberto, segundo um relatório geral de Collet (1981, p. 5-6), por ele e outros membros do Grupo Bagrus de Espeleologia em outubro de 1981, durante

¹³ O autor aportou mais duas idades para o componente mais antigo: uma de 9520 ± 30 AP (11.067-10.582 cal AP) e outra de 9480 ± 30 AP (11.055-10.571 cal AP) (Moreno de Souza, 2019, Tabela 5.3).

trabalhos de prospecção nos abrigos do Município de Analândia. O abrigo chamou a atenção dos prospectores pela presença de gravuras (ver Figura 5c-d) e pinturas rupestres; de fato, o sítio apresenta três painéis rupestres, que abarcam uma extensão máxima de 15 m de largura e 2 m de altura, com motivos circulares (dois deles estariam associados ao universo humano), puntiformes e alguns lineares (linhas retas, linhas paralelas), tridáctilos, havendo alguns pontos marcados com pigmentos vermelhos (Araujo, 2012; Alberto, 2014, p. 65; Correa; Souza, 2017). Mais recentemente, Marília P. V. Amaral vem desenvolvendo estudos com os registros rupestres do abrigo (Amaral; Cisneros; Araujo, 2022; ver mais abaixo). A preocupação pelo estado de preservação das representações rupestres foi o motor das atividades do Bagrus no sítio, que realizou croqui de alguns setores (Collet, 1981, p. 9-10). Collet (1981, p. 6, 1986, 1994) destacou tanto processos naturais de desagregação dos motivos induzidos pela radiação solar, como processos antrópicos tais como incêndios florestais que aumentam exposição ao sol, escritas recentes, e a prática de tiro a 100-150 m do abrigo (daí o nome de “alvo”) por parte de militares que “formam ondas sonoras que aceleram a escamação” (Collet, 1981, p. 6).

A única intervenção realizada pela equipe de Collet consistiu na aplicação de uma resina termoplástica sintética sobre os petroglifos para solidificá-los e reduzir o deslocamento do arenito friável (Collet, 1986). O sítio foi revisitado pela equipe em 1994 para conferir o estado das gravuras mais de uma década após o tratamento, confirmando “o efeito benéfico da solidificação” (Collet, 1994, p. 5). Não existem referências a escavações no abrigo por parte dessa ou outra equipe antes de 2012.

As pesquisas arqueológicas no sítio seriam retomadas 31 anos após a descoberta e intervenção de conservação das gravuras desenvolvida por Collet em 1981. O ponto de partida das novas intervenções, em 2012, foi o já mencionado (na seção 2.1.2) interesse do Prof. Dr. Astolfo Araujo (MAE/USP) em visitar e escavar vários sítios conhecidos da região central paulista, além de prospectar para a detecção de novos sítios.

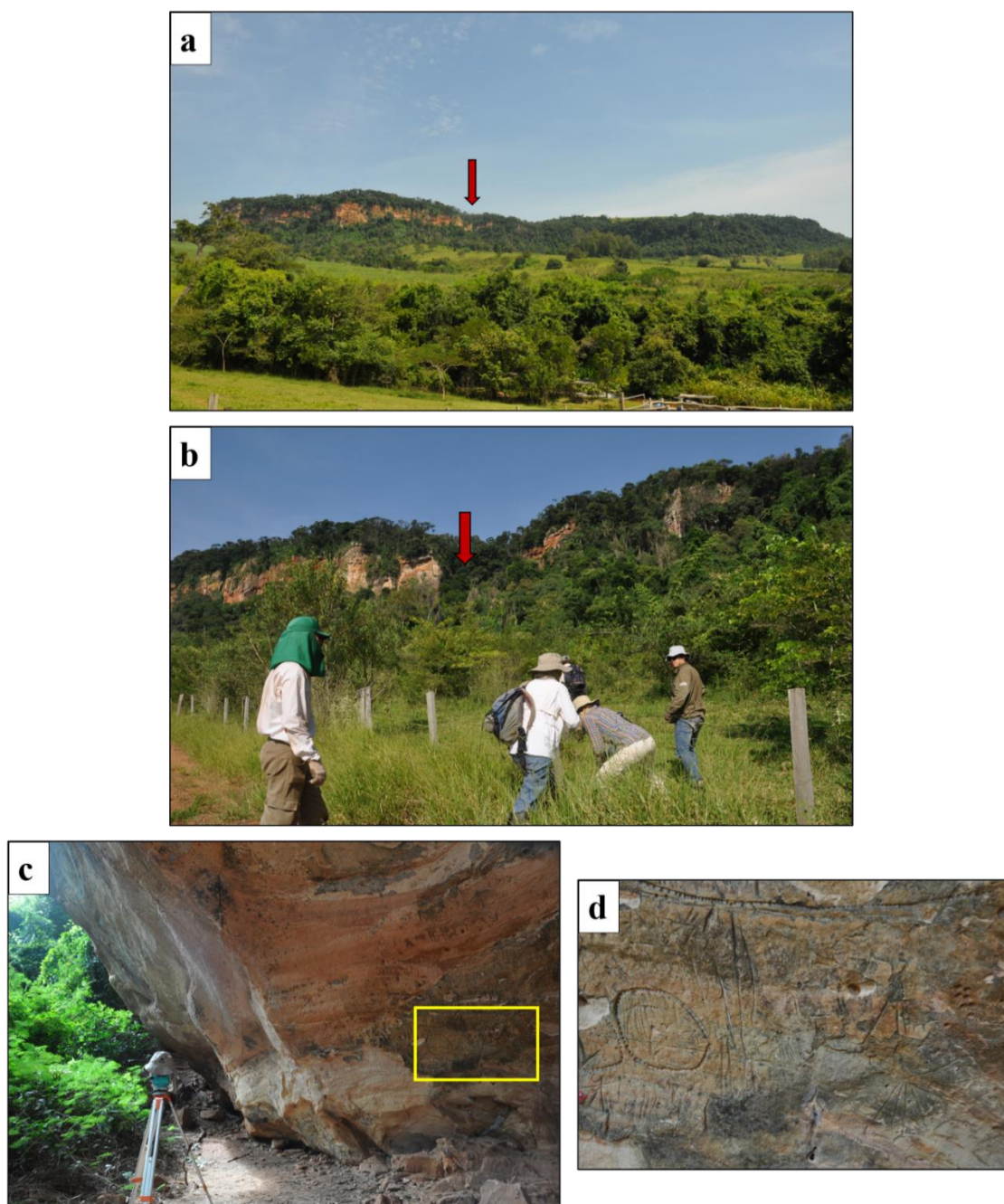


Figura 5 – O sítio Abrigo do Alvo na paisagem. O sítio se insere no *front* do planalto arenítico da Serra Grande (a, indicado com a seta vermelha), num setor de mata fechada (b, indicado com a seta vermelha). Na base do paredão encontra-se o abrigo (c), que apresenta painéis rupestres com diversos motivos circulares, puntiformes, lineares, entre outros (c, indicado com retângulo amarelo; d, ampliação do retângulo amarelo). Fotos: Nina Hochreitter.

O âmbito de financiamento específico das abordagens no abrigo foi o Processo FAPESP no. 2009/54720-9. O trabalho da equipe em 2012 consistiu em duas linhas de trabalho:

a) Diagnóstico do estado de conservação do painel rupestre e registro sistemático para o seu estudo;

b) Escavação arqueológica para detecção de artefatos, coleta de carvões para datação e caracterização da estratigrafia.

A primeira atividade contou com a participação de Silvia Cunha Lima, especialista em conservação e restauro do MAE/USP, e da então estudante Luana Alberto, quem desenvolveu um estudo e inventário dos grafismos (Alberto, 2014). Enquanto o estado geral dos motivos foi considerado bom, sem desintegração da rocha, à exceção de alguns setores com deslocamentos, notou-se uma alteração cromática com escurecimento da película formada pela resina aplicada por Collet (Araujo, 2016a p. 162-165). Com relação à documentação dos motivos rupestres, Alberto (2014, p. 103-111) apresentou fotografias de alta resolução dos motivos, destacou a presença de registros abstratos, figurativos e indeterminados, com a presença da cor vermelha nas pinturas, e uma integridade de entre 50 e 80 %. Quanto à filiação cultural das representações do abrigo, Prous (1992, p. 515-516) as atribuiu à Tradição Geométrica, que agrupa gravuras desde o planalto catarinense até o nordeste e que se destaca pela presença de tridáctilos e triângulos no sudeste-sul do país; mas a presença de tridáctilos (ou tridígitos) levou Araujo (2012, p. 149) a pensar numa relação com a Tradição Meridional, que abarca registros desde a Argentina até o centro paulista. Os trabalhos recentes do LEVOC/MAE/USP caracterizam os registros rupestres do sítio como grafismos puros, i.e., não reconhecíveis pela ótica do observador atual, sendo eles isolados ou agrupados (Amaral; Cisneros; Araujo, 2022).

A segunda atividade foi desenvolvida em fevereiro de 2012 e contou com uma equipe de sete pessoas. Foi realizada inicialmente uma testagem da profundidade do sítio por meio de tradagens manuais, mas a detecção de vários blocos cuja origem podia estar no desprendimento do teto do abrigo e não como parte da sua base, suscitou a realização de uma intervenção de sub-superfície maior. A estratégia de escavação consistiu em intervir quadras de 1 x 1 m no setor central do abrigo, inicialmente visando conhecer o fundo e a área plana interna e bem iluminada, o que levou a abrir respectivamente as quadras E10 e G12 (Figuras 6b e 7a).

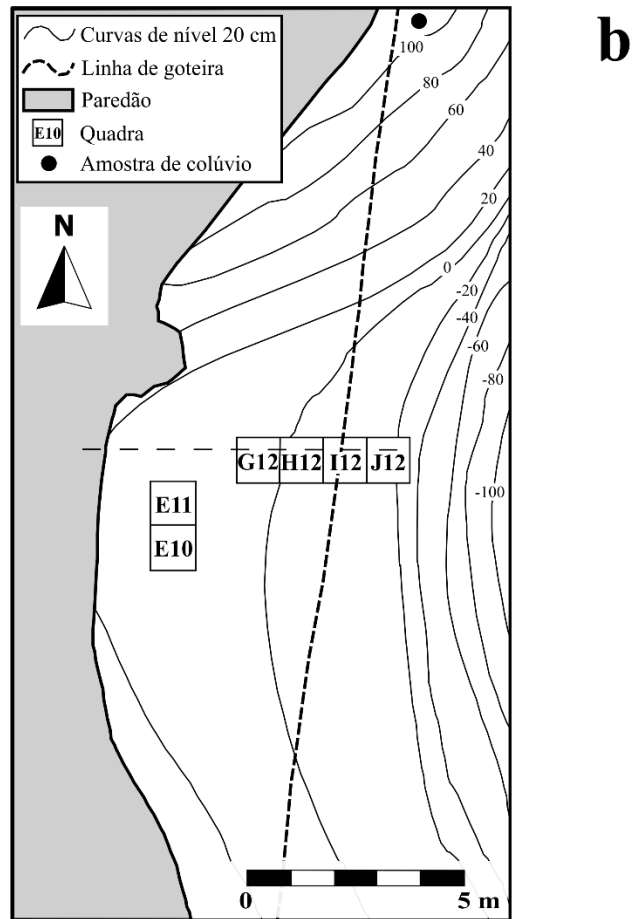
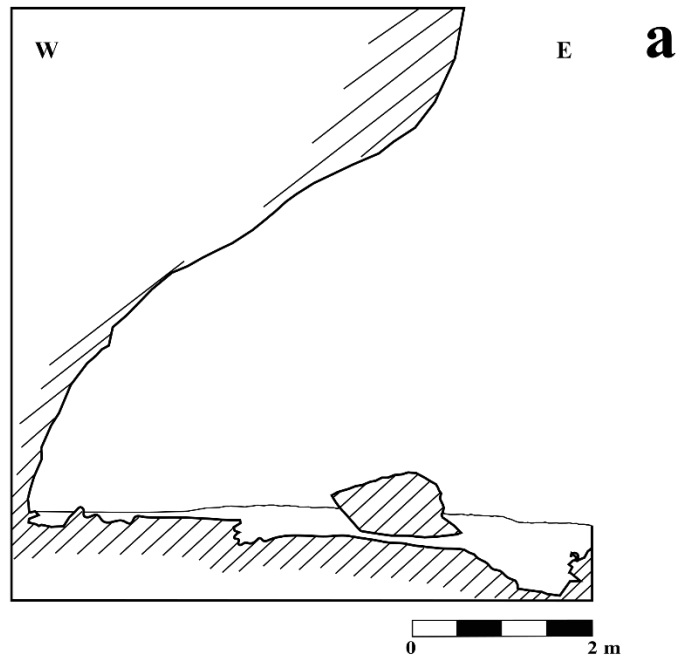


Figura 6 – Seção esquemática do sítio Abrigo do Alvo com detalhe de matacão desprendido do teto (a), e planta com localização das quadras escavadas em 2012 e ponto de coleta de amostra de colúvio (b), indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Araujo (2012, Figura 51).



Figura 7 – Escavações arqueológicas no sítio Abrigo do Alvo em 2012. Em vista desde o N (a), o setor próximo ao paredão (fundo) e a quadra G12 (frente) são intervindos. Em vista desde o S (b), as quadras que fazem parte da trincheira que conecta G12 até J12 são escavadas. Fotos: Astolfo G. M. Araujo e equipe.

Essas quadras foram depois conectadas mediante abertura de quadras contíguas, na medida em que se observou um aumento da espessura dos depósitos de dentro para fora do abrigo, tendo-se no final uma trincheira que contemplou o setor próximo ao paredão (quadras E10 e E11), o setor interior (G12 e H12), o setor de transição com a parte externa (I12), e o setor por fora da linha de goteira (J12). Ao tudo, foram escavadas seis quadras (Figura 6b). A escavação procedeu por meio da retirada de níveis arbitrários de 10 cm seguindo-se, para rebaixamento e coleta de amostras, o critério das variações de “fácies” ao interior deles. O conceito de fácies utilizado neste caso foi o da unidade estratigráfica mínima documentada e numerada sequencialmente na medida em que o trabalho de escavação vai progredindo (Araujo, 2012; Araujo; Piló; Neves, 2010, p. 38), um dos dois usos do conceito referidos na seção 1.2. Para evitar confusão terminológica com a noção de fácies adotada no Capítulo 1, as unidades reconhecidas e escavadas no Abrigo do Alvo foram aqui denominadas “Unidades de Planta” ou UP (ver seção 4.3). Todo o sedimento foi peneirado a seco com malha de 4 mm, com coleta de amostras sistemáticas por fácies e por nível para diversas análises (ver Capítulo 4).

Foram coletadas amostras de carvão nas unidades de escavação aprofundadas, sendo obtidas duas idades radiocarbônicas, na base (quadra J12) e topo (quadra E11) da ocupação respectivamente, entre ca. 6.530 e 1.140 AP ou entre ca. 7.505 e 933 cal AP (Tabela 1). Essas idades colocaram a ocupação do Abrigo do Alvo no Holoceno Médio e no Holoceno Tardio. Neste projeto, foram desenvolvidas mais cinco datações.

Tabela 1 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo do Alvo, tanto por Araujo (2012, Tabela 18) quanto nesta pesquisa

Amostra	ID Laboratório	Quadra	U	Material datado	Prof. (cm)	Idade ¹⁴ C AP	Idade calibrada AP 95,4 % probabilidade (2σ) ^a
ALV-300	Beta 318509	E11	-	Carvão	36,5	1.140 ± 30	1058 – 933
ALV-145	Beta 670017	J12	U4	Carvão	23,0	1.690 ± 30	1688 – 1427
ALV-151	Beta 652271	G12	U7/U8a	Carvão	16,5	1.920 ± 30	1886 – 1732
ALV-161	Beta 652272	J12	U8c	Carvão	25,6	3.610 ± 30	3980 – 3724
ALV-249	Beta 670019	H12	U15	Carvão	17,1	3.740 ± 30	4216 – 3911
ALV-309	Beta 318508	J12	U12b	Carvão	77,7	6.530 ± 40	7505 – 7284
ALV-238	Beta 670018	I12	U8b/U11	Carvão	23,3	6.760 ± 30	7667 – 7512

Nota: em negrito, idades obtidas nesta pesquisa. U = Unidade estratigráfica; Prof. = Profundidade.

a. Calibradas usando o pacote de R (R Core Team, 2021) *rcarbon* (Crema; Bevan, 2021) com a curva SHCal20 (Hogg et al., 2020).

As escavações nas quadras E10 e E11 revelaram depósitos pouco espessos, atingindo-se apenas 10 cm de profundidade na primeira e menos de 40 cm no setor noroeste da segunda. A rocha base do piso do abrigo apresentava, na quadra E10, petroglifos em sulcos lineares. Foram escavados no total um nível de 10 cm no primeiro caso e quatro níveis no segundo, numa depressão no piso do abrigo onde foram recuperados carvões, um deles dando a idade mais recente do abrigo (Tabela 1). A escavação na quadra G12 alcançou uma profundidade de uns 25 cm, com três níveis escavados até o arenito e maior diversidade de fácies em planta. Seguindo para leste, antes da linha de goteira, as quadras H12 e I12 apresentaram um matacão de arenito desprendido do teto abarcando mais da metade leste da primeira e metade oeste da segunda. De uma estratigrafia pouco espessa em H12 (menos de 30 cm) passou-se em I12 a perceber o piso do abrigo a maior profundidade (menos de 50 cm), com maior presença de carvão e possíveis indícios de queima no sedimento. Por fim, a quadra J12, no setor por fora da linha de goteira, foi a mais profunda, alcançando no setor sudeste uns 80 cm, e de onde fora coletado o carvão que datou a base da ocupação do abrigo (ver seção vertical na Figura 23 e descrição das unidades de planta na seção 5.1).

O material recuperado nas escavações de 2012 consistiu em: lítico, ossos, carvão, coquinhos, carapaças de caramujo, madeira carbonizada e casca de madeira, encontrando-se ainda casulos de inseto e serrapilheira (ver Tabela 8 na seção 5.1). O material lítico plotado (N = 125) nas unidades de escavação foi analisado por Letícia Correa no âmbito da sua dissertação de Mestrado (Correa, 2017) e encontram-se publicados (Correa; Souza, 2017). O material lítico recuperado na peneira (N = 64) foi analisado por Guilherme Alarsa e os resultados ainda não foram publicados (Alarsa, 2019). A seguir, são apresentados de forma sintética os principais resultados da análise tecnológica lítica:

- O material plotado (total N = 125) apresenta uma relação de frequência com a profundidade máxima atingida desde as quadras do fundo até a frente do abrigo, havendo poucas peças em E10 (N = 2) e E11 (N = 7), um aumento considerável em G12 (N = 21), diminuição em H12 (N = 6), aumento em I12 (N = 16) e o maior número sendo recuperado em J12 (N = 73). Desse material, Correa (2017) realizou a análise de 116 artefatos;

- A matéria-prima mais frequente dentre o material plotado é o silexito (N = 62, 53,44%), seguido do arenito silicificado (N = 40, 34,48 %), havendo se detectado também quartzito (N = 7, 6,03 %), basalto (N = 3, 2,58 %) e quartzo (N = 2, 1,72 %). As proporções se mantêm semelhantes entre silexito (N = 39, 60,94 %) e arenito silicificado (N = 19, 29,69 %) no material recuperado em peneira, somando alguns espécimes em quartzo (N = 3) e basalto (N = 1). Uma exploração principal de fontes primárias (i.e. afloramentos) parece estar sugerida nas peças plotadas pelo córtex de intemperismo (N = 16 em 22 peças analisadas, 72,72%) em relação ao derivado de clastos fluviais (N = 6 em 22 peças analisadas, 27,27 %);
- Trata-se de uma produção majoritária de lascas, tanto na plotagem quanto na peneira, já ingressadas ao sítio descorticadas ou com pouca reserva de córtex (menos do 50 % da face dorsal), com mínima diferença entre arenito silicificado e silexito nos espécimes inteiros e fragmentos de lasca (com 8 e 7 peças plotadas em um e outro caso, respectivamente), mas uma maior diferença (com 7 e 2 peças plotadas respectivamente) nas lascas fragmentadas (i.e. com talão). A classe mais frequente está constituída por lascas menores de 20 mm. Apenas cinco núcleos foram plotados e um núcleo foi recuperado em peneira;
- Há presença de alteração térmica em material de silexito, arenito silicificado e basalto recuperado entre os níveis 2 e 6 das quadras G12, I12 e J12 (Correa 2017, p. 81). Na peneira, foram recuperadas cinco lascas de silexito com esse tipo de alteração. Informação importante para entender a presença de indicadores de fogo nos depósitos do abrigo.

Como parte da sua dissertação, já mencionada para o caso do sítio Alice Boër (seção 2.1.2), Olivia Ricci (2018) desenvolveu uma análise granulométrica de amostras das quadras E10, G12 e J12, visando detecção de microartefatos e de fragmentos milimétricos de carvão. A autora não encontrou grandes diferenças granulométricas no abrigo, o que foi confirmado com as análises aqui realizadas (ver seção 5.1.2). Microartefatos foram encontrados apenas na quadra J12, consistindo em quartzo e arenito silicificado, a partir do nível 4 e com maior quantidade no nível 6.

As observações iniciais sobre os depósitos e estratigrafia do sítio foram realizadas por Araujo (2012), e podem ser sintetizadas em dois aspectos:

a) A matriz é predominantemente geogênica, com um sedimento arenoso formado por grãos de quartzo desprendidos das paredes e do teto e aportados pelo colúvio nas proximidades da linha de goteira;

b) A seção cônica transversal do abrigo inibe a deposição de sedimentos, impedindo a preservação dos materiais de antigas ocupações humanas (Figura 6a). Araujo (2012, p. 183-187) indica que essa morfologia, típica de abrigos areníticos, apresenta o piso ou base inclinado para fora (em direção à entrada), o que faz com que o sedimento e os artefatos não possam se acumular ou que sejam removidos periodicamente pelo escorregamento, pela água, pelo vento, etc. Em efeito, o registro sedimentar do sítio começou (por volta dos 7.505 cal AP) quando houve queda de blocos no limite da área abrigada (registrada na quadra J12).

Esses dados e observações sobre processos de formação são o ponto de partida do Estudo de caso 1 na presente pesquisa.

2.1.4 O sítio Abrigo Roncador e intervenções arqueológicas

O sítio Abrigo Roncador também consiste num espaço abrigado aberto num paredão de rocha arenítica da Formação Botucatu, com inclinação negativa, desta vez situado próximo do topo (Figura 8a-d). O local na encosta planáltica onde o sítio arqueológico está inserido apresenta dois abrigos em dois patamares ou planos diferentes (ou seja, dois *overhangs* abertos no paredão rochoso) distantes 6 m entre si (ver Figura 9a) e somando uma extensão máxima de 250 m². O abrigo escavado, tanto na década de 1980 quanto em 2017, é o localizado no patamar superior (Collet, 1982; Alarsa, 2019). O espaço interior desse abrigo, localizado a 880 msnm e voltado a SW, apresenta aproximadamente 20 m de extensão máxima e 5 m de largura máxima (Figura 9b), com uma altura máxima até o teto de 5 m desde a linha de goteira. A área além da linha de goteira apresenta-se com blocos e vegetação, com vista para um amplo vale e os morros

do Cuscuzeiro e do Camelo (Figura 8a), estando o curso d'água mais próximo localizado a 150 m de distância do abrigo.

O sítio foi descoberto, segundo anotações de Collet (1982, p. 4), pelo Eng. Walter Schmich e por ele mesmo, membros do Grupo Bagrus de Espeleologia, durante prospecção regional em setembro de 1981. As escavações no abrigo foram iniciadas em maio de 1982, durante um período de três dias, tanto por integrantes do Bagrus quanto por membros do Instituto Paulista de Arqueologia, somando um total de quatro pessoas. A equipe realizou só uma etapa de escavação, ficando como principal referência dos trabalhos da época o relatório de Collet (1982b), que inclui um croqui da planta e um corte esquemático (Figura 9b). Foram abordadas quatro quadras de 1 x 1 m, denominadas B, C, D e E, no setor central da planta do abrigo, sendo também delimitada uma quadra A próxima à parede que não teria sido intervinda por apresentar “muitas pedras”.



Figura 8 – O sítio Abrigo Roncador na paisagem. O sítio se insere no *front* do planalto arenítico da Serra do Cusuzeiro (a, indicado com a seta vermelha), num patamar coberto por vegetação (b, indicado com linha tracejada amarela e seta vermelha). A inclinação do paredão define o abrigo, visto desde o NW (c) e desde o E (d). Fotos: Nicolás Batalla (a, c, d) e Astolfo G. M. Araujo e equipe (b).

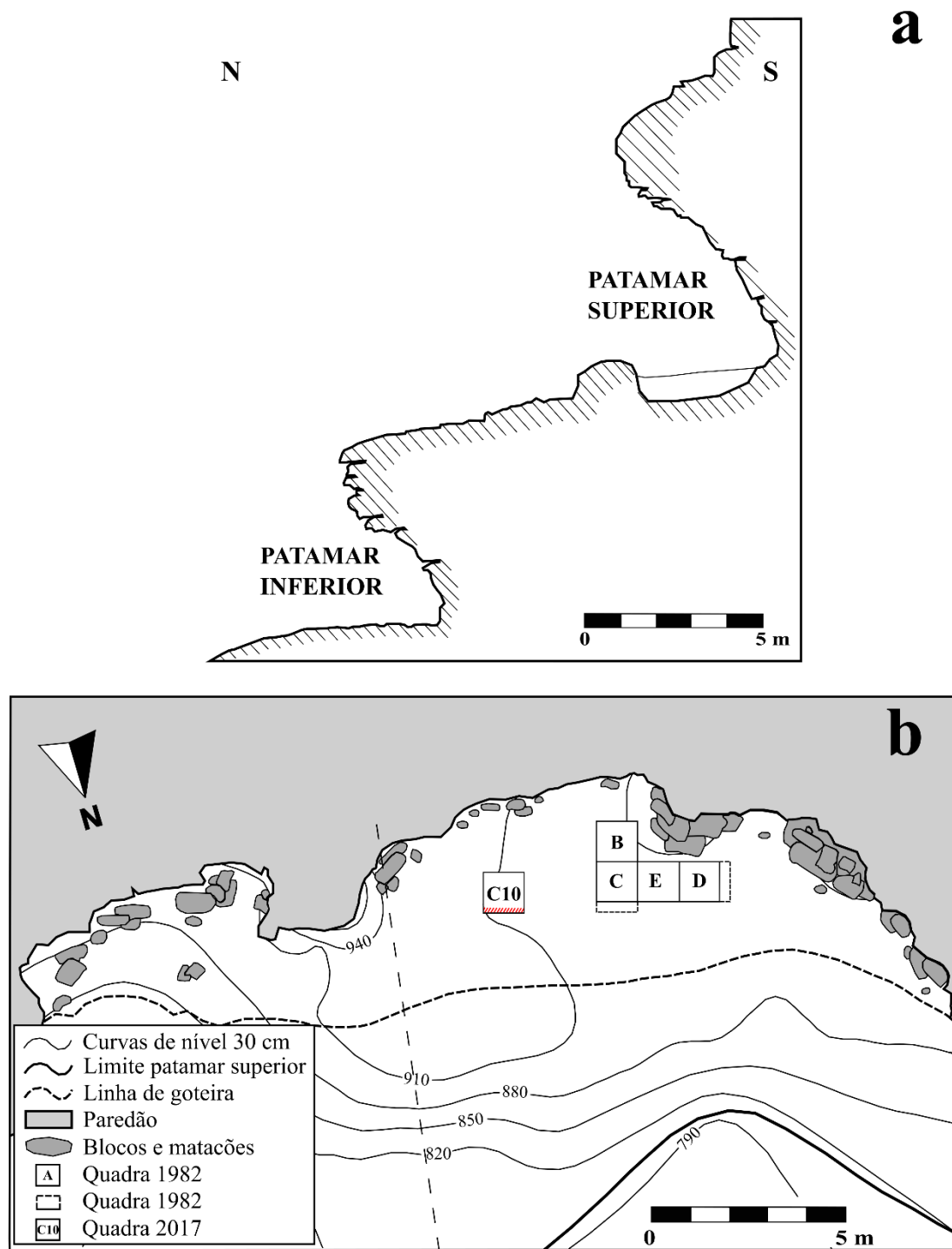


Figura 9 – Seção esquemática do sítio Abrigo Roncador (a), indicando o patamar superior (escavado) e inferior, e planta com localização das quadras escavadas em 1982 e da quadra C10 escavada em 2017 (b), indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Na quadra C10 destaca-se, em vermelho, a seção estudada nesta pesquisa. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Collet (1982) e dados topográficos de campo.

Os procedimentos de escavação em 1982 consistiram na remoção do sedimento por decapagem em níveis de 10 cm, realizando-se descrição e coleta de materiais, e peneirando-se a seco em malha de 4 mm o sedimento escavado (Collet, 1982, p. 11, 14). O sítio destacou-se, para Collet, por ser “o diferente” quando comparado com os outros abrigos areníticos da região: os únicos materiais encontrados foram o lítico e poucos carvões (Collet, 1982, p. 13), sem haver representações rupestres (mas ver mais abaixo) nem “polidores, esculturas, afiadores” (Collet, 1982, p. 18). A frustração do autor na comparação também é percebida quando qualifica a indústria lítica de “decepcionante” (Collet, 1982, p. 18).

Collet não realizou observações específicas por quadra escavada. As descrições e comentários por ele realizados podem ser sintetizados em dois grandes aspectos:

- **Estratigrafia e depósitos:** Foi atingida uma profundidade máxima de 75 cm nas quadras D e E, quando foram percebidos níveis estéreis, sem ter sido alcançada a rocha base. Na quadra C, o estéril foi atingido a 115 cm, continuando-se a escavação até 135 cm “para mais certeza de ter atingido o estéril” (Collet, 1982, p. 15). Em geral, trata-se de uma estratigrafia bastante homogênea: as camadas ou estratos mais espessos são os únicos que “se apresentam nítidos” (Collet 1982, p. 14) (deve se referir às transições inferiores e superiores dessas camadas); o sedimento é arenoso fino até 15 cm de profundidade e alterado por animais silvestres, gado e fogueiras atuais; o sedimento fica mais amarelo a partir de 40 cm de profundidade, e arenoso entre 40 e 70 cm (não especifica as quadras); há presença de “lajes desabadas, horizontais, que recobrem os sedimentos e que se encaixam nas paredes laterais da sondagem” (Collet, 1982, p. 15), cuja ruptura ocasiona mistura de sedimentos; mínima bioturbação, com presença de “ninhos não passando de 25 cm de profundidade” (Collet, 1982, p. 9);
- **Lítico:** A matéria-prima mais frequente é o arenito silicificado (N = 336, 75,2 % do total), que não seria o melhor da região segundo Collet (1982, p. 12), seguido do sílex (N = 92, 20,6%) e do quartzo (N = 19, 4,2%). A maior parte do material estaria constituído por lascas, com alguns núcleos, sendo apenas um 5,4 % das peças analisadas (N = 24 de 447) conformado por instrumentos (“ferramentas”). Estes últimos se caracterizam por lascas com alguns retoques marginais, que o

autor arranja em raspadores, canivete, plaina e ferramentas atípicas. O autor destaca uma frequência de material de 36,2 % do total até 50 cm de profundidade (sem especificar quadras), e de 63,8 % entre 50 e 100 cm (Collet, 1982, p. 10-11).

Uma observação que Collet repetiu bastante sobre o Roncador diz respeito ao caráter passageiro ou temporário do uso do abrigo por parte das populações indígenas no passado. Dito aspecto estaria evidenciado nos “restos de um lascamento ocasional”, com possível transporte para o sítio de núcleos preparados ou bastante reduzidos dos quais seriam extraídas lascas de forma oportuna (Collet, 1982, p. 12-13). Além dessa possível especificidade funcional, que hoje poderia ser entendida como de um sítio de atividades específicas, o autor destacou a ausência de grandes fogueiras como evidência da baixa intensidade de ocupação, chegando a se perguntar se os poucos carvões coletados não seriam produto de tochas, lanças de madeira endurecida ao fogo ou brandões para espantar animais (Collet, 1982, p. 13). Contudo, o autor não descartou que a “fogueira para cozinhar alimentos” possa estar localizada fora da área escavada (Collet, 1982, p. 13).

As pesquisas arqueológicas no sítio seriam retomadas 35 anos após as escavações de Collet. O ponto de partida das novas intervenções foi, como no caso do Abrigo do Alvo, o interesse do Prof. Dr. Astolfo Araujo, agora como coordenador do Laboratório Interdisciplinar de Estudos em Evolução, Cultura e Meio Ambiente (LEVOC) do MAE/USP, em visitar e escavar os sítios abrigados da região com potencial para ocupações antigas. Neste caso, as pesquisas foram realizadas no âmbito do Processo FAPESP no. 2016/23584-6, continuação do projeto anterior em que se embasaram os trabalhos no Abrigo do Alvo.

O estado do sítio ao momento da visita por parte da equipe era de boa preservação, ao ponto que as quadras abertas pela equipe de Collet não eram perceptíveis, o que fez supor que elas foram cobertas à época com o sedimento peneirado (Araujo, 2019b). Um importante detalhe, provavelmente não percebido em 1982, foi uma pintura no setor leste da parede do abrigo, consistente numa figura em pigmento vermelho, de aparência antropomórfica e rodeada por um círculo também vermelho (Araujo, 2019b, Figura 27). Essa descoberta desmentiu a ideia de Collet do Roncador como abrigo sem arte rupestre.

Foi estabelecida uma única quadra de escavação, denominada C10, próxima à escavação de Collet (Figuras 9b e 10a-b).

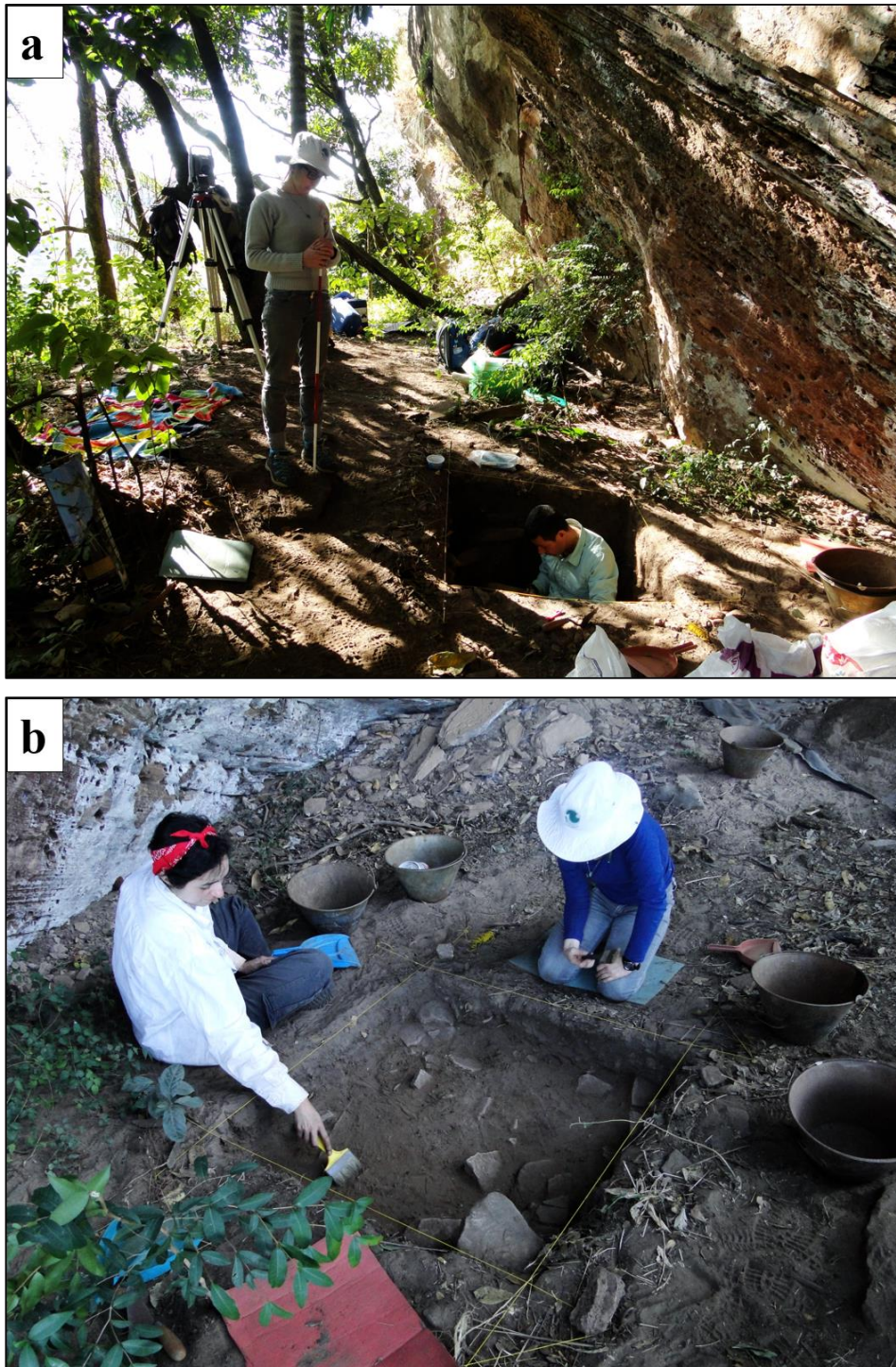


Figura 10 – Escavação arqueológica no sítio Abrigo Roncador em 2017. Em vista desde o NW (a), a quadra C10 sendo escavada. Em vista desde o E, destaque dos blocos de arenito, provavelmente caídos do teto, na planta do Nível 4 da quadra C10. Fotos: Astolfo G. M. Araujo e equipe.

A etapa de escavação foi realizada entre junho e agosto de 2017 com uma equipe de quatro pessoas, envolvendo também a toma de pontos para topografia. O objetivo da escavação consistiu em abrir uma quadra diferente das abertas por Collet (devido a que teria se chegado ao estéril nelas) para caracterizar a estratigrafia, coletar carvões e recuperar material lítico para estudo tecnológico. A escavação procedeu por meio da retirada de níveis arbitrários de 10 cm seguindo-se o critério das variações em planta ao interior deles, já descrito para o sítio Abrigo do Alvo. O sedimento foi peneirado a seco com malha de 5 mm.

Foram coletadas amostras de carvão durante o aprofundamento da unidade de escavação, sendo obtidas três idades radiocarbônicas entre ca. 3.850 e 2.920 AP ou entre ca. 4.403 e 2.881 cal AP (Tabela 2). Essas idades colocam a ocupação do Abrigo Roncador no final do Holoceno Médio e no Holoceno Tardio. A incongruência de idade com profundidade entre os níveis 7 e 8 foi interpretada como produto de uma possível baixa taxa de sedimentação nas proximidades da base do abrigo, o que facilitou a mistura de ocupações diferentes por meio de pisoteio e/ou bioturbação (Araujo, 2019b).

A escavação na Quadra C10 atingiu 110 cm de profundidade, sendo os últimos 30 cm estéreis, mas rebaixados até se alcançar a rocha base. Foram escavados no total 11 níveis de 10 cm.

Tabela 2 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo Roncador (com base em Araujo 2019b, Tabela 11)

Amostra	ID Laboratório	Quadra	U	Material datado	Prof. (cm)	Idade ¹⁴ C AP	Idade calibrada AP 95,4 % probabilidade (2σ) ^a
RCD-506	Beta 469079	C10	U3	Carvão	40,9	2.920 ± 30	3.153 – 2.881
RCD-566	Beta 469081	C10	U4	Carvão	79,9	2.940 ± 30	3.167 – 2.888
RCD-542	Beta 469080	C10	U4	Semente carbonizada	67,8	3.850 ± 30	4.403 – 4.088

a. Calibradas usando o pacote de R (R Core Team, 2021) *rcarbon* (Crema; Bevan, 2021) com a curva SHCal20 (Hogg et al., 2020).

Como no caso das intervenções realizadas por Collet e equipe em 1982, os únicos materiais recuperados na escavação de 2017 consistiram em carvões e artefatos líticos. O lítico foi estudado por Guilherme Alarsa no âmbito de um projeto de Iniciação Científica, e os resultados ainda não foram publicados. O intuito de Alarsa foi o de comparar os dados obtidos nos artefatos da Quadra C10 com as descrições gerais feitas por Collet e

também com os dados tecnológicos do sítio Abrigo do Alvo, já mencionados neste trabalho. Do relatório da pesquisa (Alarsa, 2019), podem se extrair os seguintes resultados:

- O material (total N = 140) começa aparecer no nível 3 com poucas peças (N = 3, 2,23 %), aumenta bastante no nível 4 (N= 21, 15,55 %), e chega à maior frequência no nível 5 (N= 51, 37,77 %) e no nível 6 (N = 47, 34,82 %). A diminuição é acentuada nos dois níveis seguintes (N = 9, 6,67 % no nível 7 e N = 4, 2,96 % no nível 8), sem ser encontrado material a partir do nível 9;
- A matéria-prima mais frequente é, como nas análises de Collet, o arenito silicificado (N = 75, 53,57 %) seguido do sílex (N = 47, 33,57 %), com poucos artefatos em outros arenitos, quartzo hialino, quartzo leitoso, hematita e basalto;
- Trata-se principalmente de uma produção ou descarte de lascas pequenas (<20 mm) unifaciais, com córtex predominante inferior a 50 % da face dorsal, 2 a 3 negativos de retiradas anteriores e prática ausência do retoque. O autor mantém a proposta de Collet (1982b) de um transporte de material já preparado desde as fontes;
- Há presença de alteração térmica em 15 % das peças (N = 21 de 140), principalmente em artefatos em sílex, com uma ocorrência em arenito silicificado e outra em quartzo hialino. O autor destaca a presença dessas peças entre os níveis 3 e 5, e também no nível 8, onde foram coletados tanto lítico quanto carvões, alguns deles por embaixo de blocos provavelmente desprendidos do teto (*roof spall*). Essa informação sobre queima (que pode ser intencional ou não) é importante para entender a presença de indicadores de fogo nos depósitos do abrigo.

No que diz respeito aos depósitos e estratigrafia do sítio, têm-se as observações iniciais de campo (reunidas em Alarsa, 2019) e a síntese delas realizada em relatório por Araujo (2019b). Podem ser apontados dois aspectos principais dos processos de formação:

a) A matriz apresenta um forte componente geogênico, com um sedimento arenoso provavelmente derivado da desagregação das paredes e do teto do abrigo, e do aporte coluvionar. O processo de desagregação ou deslocamento do teto (as “lajes desabadas” de Collet) é observado também na sucessão de fácies arenosas (N = 10 unidades) e fácies de clastos de arenito (N = 7 unidades) de tamanhos diversos (até por volta 120 mm de comprimento) (ver seção 5.2);

b) Há um possível componente antropogênico, percebido na coloração cinzenta e aspecto pulverulento da matriz, devido provavelmente à presença de cinzas derivadas da queima de plantas (e ao seu possível retrabalhamento);

c) Há um possível processo (pós-deposicional) afetando a preservação de ossos, que merece um estudo específico.

Como no caso do sítio Abrigo do Alvo, esses dados e observações sobre processos de formação são o ponto de partida do Estudo de caso 1 na presente pesquisa.

2.2 Área do Estudo de caso 2

2.2.1 Arcabouço regional

O arcabouço regional onde se insere o sítio Abrigo Maximiano, no Município de Iporanga, sul do Estado de São Paulo, é o vale do rio Ribeira de Iguape. O rio Ribeira nasce na região planáltica do leste do Estado de Paraná a partir da confluência dos rios Ribeirinha e Açungui (Moss; Moss, 2007, p. 10), onde constitui, até a fronteira com o Estado de São Paulo, uma bacia hidrográfica de aproximadamente 9.500 km² de extensão (CBH-RB, 2018, p. 10).

No Estado de São Paulo, o rio Ribeira recebe o nome de Ribeira de Iguape, e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul (Figura 11), que é manejada pela Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo número 11 (UGRHI 11) e que se compõe de 23 municípios e outros cinco

parcialmente nela inseridos (CBH-RB, 2018, p. 10). A bacia ocupa 15.480 km² (62% do total da bacia do rio Ribeira) no Estado de São Paulo, constituindo a maior bacia hidrográfica paulista que desagua no Oceano Atlântico (Silva, 2002, p. 6), estando a foz do Ribeira de Iguape na localidade litorânea de Barra do Ribeira. Seus rios principais são, além do Ribeira de Iguape mesmo, o Juquiá, o São Lourenço, o Jacupiranga, o Pardo, o Turvo, o Una da Aldeia e o Itariri (CBH-RB, 2018, p. 13).

O sítio Abrigo Maximiano se insere no setor do médio rio Ribeira de Iguape, na área centro-oeste do Município de Iporanga a uns 10 km a norte da cidade homônima, em coordenadas UTM 22K 743419 / 7289358 (Figura 11). O setor médio do Ribeira foi delimitado por Barreto (1988, p. 21) entre as cidades de Ribeira e Eldorado, enquanto que o alto rio Ribeira se estende desde Ribeira até as serras do leste paranaense, e o baixo rio Ribeira entre Eldorado e a foz do rio no Atlântico. Tal divisão é mantida na presente pesquisa.

O abrigo faz parte da área coberta e manejada pelo Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), localizado entre as cidades de Apiaí e Iporanga (e atingindo parcela dos dois municípios homônimos), na margem esquerda do médio e alto rio Ribeira, e que tem 35.884,28 ha. de extensão (Ivanauskas et al., 2012). Além do PETAR, o Município de Iporanga apresenta parte de outro parque estadual, o Parque Estadual Intervales, que junto com o Parque Estadual Carlos Botelho, Parque Estadual Nascentes do Paranapanema, a Estação Ecológica de Xitué e parte da APA Serra do Mar, compõem o contínuo ecológico de Paranapiacaba (Fundação Florestal, 2018a, p. 90, 263). O Município de Iporanga conta, ao momento de submissão da presente Tese, com 461 cavernas cadastradas¹⁴, segundo o Cadastro Nacional de Cavernas (SBE, 2023), sendo o segundo município com maior número de cavernas documentadas no país até hoje.

O sítio Abrigo Maximiano encontra-se mencionado no Plano de Manejo Espeleológico do PETAR (Fundação Florestal, 2010, p. 488) como associado à Gruta Casa de Pedra, dentro do Núcleo Casa de Pedra (setor centro-leste), um dos quatro núcleos de visitação turística do parque (Fundação Florestal, 2018a, p. 9) (ver detalhes da gruta e do carste na seção 2.2.1.1). O córrego Maximiano, que dá nome ao abrigo, integra a sub-bacia hidrográfica do rio Iporanga, que junto com a sub-bacia do Betari e a do rio dos Pilões, compõem a rede de drenagem do PETAR (Karmann; Ferrari, 2002, p. 402).

¹⁴ O cadastro atualizado das cavidades do PETAR encontra-se no Plano de Manejo do parque (Fundação Florestal, 2018a, p. 922-935).

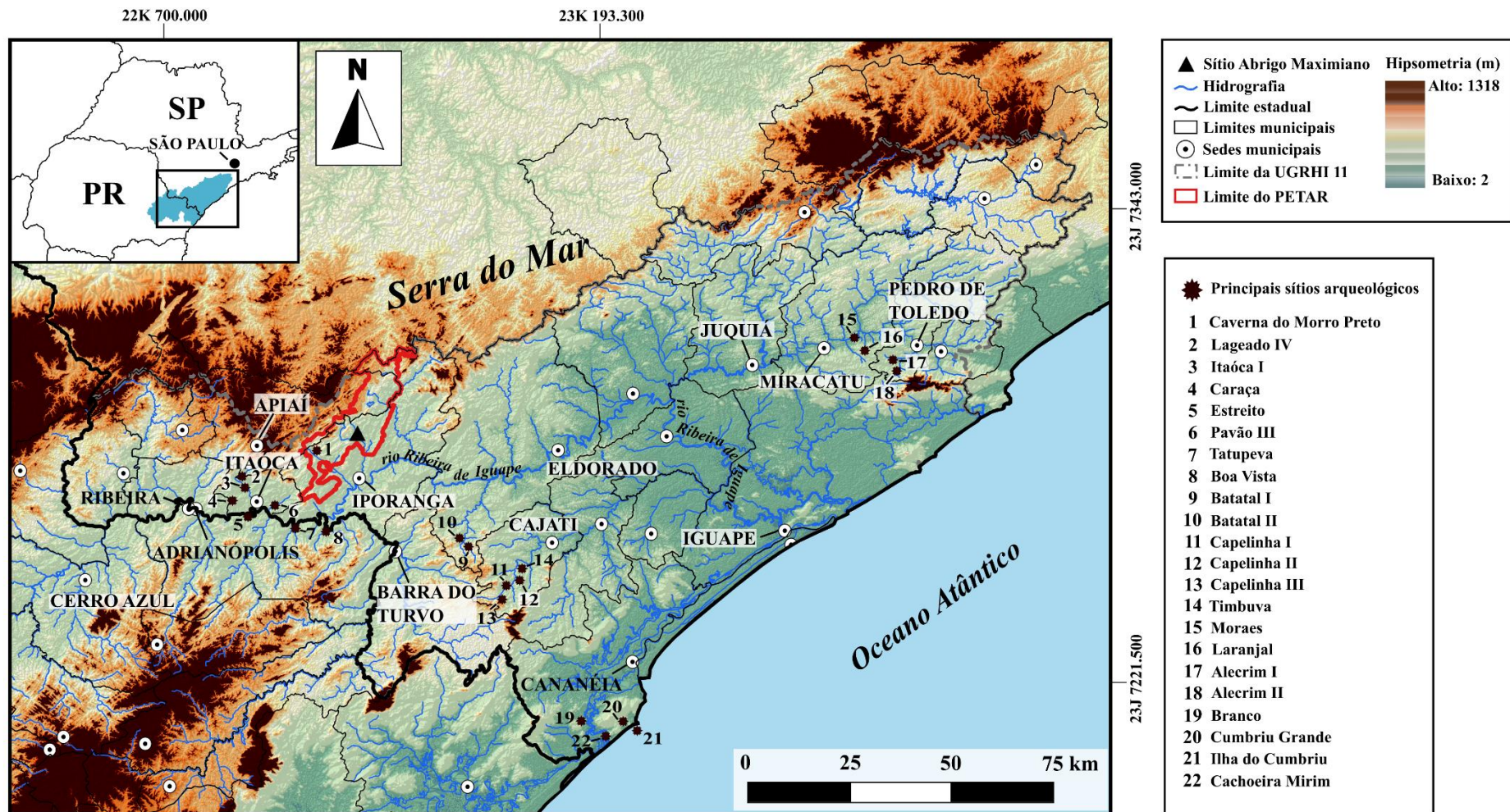


Figura 11 - Inserção do sítio Abrigo Maximiano na bacia do rio Ribeira de Iguape, dentro do PETAR. São indicados os principais sítios arqueológicos destacados no texto, tanto em cavernas (1) (Fundação Florestal, 2018, p. 458-462), quanto os sambaquis fluviais das áreas de Itaóca (2 – 8), Jacupiranguinha/Cajati (9 – 14) e Juquiá (15 – 18) (Figuti; Plens; De Blasis, 2013), e sambaquis costeiros (19 – 22) (Calippo, 2010). Elaborado por Nicolás Batalla com base em diferentes arquivos do SIG-RB (2010). Projeção UTM, datum SIRGAS 2000.

2.2.1.1 Geologia e geomorfologia

Por motivo da ampla extensão da bacia do Ribeira de Iguape, é operativo sistematizar dentro dela, em primeiro lugar, o arcabouço geológico do PETAR, em particular do setor do Núcleo Casa de Pedra onde se insere o sítio, aos efeitos de se compreender, em segundo lugar, a história litoestratigráfica específica do Abrigo Maximiano e arredores.

A geologia do parque encontra-se sintetizada e atualizada hoje no seu Plano de Manejo (Fundação Florestal, 2018a, p.133-149; Figura 12), e também parcialmente pelo CPRM no mapeamento da Folha Apiaí, na escala de 1:100.000 (Faleiros; Morais; Costa, 2012), existindo ainda literatura específica sobre a formação do carste e cavernas da região (e.g. Karmann, 1994; Karmann; Ferrari, 2002; Sallun Filho; Karmann, 2012; Auler, 2019). Aos efeitos da sua exposição de forma sintética, a história geológica do PETAR pode ser sistematizada assim:

a) No domínio geotectônico da Província Mantiqueira, o parque se insere parcialmente numa entidade regional limitada por falhas denominada Terreno Apiaí, que consiste numa sequência de rochas metassedimentares de baixo e médio grau metamórfico (Supergrupo Açungui ou Grupo Açungui na literatura) separadas em vários blocos de idades que vão desde a Era Mesoproterozoica (1.600–1.000 Ma) até o final da Neoproterozoica (Período Ediacarano, ca. 635-540 Ma), além de ocorrências de embasamento cristalino e magmatismo neoproterozoico (Faleiros; Morais; Costa, 2012, p. 22, 31) (ver litologias na Figura 12);

b) Dentro do Terreno Apiaí, o PETAR se localiza num bloco tectônico denominado Bloco Lajeado (Campanha, 1991, p. 53-54; Karmann, 1994, p. 7) limitado a norte pelo lineamento Quarenta Oitavas, e a sul pela Falha da Figueira. O bloco está integrado pelo grupo homônimo, formado por oito unidades sedimentares de natureza siliciclástica (terrígena) e carbonática que sofreram metamorfismo de baixo grau (fácies metamórfico xisto verde incipiente a baixo), da base ao topo: Formação Betari (siliciclástica), Formação Bairro da Serra (carbonática), Formação Água Suja (siliciclástica), Formação Mina de Furnas (carbonática), Formação Serra da Boa Vista (siliciclástica), Formação Passa Vinte (carbonática), Formação Gorutuba (siliciclástica e carbonática) e Mármore de Apiaí (carbonática);

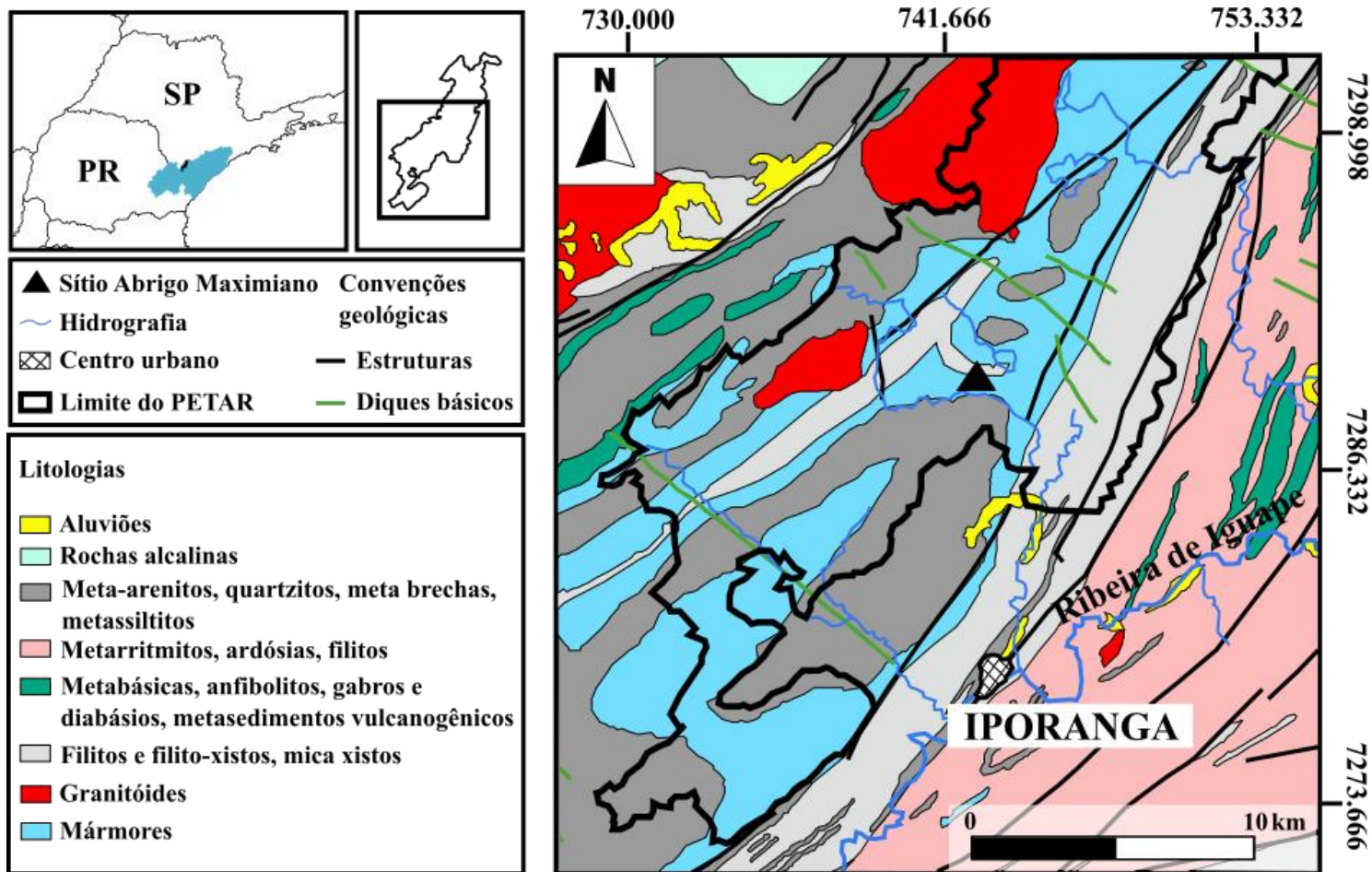


Figura 12 – Mapa geológico com inserção do sítio Abrigo Maximiano no setor central do PETAR. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Fundação Florestal (2018a, Figura 18). Projeção UTM (fuso 22K), datum SIRGAS 2000.

c) As formações de litologia carbonática metamorfizadas (i.e. metacalcários) do Grupo Lajeado são de importância fundamental para entender a formação das áreas cársticas e apresentam, da base ao topo, as seguintes características principais:

- Formação Bairro da Serra: composta por metacalcarenitos (um calcarenito é um calcário com mais de 50% de grãos de tamanho areia, ver Flügel, 2004, p. 243) e subordinadas camadas de metacalclutito (um calclutito é um calcário com grãos predominantes de tamanho argila e silte), com estruturas sedimentares preservadas (Karmann, 1994, p. 11-12). É a formação carbonática de maior abrangência no PETAR e no Bloco Lajeado (Karmann; Ferrari, 2002, p. 404). Em termos de ambiente deposicional, interpreta-se uma sequência progracional, que corresponderia, junto às formações Água Suja e Mina de Furnas (ver abaixo), a um episódio regressivo do mar, desde uma plataforma rasa sob o domínio das ondas, até uma rampa carbonática (Pires, 1991);
- Formação Mina de Furnas: as fácies carbonáticas estão formadas por metacalcarenito fino com marcada estratificação plano-paralela em camadas tubulares. Apresentam alternância com camadas centimétricas de filitos carbonáticos. São reconhecidas também fácies terrígenas alternadas de metarenito grosso a fino para metacalcarenito fino e metassiltito, todas com estratificação plano-paralela, com ondulações de ondas truncadas. Em termos de ambiente deposicional, interpreta-se o primeiro conjunto de fácies como depósitos de correntes de turbidez ou sedimentação pelágica-hemipelágica (“pelágico” refere-se ao ambiente do mar aberto, por abaixo da influência das marés); e o segundo conjunto (terrígeno) como ambiente ao alcance das ondas (Faleiros; Morais; Costa, 2012, p. 52);
- Formação Passa Vinte: constituída por mármore calcíticos e dolomíticos bandados, com subordinados xistos carbonáticos e outros metassedimentos. Encontra-se interdigitada com a Formação Serra da Boa Vista (metarenitos finos rítmicos, com níveis de metassiltito e metarenito médio a conglomerático). A presença de esteiras algais e outros indicam deposição num ambiente de águas rasas, representando um evento transgressivo (Faleiros; Morais; Costa, 2012, p. 53);

- Formação Gorutuba: compreende uma sucessão de bandas submilimétricas a centimétricas de metarritmitos, metacalcilutitos, metarenitos, metargilitos, metamarga e com presença de mármore. Apresenta laminações plano-paralelas e cruzadas, entre outras. Localmente, apresenta-se intensamente metamorfizada por contato. Interpreta-se deposição de águas mais profundas em porções distais de leque submarino (Faleiros; Morais; Costa, 2012, p. 53).

O PETAR se localiza, segundo a cartografia geomorfológica do IPT (1981), numa área inserida entre o Planalto da Guapiara (parte do Planalto Atlântico, com cotas entre 800 e 1200 m) a noroeste, a Serrania do Ribeira (cotas entre 300 e 1000 m) e os Planaltos Interiores da denominada Zona Serrania Costeira a leste-sudeste (cotas por volta dos 600 m), que por sua vez está conformada pela Serra do Mar e a Serra da Paranapiacaba (ver também Karmann; Ferrari, 2002, p. 402).

De acordo com a Fundação Florestal (2018a, p. 156-170), o Parque e sua área de entorno de até 10 km encontram-se na zona de contato entre o Planalto de Guapiara, a Serrania do Ribeira e o Planalto Cárstico do Vale do Ribeira. A última unidade de compartimentação do relevo, constituída por morrotes e morros de origem cárstica com altitudes entre 500 e 800 m (Fundação Florestal 2018a, p. 163, 231), engloba o Planalto do Lajeado e Planalto do Sumidouro do Ribeirão Temimina do mapa IPT (1981, Figura 4.5).

Numa perspectiva mais macrorregional, que compreende o arcabouço geomorfológico do vale do Ribeira de Iguape, o parque está situado numa área de transição entre as regiões planálticas do interior (Figura 11), com suas serranias e planaltos, e a planície litorânea (Barreto, 1988, p. 17, Figura 1). A planície litorânea faz parte das Baixadas Litorâneas da Província Costeira de Almeida (1964, p. 221; também IPT 1981, p. 54-55), formada por sedimentos terrígenos que integram, entre outros, as praias do litoral paulista. A Baixada do Ribeira de Iguape termina numa grande planície, denominada também de Planície Costeira Cananéia-Iguape (Calippo, 2004, p. 6-7), que é a mais ampla do Estado, com uns 3000 km² de superfície (Almeida, 1964, p. 225), e que se adentra uns 80 km para o interior até o rio serpentear entre as escarpas das serras da Paranapiacaba e do Mar (Barreto, 1988, p. 19). As dimensões e morfologia dessa ampla conexão, junto com a sua variabilidade ecológica, entre o mar e o continente devem ter sido um elemento de forte importância para os grupos humanos que povoaram o vale

do Ribeira, o que tem motivado as principais perguntas feitas pelas pesquisas arqueológicas e bioantropológicas ao longo das décadas passadas (ver seções 2.2.2 e 2.2.3).

Dentro do arcabouço geomorfológico do PETAR, é de fundamental importância compreender as características principais do relevo cárstico (a definição desse tipo de relevo será realizada na seção 3.2) do parque, em particular da área onde se insere o Abrigo Maximiano, para entender a sua formação.

A superfície cárstica do PETAR, que constitui o seu rico patrimônio espeleológico, faz parte de uma das principais províncias cársticas do Brasil (Sallun Filho; Karmann, 2012), conformada pelo Supergrupo ou Grupo Açungui (dependendo do autor), que tem no total uma extensão de 9.846 km² e compreende umas 827 cavidades (Auler, 2019, Tabela 5). Essa província apresenta cinco regiões espeleológicas (Auler, 2019, p. 28-29, Figura 9), em Iporanga – Apiaí (SP), Eldorado (SP), Doutor Ulysses (PR), Cerro Azul (PR) e Noroeste de Curitiba (PR), sendo na primeira delas onde se inserem os carstes do PETAR.

A superfície do parque está formada pela faixa carbonática Lajeado (Karmann, 1994, p. 16), que se associa ao Grupo Lajeado, cujas Formações principais foram acima mencionadas. A superfície se destaca por encontrar-se rebaixada em relação às rochas não carbonáticas (metapelitos, metapsamitos e graníticas), havendo desníveis de até 700 m entre os topos de cristas dessas litologias (i.e. das serras) e os fundos de vales nas rochas carbonáticas, o que provoca sistemas cársticos de recarga mista, onde a injeção alóctone tem um papel importante em relação à autóctone (Karmann; Ferrari, 2002, p. 407). Karmann (1994, p. 24-44) apresentou um detalhado zoneamento morfológico da superfície cárstica do alto vale do rio Ribeira, que para a área específica do parque foi sintetizada por Karmann e Ferrari (2002, p. 407-410) em:

a) Zona de contato: feições de absorção d'água alogênica proveniente do escoamento superficial sobre as rochas insolúveis que estão em contato com os metacalcários. Vales cegos, poljes de contato e sumidouros caracterizam essas zonas, com vertentes escarpadas nos carbonatos;

b) Zona flúvio-cárstica: superfície sobre os metacalcários com drenagem superficial predominante e feições cársticas localizadas. Vales de talvegues largos,

planícies de agradação desenvolvidas e canais fluviais meândricos caracterizam estas zonas;

c) Zona de carste poligonal: morfologia recorrente no parque, consiste numa superfície fortemente ondulada onde o escoamento superficial é absorvido por sumidouros nos fundos de depressões, as que apresentam um padrão poligonal formado pelas interseções dos divisores de águas. As depressões podem ser simples, com pouca área, apenas um sumidouro e canais incipientes, ou compostas, com área maior, complexa rede de canais e múltiplos sumidouros. Além das depressões, formas de absorção caracterizam estas zonas, e.g. dolinas de dissolução e dolinas de colapso (definições na seção 3.2), algumas das quais originam entradas de abismos (também definidos em seção 3.2, e exemplificado em 2.2.2).

Os 22 sistemas cársticos do PETAR foram classificados segundo as principais bacias hidrográficas que o drenam (Fundação Florestal, 2018a, p. 176-201). Segundo esse mapeamento, o sítio Abrigo Maximiano encontra-se na área abarcada pela bacia do rio Iporanga, no Carste Caboclos – Casa de Pedra (Fundação Florestal, 2018a, p. 187-188, Figura 38). Este planalto cárstico (Figura 13) é limitado a noroeste pela borda do Planalto Atlântico (i.e. Planalto da Guapiara) na Serra da Dúvida e a nordeste por uma escarpa que acompanha a Falha da Figueira. Apresenta-se entrecortado, no seu setor central, por cristas de meta-arenitos da Formação Serra da Boa Vista, e no setor centro-noroeste, por uma crista de filitos (Serra da Onça Parda) da Formação Água Suja. As litologias carbonáticas associam-se com as Formações Bairro da Serra e Mina de Furnas.

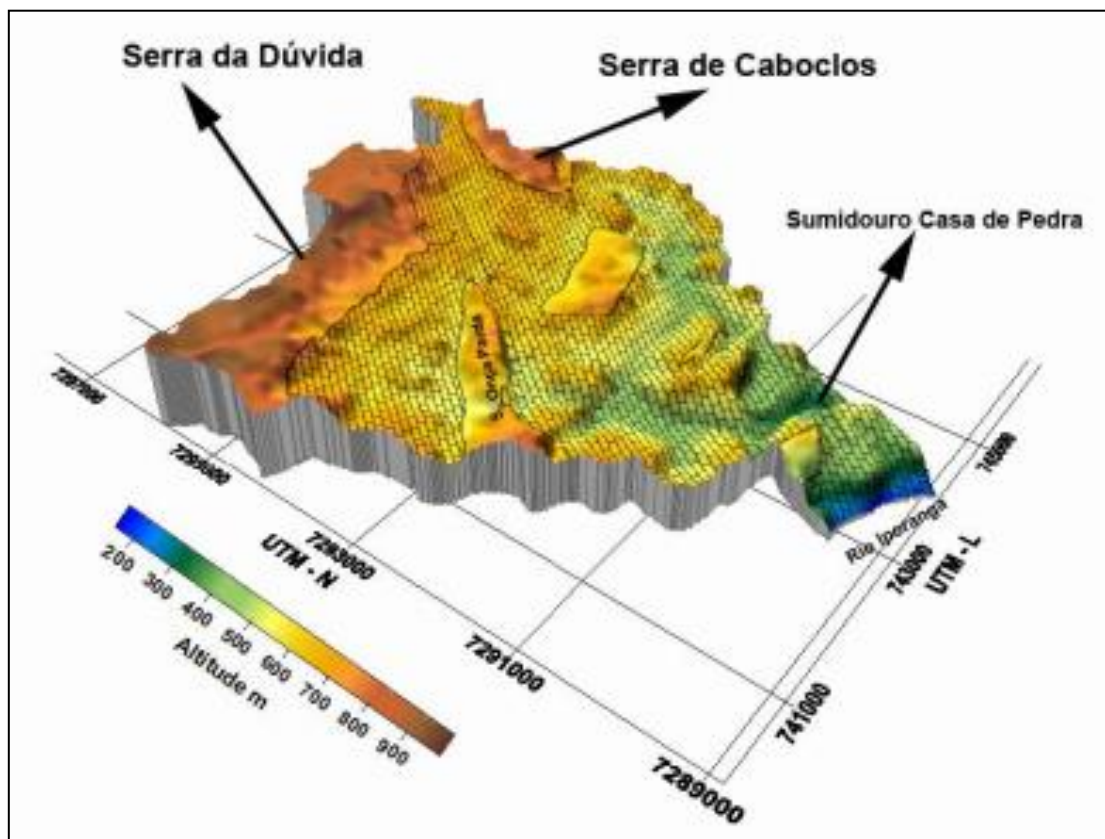


Figura 13 – Carste Caboclos - Casa de Pedra (adaptado de Fundação Florestal, 2018a, Figura 38).

A Gruta Casa de Pedra, que define o Núcleo de visitação homônimo no PETAR, localiza-se no setor sudeste do Carste Caboclos – Casa de Pedra, e apresenta uma extensão de 5.547 m (Fundação Florestal, 2010, p. 473). O pórtico da gruta está relacionado com um paleo-sumidouro numa zona de contato, e apresenta mais de 200 m de altura (Karmann; Ferrari, 2002, p. 407, Figura 5; Sallun Filho; Karmann, 2012, Figura 1), constituindo o maior pórtico de caverna do mundo (Fundação Florestal, 2010, p. 473). O sumidouro da gruta está associado a uma depressão onde convergem as águas infiltradas do Carste Caboclos – Casa de Pedra, e onde confluem, no córrego Maximiano, as águas drenadas nas depressões dos seus principais vales; já na ressurgência da gruta, após um percorrido subterrâneo de 800 m, se produz a descarga geral do carste no córrego Maximiano (Fundação Florestal, 2018a, p. 188). A ressurgência (i.e., a “saída” da gruta) tem recebido no passado também o nome de Gruta Santo Antônio (Felizardo, 2017, p. 65-66; Fundação Florestal, 2010, p. 474).

O sítio Abrigo Maximiano localiza-se a umas dezenas de metros da ressurgência da Gruta Casa de Pedra, no lado direito (saindo da gruta) do paredão calcário que a forma (Collet, 1978a, p. 4; Fundação Florestal, 2010, p. 488). A definição e caracterização do sítio, junto com o histórico das intervenções arqueológicas, serão realizadas na seção 2.2.4.

2.2.1.2 Solos

Os solos da área onde se localiza o sítio Abrigo Maximiano encontram-se hoje reunidos na sistematização e mapeamentos realizados no Plano de Manejo para o terreno abarcado pelo PETAR e área de entorno de 10 km (Fundação Florestal, 2018a, p. 202-248), facilitando a sua síntese. As principais classes de solo (no nível de Subordem) reconhecidas nesse trabalho (Figura 14), de acordo com a compartimentação de Zonas geomorfológicas do parque (Fundação Florestal, 2018a, p. 232), são: Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos predominam na Serrania do Ribeira, no Planalto Cárstico do Vale do Ribeira e no Planalto da Guapiara; Argissolos Vermelho - Amarelo e Latossolos Vermelho - Amarelos ocorrem em áreas de relevo mais suaves, principalmente no Planalto da Guapiara; Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos ocorrem nas planícies.

No citado mapeamento recente foram identificadas 31 unidades de solo no parque e área de entorno, cuja descrição individual de detalhe excede o escopo do presente trabalho. Na área específica do sítio Abrigo Maximiano, destaca-se a presença das classes Cambissolos e Neossolos Litólicos.

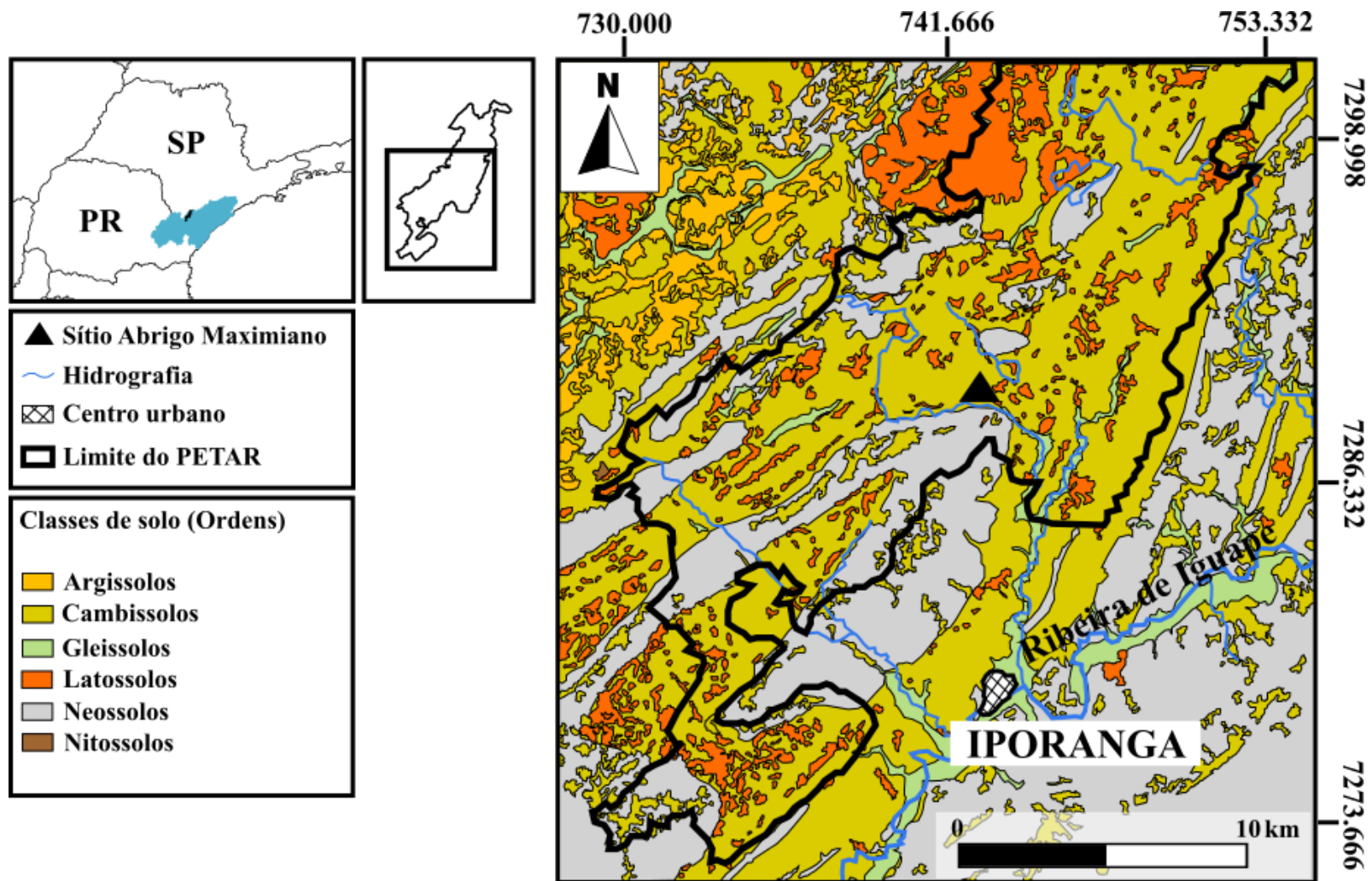


Figura 14 – Mapa pedológico com inserção do sítio Abrigo Maximiano no setor central do PETAR. Elaborado por Nicolás Batalla com base em Rossi e Neto (2010). Projeção UTM (fuso 22K), datum SIRGAS 2000.

2.2.1.3 Clima e vegetação

Devido à sua posição no setor sul - oriental do sudeste do Brasil a região onde se insere o sítio Abrigo Maximiano apresenta clima subtropical permanente úmido controlado por massas tropicais e polares marítimas. A região sul do Estado de São Paulo possui ampla variabilidade espacial em termos de distribuição das chuvas, por motivo das suas variações topográficas entre o litoral oceânico, o curso do Ribeira de Iguape e a escarpa da serra. Em termos gerais, o vale do Ribeira apresenta estação quente e chuvosa de outubro a abril, enquanto a estação menos chuvosa e mais fria ocorre de maio a setembro, estando a região sujeita a impactos pluviométricos elevados (Fundação Florestal, 2018a, p. 102-103).

Como acontece com os outros aspectos físicos já sintetizados para a região de interesse, o presente trabalho conta com a vantagem do mapeamento de unidades climáticas do PETAR e área de entorno. Com base nos dados de temperatura, evapotranspiração, estrutura espacial da chuva e excedente hídrico, o Plano de Manejo apresenta um mapeamento de climas locais e mesoclimas (Fundação Florestal, 2018a, p. 104, 107, Figura 10).

A área da Gruta Casa de Pedra corresponde-se com o clima local II, Clima Subtropical Úmido do Vale do Rio Ribeira de Iguape, que apresenta elevada umidade e temperaturas elevadas devido às altitudes de menos de 500 m. Dentro do clima local II, a área está inserida no mesoclima IIC5, que corresponde às bordas das serras e apresenta temperaturas ligeiramente menores em relação ao mesoclima das planícies e terraços (unidade IIC6). O mesoclima IIC5 possui velocidades de fluxos bastante intensas, com excedentes hídricos devidos à declividade das serras circundantes e às chuvas que as afetam (Fundação Florestal, 2018a, p. 106).

Em termos de vegetação, o PETAR destaca por constituir um dos enclaves principais de Mata Atlântica preservada no Brasil, fazendo parte de um contínuo ecológico formado por várias Unidades de Conservação, já mencionadas na seção 2.2.1. A Mata Atlântica no PETAR está formada predominantemente pela fitofisionomia Floresta Ombrófila, uma floresta perenifólia que ocorre em clima de temperaturas médias de 25° C e alta precipitação bem distribuída ao longo do ano, da qual um 65% corresponde à Floresta Ombrófila Densa e um 13% à Floresta Ombrófila Aberta com bambu; um 17% da área do parque apresenta vegetação secundária e no restante há outros tipos de

cobertura, como campo e uso antrópico e afloramentos de rocha (Ivanauskas et al., 2012, p. 150). Dentro da Floresta Ombrófila Densa, é predominante no parque a formação Montana (em cotas entre 400 e 1000 m), seguida pela Submontana (entre 30 e 400 m, nos vales dos grandes rios), e a Aluvial (planícies fluviais), com alguns setores de Altomontana (cotas superiores aos 1000 m). Em áreas de afloramentos calcários destaca-se ainda a ocorrência de Floresta Estacional Semidecidual do lado da Floresta Ombrófila Densa (Ivanauskas et al., 2012, p. 153).

Na área que corresponde ao entorno da Gruta Casa de Pedra (Figura 13), a formação florestal principal é a Floresta Ombrófila Densa Montana do tipo D1 (Fundação Florestal, 2018a), que se corresponde a uma vegetação de porte arbóreo alto com estrutura de dossel fechado.

Estudos específicos da vegetação presente no médio vale do Ribeira e o seu potencial uso como recurso pelas populações humanas que habitaram a região foram desenvolvidos por Bissa e Mantovani (1992, 1995). Os autores realizaram um levantamento botânico nas proximidades da localidade rural de Bombas e da Caverna Santana, uma das mais importantes e icônicas do PETAR, que integra um sistema com 8373 m de projeção horizontal (Valle, 2019, p. 144), localizada na sub-bacia do rio Betari (setor sul do parque). O levantamento revelou diferenças na disponibilidade de frutos, raízes e tecidos meristemáticos, apresentando a área de Santana uma oferta contínua ao longo do ano favorecida por um mesoclima úmido, enquanto que a área de Bombas apresentou oferta mais sazonal, devido a um mesoclima mais seco numa parte do ano. Essas diferenças nos recursos florísticos teriam produzido por sua parte, diferenças na disponibilidade contínua (Santana) e sazonal (Bombas) da caça atraída pelos frutos. Apesar dessas diferenças locais, o médio Ribeira seria uma região bastante homogênea em termos de recursos vegetais disponíveis. Além das plantas comestíveis, os autores mencionaram as úteis para corante, para lenha e para fabricação de canoas (Bissa; Mantovani, 1995, p. 122-123).

2.2.1.4 Estudos paleoambientais

A presente revisão visa apresentar o estado dos conhecimentos sobre paleoambientes na região vale do rio Ribeira de Iguape, com destaque para aqueles

realizados na área do PETAR e que revistam interesse para o entendimento das interações seres humanos - ambiente no período de ocupação do sítio Abrigo Maximiano.

O panorama dos estudos paleoambientais é de um maior conhecimento para a região do Ribeira, quando comparado com o centro paulista, visto na seção 2.1.1.4. A Serra do Mar tem sido um importante foco de estudos, tanto no setor paulista quanto em outras áreas do Sudeste brasileiro (Araujo, 2013, p. 146), mas também as regiões costeiras do sul paulista têm chamado a atenção dos quaternaristas (De Oliveira et al., 2014).

Um estudo de fundamental importância para a compreensão de paleoclimas e paleoambientes no sudeste do Brasil e, em particular, na região do vale do Ribeira de Iguape, foi desenvolvido por Cruz et al. (2006, 2009). Os autores desenvolveram uma linha de pesquisa sobre geoquímica de espeleotemas (depósitos endógenos de calcita das cavernas, ver definições em seção 3.2), os quais oferecem registros quantitativos continentais de alta resolução e contínuos para o estudo de mudanças climáticas em grandes intervalos de tempo. Depois de realizado um monitoramento da relação entre as mudanças no regime pluviométrico local com as razões isotópicas do oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e do deutério (dentre outros indicadores) no solo e gotejamentos da Caverna Santana do PETAR e da Caverna Botuverá (esta última no Estado de Santa Catarina), Cruz et al. (2005, 2006) estudaram perfis de duas estalagmites datadas pelo método U/Th. Mediante estabelecimento de relações entre a variação de $\delta^{18}\text{O}$ e mudanças na pluviosidade, os autores tiveram por objetivo distinguir condições paleoclimáticas mais ou menos úmidas.

Um dos espeleotemas analisados por Cruz et al. (2006), denominado St8, foi coletado na já mencionada caverna Santana, apresentando um registro de ca. 131.000 anos de variações. O autor e colaboradores determinaram que as mudanças de longo prazo na distribuição sazonal das chuvas devem-se às variações na quantidade de insolação de verão, que produzem uma intensificação da circulação das monções no Brasil subtropical, no que é conhecido como o Sistema de Monção da América do Sul (Cruz et al., 2006; ver também Deininger et al., 2020). Uma das importantes determinações desses estudos foi a influência que teve o crescimento do volume de gelo no hemisfério norte no deslocamento do sistema de monções para o sul, produzindo condições úmidas a partir de ca. 70.000 AP até ca. 17.000 AP, intervalo que inclui o Último Máximo Glacial (Cruz et al., 2009).

A comparação dos dados de Santana e Botuverá permitiu detectar diferenças latitudinais nos registros paleoclimáticos, sendo que em ambas as cavernas houve o impacto de um regime extratropical com chuvas no inverno e um regime monçonal com

chuvas no verão. Maiores valores de $\delta^{18}\text{O}$ foram detectados em Santana durante o último interglacial. Entre ca. 20.000 e 15.500 AP registraram-se valores muito baixos de $\delta^{18}\text{O}$ com redução da umidade, sendo o período mais seco dos últimos 110.000 anos analisados na sequência do espeleotema. Já ao redor dos 15.500 anos AP, haveria uma fase pluvial, com condições úmidas (Cruz et al., 2009). Condições no geral úmidas foram encontradas entre 13.500 e 11.000 AP, que abarca parcialmente o período conhecido como Younger Dryas (ca. 12.870 e 11.700 AP, ver Cheng et al., 2020), sendo este mais intenso em Santana (Cruz et al., 2006; ver também seção 7.2.7 e Figura 103).

Outro estudo de importância para a região serrana onde se insere o Maximiano, apesar de relatar dados para pontos mais próximos da cidade de Santos, é o desenvolvido por Pessenda et al. (2009) na região montana de Curucutu. Por meio de análises palinológicas, isótopos ($\delta^{13}\text{C}$) e razões de C/N da matéria orgânica do solo, os autores detectaram condições frias e úmidas numa floresta com presença de *Araucaria*, mas com importante presença de gramíneas entre ca. 28.460 e 20.000 AP (33.448-31.769 até 23.763-23.043 cal AP), evidenciando ainda uma expansão da floresta e umidade maior entre ca. 20.000 e 15.600 AP (23.763-23.043 até 19.408-18.282 cal AP). Esses dados são coincidentes com um UMG úmido proposto por Cruz et al. (2006, 2009). A mistura de floresta e gramíneas teria sido também a característica geral do entorno desde os ca. 15.600 AP até hoje, com uma leve redução da umidade e da floresta entre ca. 13.750 e 4.300 cal AP (idades calibradas pelos autores), mas com um aquecimento indicado pela desaparecimento de *Araucaria*.

Mediante a realização de estudos de isótopos ($\delta^{13}\text{C}$) da matéria orgânica do solo e datações radiocarbônicas (na fração húmica e em fragmentos de carvão), Saia et al. (2008) apresentaram uma avaliação da dinâmica da vegetação no Último Máximo Glacial em quatro pontos de amostragem no PETAR e três pontos no Parque Estadual Intervales, distantes nos seus pontos mais extremos 70 km entre si. Os autores detectaram evidência de uma vegetação aberta com mistura de plantas C_3 e C_4 entre ca. 20.000 AP e 16.000-14.000 AP, com clima mais seco do que o presente. Entre ca. 16.000-14.000 AP e o presente a predominância gradual no sinal C_3 indica uma expansão da floresta, com clima mais úmido que o anterior.

Para o período da presença humana no sítio Abrigo Maximiano (ver Tabela 3, na seção 2.2.4), Medeiros (2010, citada em De Oliveira et al., 2014, p. 464) desenvolveu um estudo palinológico e isotópico na região da Estação Ecológica de Juréia-Itatins (uns 200

km a leste de Iporanga, próximo à planície litorânea de Cananéia-Iguape). O estudo revelou a presença de floresta num entorno úmido e quente entre ca. 8.370 e 6.830 AP (9.440 até 7.615 cal AP, segundo Oliveira et al., 2014, p. 464), que teria se mantido em condições semelhantes entre ca. 6.830 e 5.400 AP (7.615 até 5.700 cal AP, segundo Oliveira et al., 2014, p. 464).

Um estudo palinológico no PETAR foi desenvolvido na Lagoa Vermelha (70 km para norte de Apiaí, que por sua vez está a 26 km para nordeste de Iporanga) por Passarini (2009), com implicações para os paleoambientes no Holoceno Tardio. Entre ca. 2.500 e 2.000 AP (2.612 e 1.945 cal AP, segundo Oliveira et al., 2014, p. 466) a região apresentava clima mais frio do que o atual, com presença de *Araucaria* e *Ilex*, mais com umidade apropriada para manutenção da floresta. Um clima mais quente e úmido retornaria entre ca. 2.000 e 1.000 AP (1.945 e 918 cal AP, segundo Oliveira et al., 2014, p. 466) com maior concentração de *Arecaceae*, *Myrsine*, *Myrtaceae* e *Weinmannia* e desaparecimento de *Araucaria*, tendência que seguiria entre ca. 1.000 e 680 AP (918 até 646 cal AP, segundo Oliveira et al., 2014, p. 466), mas que tende, a partir dos 680 AP, às condições atuais menos quentes e úmidas.

As mudanças climáticas e ambientais no último milênio na área do PETAR foram também abordadas por Pessenda et al. (2010), combinando palinologia, estudos de composição elementar (C/N) e isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) da matéria orgânica total do solo num registro sedimentar da Lagoa Grande. Em termos gerais, os registros indicam uma estabilidade associada à presença da floresta com condições predominantemente úmidas desde ca. 1.000 AP até o presente. No entanto, variações no conteúdo isotópico indicariam condições mais úmidas entre ca. 370 e 340 AP, o que se corresponde no nível mundial com a Pequena Idade de Gelo.

2.2.2 Histórico das pesquisas arqueológicas e trajetórias de ocupação humana no vale do rio Ribeira de Iguape

O interesse arqueológico da extensa região do vale do rio Ribeira de Iguape e, em particular na área hoje abrangida pelo PETAR, nasceu em parte da mão do seu interesse espeleológico, no final do século XIX, que foi também, até bem entrado o século XX, um dos seus principais impulsores, como fica testemunhado pela própria descoberta e escavação inicial do sítio Abrigo Maximiano. O outro grande motor das pesquisas

regionais, principalmente na área do baixo vale, foram os sambaquis, estruturas monticulares estratificadas com presença de depósitos de conchas de moluscos, dentre outros materiais, presentes em toda a costa brasileira (Fish et al., 2013; Gaspar et al., 2008) e em margens fluviais (Figuti; Plens; De Blasis, 2013), incluindo diversas regiões do país (e.g. Pugliese; Zimpel; Neves, 2017). Em particular, os sambaquis fluviais presentes no vale do Ribeira, são hoje definidos como montículos arredondados ou elípticos, com uma altura não superior a 2 m, que apresentam, de forma característica e dentre outros materiais, depósitos de gastrópodes terrestres (*Megalobulimus* spp.) e bivalves de água doce (*Diplodon* spp.) (Plens, 2007, p. 3-4; Figuti; Plens; De Blasis, 2013; Tognoli, 2016, p. 19).

O protagonista principal inicial foi o alemão Sigismund Ernst Richard Krone, conhecido no Brasil como Ricardo Krone (1909, 1911, 1914), quem desenvolvera diversas explorações espeleológicas, arqueológicas e paleontológicas na região do Ribeira. Krone (1914) teve um papel fundamental nas discussões sobre o caráter antrópico dos sambaquis, se posicionando em contra dos defensores do seu caráter natural, como no caso de Von Ihering (Morales, 1998). Já nos finais do século XIX, o naturalista sueco Alberto Löfgren, fazia para a “Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo” um levantamento dos sambaquis do litoral paulista, incluindo os hoje denominados sambaquis fluviais (ver abaixo), e reconhecendo na região que ele denominou “terceiro centro”, localizado “nas margens dos rios Uma, Comprido, Ribeira de Iguape e seus afluentes” um total de 27 sambaquis, “entre grandes e pequenos” (Löfgren, 1893, p. 18). Krone publicaria nos começos do século XX, em trabalho de 1908 reeditado anos depois (Krone 1914), observações sobre os sepultamentos nos sambaquis, sobre o uso dos sambaquis para reconstituir antigas linhas costeiras no Estado (tema ainda objeto de debate, como sintetizado por Afonso, 2017, p. 205-210), sobre sua antiguidade, entre outros.

Nas suas explorações das “grutas calcareas” do município de Iporanga, Krone (1909) descreveu diversas ocorrências de fósseis de megafauna, restos humanos (e.g. dentes) e artefatos; nesse trabalho, o autor desenvolveu escavações na Gruta do Morro Preto, achando “carvão, restos de cozinha, conchas de *Unio* e *Bulimus*, estilhaços de pedras trabalhadas e machados de pedra de índios” (Krone, 1909, p. 27). Um ano antes, o também alemão Edmundo Krug (1908, p. 21-22) publicava dados da escavação de um túmulo com presença de fragmentos de cerâmica. Krone, por sua parte, continuaria com

seu interesse arqueológico na região sul do Estado, com destaque para os sambaquis, publicando detalhes sobre uma estatueta antropomorfa lítica por ele descoberta em 1906 nas proximidades do sambaqui do Morro Grande, entre o rio das Pedras e o rio Comprido, e nomeada de “Ídolo de Iguape” (Krone, 1911).

Outro pioneiro de fundamental relevância para a região do vale do Ribeira de Iguape foi o japonês Kiju Sakai. Chegado ao Brasil na década de 1930, e com uma profunda curiosidade antropológica e arqueológica, Sakai passou a integrar coletivos de intelectuais nipo-brasileiros da época como o Instituto de Pesquisa de Ciência Natural Kurihara e a Sociedade Arqueológica Brasileira de Amadores, no âmbito dos quais desenvolveu várias escavações no interior paulista (Sakai, 1981, p. 98-99; ver também Hattori; Strauss, 2016). No baixo vale do Ribeira de Iguape, no sistema estuarino-lagunar, Sakai (1981, p. 13-47) escavou um sambaqui (costeiro) na Vila Jipovura, 20 km a noroeste da cidade de Iguape, do qual, além dos moluscos e de cinco sepultamentos e restos ósseos humanos isolados, o autor destacou a descoberta de e analisou com grande detalhe para a época, os artefatos líticos e ósseos, fauna e sementes. O autor escavou ainda outros dois sambaquis, neste caso fluviais, os sítios Alecrim I e Alecrim II, que, embora sendo considerados sambaquis da Bacia Hidrográfica do Ribeira, encontram-se numa área mais afastada a nordeste, na bacia do Juquiá - Itariri (ver Figuti; Plens; De Blasis, 2013; Plens, 2007, p. 64-65). Nesses sítios, Sakai (1981, p. 48-85) recuperou um total de 16 sepultamentos, além de um vasto registro faunístico e artefactual osteológico e lítico.

O interesse arqueológico pelo vale do Ribeira da segunda metade do século XX teve um forte impulso a partir de meados da década de 1970, desde duas frentes institucionais principais: a) o grupo de exploração científica da Sociedade Brasileira de Espeleologia, sob coordenação do espeleólogo e arqueólogo amador francês Guy-Christian Collet; b) a Universidade de São Paulo, representada por projetos interdisciplinares de pesquisa, com vários/as arqueólogos/as envolvidos/as. O primeiro grupo de levantamentos e pesquisas tem relevância direta para a presente pesquisa, porque foi graças aos trabalhos desenvolvidos pela equipe de Collet que foi abordado, em 1978, o sítio Abrigo Maximiano, descoberto no ano anterior (ver seção 2.2.4).

Como espeleólogo conhecedor e prospector frequente da área cárstica do Ribeira, Collet desenvolveu várias descobertas de sítios arqueológicos regionais, sendo novamente os sambaquis fluviais os principais protagonistas. Desde 1975 a sua equipe revisitou quatro sambaquis documentados por Krone no distrito de Itaóca, Município de

Apiaiá, detectando outros oito na mesma área, e destacando a função funerária das estruturas, a cultura material, ausência de cerâmica e observações gerais sobre a matriz sedimentar (Collet; Prous, 1977). Um dos sítios detectados, o sambaqui Januário, foi objeto de uma sondagem de resgate pela equipe (Collet; Guimarães, 1977), onde foram descritos restos ósseos de cinco sepultamentos, artefatos em osso como pontas, perfuradores e anzóis, e lítico. Chamava a atenção dos pesquisadores a presença de uma “terra preta ou cinza riquíssima em vestígios orgânicos, com poucas conchas moídas, sem estratificação contínua nítida...”, com “bolsões com grande concentração de gastrópodes terrestres” (Collet; Prous, 1977, p. 32), algo já observado por Sakai (1981) em outros sambaquis fluviais.

Os sambaquis fluviais iriam estar ainda no interesse de Collet, quando dez anos após as primeiras prospecções, o autor apresentara uma nova síntese (Collet, 1985). O autor destacou as principais áreas da bacia do Ribeira e afluentes com presença desses sítios, e indicou a sua situação na paisagem, incluindo nesse tipo de sítios também os abrigos “e em pequena área frente aos mesmos”, dentre eles o Abrigo Maximiano (Collet, 1985, p. 316, 323). Collet (1985) fez uma síntese dos moluscos encontrados (predominância de *Strophoceilus* sp. e *Megalobulimus* sp. em cotas abaixo e acima de 850 msnm respectivamente), da fauna e artefatos em osso, dos artefatos líticos, dos sepultamentos humanos e acompanhamentos funerários associados, e providenciou uma lista de 22 sambaquis a céu aberto e 6 abrigados.

Collet foi também o responsável por realizar as primeiras datações em sítios da região, estabelecendo o arcabouço cronológico inicial para as discussões sobre seu povoamento. No sambaqui fluvial Capelinha, na região de Jacupiranguinha (médio vale do Ribeira de Iguape), foram obtidas as idades mais antigas para o Ribeira da época, e umas das mais antigas do Sudeste brasileiro, de 10.500 ± 1.500 AP (15.890-8.447 cal AP) e de ca. 9.890 AP, esta última obtida numa “amostra de caramujos” e sem maiores referências à proveniência em nenhum dos casos (Collet, 1985, p. 316; Collet; Loebel, 1988). A outra idade obtida por Collet na região foi também recuada, de ca. 9.810 AP, sendo a datação efetuada num maxilar inferior humano proveniente do sítio Abrigo Maximiano, que por ser o sítio abordado nesta pesquisa será discutida em outro lugar (ver seções 2.2.3 e 2.2.4, Tabela 3).

Por fim, Collet também destacou a importância de outros sítios arqueológicos na região além dos sambaquis. Ressaltou a presença de oficinas líticas no Município de Apiaiá,

próximas às fontes de matéria-prima (Collet 1978d, p. 4), algumas das quais teriam sido utilizadas pelos sambaquieiros (Collet; Prous, 1977, p. 32). Também enfatizou o papel dos abrigos e das entradas das cavernas, como o caso do Abrigo Guardamão ou “gruta dos caramujos”, o próprio Abrigo Maximiano, o Abrigo Temimina e a já conhecida por Krone Caverna do Morro Preto (Collet, 1978d, p. 2-3; Collet; Prous, 1977, p. 32). Anos mais tarde, Collet (2001, p. 341) chamou a atenção sobre a presença de “sítios conchíferos” em abrigos sob rocha, nos pés dos barrancos ou debaixo de “amontoamentos de matacões de granito” com espaços de até mais de 100 m², e em cavernas.

O outro grande impulso às pesquisas no Ribeira, na década de 1980, foram as intervenções de professores e estudantes da Universidade de São Paulo. Tratou-se, inicialmente, de um trabalho interdisciplinar que envolvia arqueologia, paleontologia e geologia e que tinha por intuito a prospecção regional e escavação do Abismo Ponta de Flecha, uma jazida fóssil e sítio arqueológico localizado no vale do rio Betari, Município de Iporanga (Barreto et al., 1984). A jazida consiste num dos exemplos de abismos (cavernas verticais, ver seção 3.2) do vale do Ribeira, no fundo de uma depressão poligonal no carste, como já definido na seção 2.2.1.1. Além do seu rico conteúdo de vertebrados pleistoceno-holocênicos, o abismo apresentava espécimes ósseos (de fauna extinta e não extinta) afetados pela ação humana na forma de incisões (fato confirmado por análises tafonômicas posteriores, ver Chahud, 2001, p. 37-39), um molar de *Toxodon platensis* lascado e uma ponta de projétil que deu nome ao sítio (Barreto et al. 1984, p. 30-32).

Ao longo da década de 1980 e parte da década seguinte, o interesse dos/as arqueólogos/as da USP no vale do Ribeira esteve centrado na caracterização das diferentes ocupações humanas e o estabelecimento da sua cronologia (Robrahn-González; De Blasis, 1998). Após uma prospecção inicial que abarcou uma área piloto de 1550 km² nas bacias do Betari, Palmital e Turvo, os pesquisadores De Blasis (1988), Barreto (1988) e Robrahn (1989), estudaram os sítios líticos, concheiros ou sambaquis fluviais, e cerâmicos, respectivamente.

Os sítios líticos do médio Ribeira, foram detectados principalmente a céu aberto, em posição de baixa vertente (nos fundos dos vales) na proximidade dos grandes afluentes, apresentavam uma forma circular ou oval, pouca extensão horizontal (uma média de 1.800 m²) e uma profundidade não superior aos 50 cm, com presença ocasional de carvão (De Blasis, 1988, p. 53-64). Uma visão inicial da organização do sistema de assentamento

começava ser dada por De Blasis (1988, p. 66-70, p. 115, p. 124-131) para os 73 sítios líticos a céu aberto e 3 abrigados, com base na diversidade de artefatos: sítios oficinas líticas, com maior densidade artefactual e as primeiras etapas da confecção representadas; sítios de atividades diversificadas, com maior diversidade de artefatos e funções; sítios de atividades limitadas, com menor quantidade e diversidade artefactual, e maior presença de artefatos reavivados e reciclados. Anos mais tarde, o autor estudaria outros 20 sítios líticos e 15 cerâmicos na região do médio vale do Betari, no Bairro da Serra, abordando também o padrão de assentamento dos moradores atuais e desenvolvendo maiores implicações do seu modelo (De Blasis, 1996). Um sistema regional de assentamento de comunidades de caçadores-coletores que compartilham informações, territórios e matérias-primas foi vislumbrado pelo autor com base na análise dos sítios líticos (De Blasis, 1999).

A ocupação lítica, que constituiria um único componente cultural, foi datada por De Blasis (1996, p. 81) e por Robrahn-González e De Blasis (1998, p. 58) em ca. 1.250 AP no sítio BS22 e ca. 1.060 AP, respectivamente. Sítios ralos, médios e densos em termos de quantidade e diversidade no seu conteúdo artefactual foram diferenciados por De Blasis (1996, p. 91-96, 1999), quem os considerara numa rede de sítios de atividades específicas (os primeiros) e de atividades diversificadas, que seriam sítios residenciais ou sítios habitacionais (os dois últimos). A atribuição cultural dos conjuntos líticos será discutida na seção 2.2.3.

A antiguidade da presença da tecnologia lítica no vale do Ribeira, junto com a sua filiação cultural, segue sendo objeto de debate como será analisado na seção 2.2.3. Por enquanto, é preciso destacar que foi reportado um sítio a céu aberto em alta vertente, denominado Paraíso, no Município Barra do Turvo, com material lascado em sílex incluindo uma ponta de projétil, que teve seus depósitos datados por meio de TL em 6.000 anos (Afonso, 2019, p. 470). A autora destacou que essa idade foi obtida num contexto bioturbado. Caso confirmada por posteriores trabalhos, essa idade permitiria recuar a presença caçador-coletores em sítios a céu aberto (quando comparada com as reportadas por De Blasis, 1996), sendo ainda mais antiga a ocupação do Abrigo Maximiano e do sambaqui fluvial Capelinha (que também apresentaram conjuntos líticos). Em outro sítio a céu aberto denominado Azeite, que fora detectado num terraço fluvial no âmbito de uma prospecção na bacia do Jacupiranguinha durante um projeto regional que será mencionado na seção 2.2.3 (Figuti; Plens; De Blasis, 2013), foram encontrados artefatos

líticos lascados, incluídas várias pontas de projétil, em camadas que renderam uma idade radiocarbônica de ca. 2.200 AP (Penin 2005, p. 91-93).

Os sambaquis fluviais, denominados “sítios concheiros” por Barreto (1988) para distingui-los dos sambaquis e outros depósitos de conchas costeiras, foram estudados (um total de 16 sítios) e sistematizados pela autora no médio vale, principalmente na área de Itaóca e um na Barra do Turvo (ver Figura 11), como sítios a céu aberto, em posição de baixa vertente nas adjacências da confluência de drenagens, em terrenos planos ou levemente ondulados, apresentando uma forma circular ou elíptica com uma média de 1.000 m² de superfície, e com uma profundidade de entre 80 e 150 cm na área central (Barreto, 1988, p. 89-91). A autora fez observações sistemáticas de campo sobre a formação dos sítios, indicando a presença de um solo de ocupação com poucas conchas na base, uma camada de conchas compactas depositadas acima, e um sedimento com conchas fragmentadas no topo devido ao possível pisoteio e “outras interferências recentes” (Barreto, 1988, p. 95). A funcionalidade principal dos sítios seria a residencial, típica de grupos do extremo *collector* de Binford (1980), com preparação e manutenção de artefatos da própria unidade doméstica, fato discutido em pesquisas posteriores (ver seção 2.2.3). A autora comparou nesse trabalho o registro arqueológico dos sambaquis fluviais e litorâneos, determinando a presença de elementos costeiros nos primeiros, como dentes de tubarão, e algumas semelhanças tecnológicas no registro ósseo e lítico (Barreto, 1988, p. 205-212). Com base nessas observações e nas datações disponíveis na época, Barreto (1988, p. 218-230) concluiu que a origem das populações construtoras de sambaquis fluviais esteve nas construtoras dos costeiros. O problema da comunicação entre o interior e a costa será também um dos estímulos principais para pesquisas recentes na região, como se verá na seção 2.2.3.

Por fim, como parte das intervenções realizadas pela USP, Robrahn (1989) caracterizou os sítios cerâmicos do médio vale do Ribeira, especificamente no vale do rio Turvo e em Itaóca, como sítios em entornos diversos, tanto a céu aberto quanto em abrigos (N = 3) e formando cemitérios, ocupando colinas suaves, de forma variada e com até por volta de 500 m² de superfície. A tecnologia cerâmica estava formada por vasilhames de pouca espessura, alisamento de superfície interna e externa, predominância de queima incompleta, presença de antiplástico mineral, e roletado e modelagem como técnicas de manufatura. Esses sítios apresentavam, na sua maioria, conjuntos líticos associados com peças com algumas marcas de uso. Em termos culturais, a autora (Robrahn, 1989, p. 151-

153; também Robrahn-González, 1999) discute sobre a possível associação do material cerâmico com a Tradição Itararé, produzida por grupos provenientes da borda oriental do planalto (ver seção 2.2.3).

É importante destacar que, dentre os sítios cerâmicos do Ribeira, apenas um sítio com material da Tradição Tupiguarani, o sítio Mineração, foi escavado no setor paulista nos começos da década de 1990 (Scatamacchia; Uchôa, 1993). Trata-se de um sítio sobre terraço marinho no Município de Iguape, lito-cerâmico e com evidências de interação com europeus (e.g. louça), com idades entre ca. 560 e 450 AP. No setor paranaense da bacia, foram reportados três sítios a céu aberto com material dessa tradição, o sítio Antenor Cordeiro dos Santos, Ribeirinha 1 e Água Limpa 1 (Parellada, 2006, p. 86).

O já mencionado trabalho de De Blasis (1996) acrescentou também dados de sítios cerâmicos no Bairro da Serra (vale do médio Betari), interpretando que seriam contemporâneos entre si (devido às semelhanças tecno-tipológicas) e que estariam organizados, segundo o mesmo modelo utilizado pelo autor para os sítios líticos, num padrão hierárquico de sítios densos, médios e pequenos ou ralos. Os conjuntos líticos (lascados e polidos) e cerâmicos desses sítios, junto com as estruturas (feições) detectadas, levaram o autor propor que os sítios densos e médios teriam sido sítios habitacionais, enquanto que os sítios ralos teriam tido funções específicas, associados às roças (De Blasis, 1996, p. 126-130). No primeiro caso, o autor indica que apenas um sítio, o BS19, apresentou características de sítio denso em forma de aldeia maior, com todas as formas de vasilhames típicas da indústria e todas as etapas da produção lítica lascada (De Blasis, 1996, p. 126-127). O autor aportou também duas idades para as ocupações ceramistas do Ribeira: uma para o sítio a céu aberto BS19, de 595 ± 50 AP (De Blasis, 1996, p. 118); e outra para o sítio abrigado Torre de Pedra, situado a 7 km do Bairro da Serra, de 270 ± 60 AP (De Blasis, 1996, p. 124), que já teria sido ocupado no período colonial (fins do século XVII).

Parte da equipe original da USP deu continuidade às pesquisas no médio vale ao longo da década de 1990, realizando-se, além da já citada tese de um dos integrantes (De Blasis, 1996), escavações num sambaqui fluvial na área de Itaóca (Pavão III, De Blasis; Piedade; Morales, 1994) e uma prospecção nas proximidades de Iporanga incluindo-se análise do material proveniente dos 11 sítios líticos e dos dois cerâmicos identificados (Robrahn-González; De Blasis, 1998).

Outro grupo de estudos de base para entender a arqueologia regional do Ribeira é o constituído pelos trabalhos no alto vale no Estado de Paraná. No âmbito de levantamentos de arqueologia preventiva e de salvamento, na ocasião da construção de um trecho do gasoduto Bolívia-Brasil na década de 1990, Parellada (2006) realizou um extenso estudo da tecnologia, distribuição e organização espacial dos sítios relacionados a diferentes ocupações nos distritos de Bomba, São Sebastião, Morro Grande e Fazenda Marrecas, no leste paranaense. Parellada (2006, p. 76-77) destacou a presença de sítios líticos, sítios cerâmicos, sítios cemitério e do sítio em abrigo Três Amigos 1, sendo muitos deles multicomponenciais. A autora indicou a presença de material das tradições Umbu e Humaitá, com pontas de projétil (o indicador dessa tradição, de acordo com o mencionado na seção 2.1.2) e lascas retocadas e recicladas principalmente em silexito na primeira, entre outros, e com “artefatos sobre blocos”, grandes bifaces e lâminas de machado lascadas em diabásio, gnaisse e quartzito, entre outros, na segunda (Parellada, 2006, p. 85-86). Além dessas ocupações identificadas através do material lítico, a autora enfatiza a presença majoritária de ocupações Itararé-Taquara, e dos três sítios Tupiguarani já mencionados (ver seção 2.2.3).

Uma vez estabelecido o panorama arqueológico de base do alto e médio vale do Ribeira, principalmente até começos do presente século, é preciso passar, na seção seguinte, para uma discussão sobre pesquisas recentes que visaram entender as conexões da região com o interior do continente.

2.2.3 Antiguidade da ocupação humana, filiação cultural e as transições planáltico-litorâneas: o Abrigo Maximiano em contexto

A ideia de uma conexão entre populações pré-cabralianas do continente (o planalto) e o litoral (a costa atlântica) foi um dos principais motores para as pesquisas das duas últimas décadas no vale do Ribeira de Iguape. Essa ideia tem, como enfatizam Neves e Okumura (2005, p. 526), poucos facilitadores geográficos devido à presença da Serra do Mar, mas encontra no vale do Ribeira um suporte, numa paisagem de transição entre as serras e a baixada do rio (a planície litorânea) que desemboca no Oceano Atlântico (ver seção 2.2.1.1 e Figura 11). Segundo Barreto (1988, p. 17) e Neves e Okumura (2005, p. 526) apenas outras duas regiões no país apresentam tal comunicação geográfica, sendo elas, o vale do Itajaí em Santa Catarina e a borda meridional do planalto em Rio Grande

do Sul (neste último caso, porém, não se trata da Serra do Mar em termos geológicos nem morfotectônicos).

O primeiro grande grupo de pesquisas recentes que foi em busca dessas comparações com base no estabelecimento de um forte arcabouço cronológico, foi consequência de um programa de pesquisas interdisciplinares em sambaquis fluviais coordenado pelo Prof. Dr. Levy Figuti (MAE/USP), entre os anos 1999 e 2004 (Figuti; Plens; De Blasis, 2013), e entre 2005 e 2006 (ver Tognoli, 2016, p. 19). As pesquisas partiram da subdivisão da bacia do Ribeira em três setores com conhecida ocorrência de sambaquis fluviais (Figuti; Plens; De Blasis, 2013, Figura 1): área de Itaóca no município homônimo, médio Ribeira, localizada a oeste; bacia do Jacupiranguinha no Município de Cajati, baixo Ribeira, localizada a sul; e bacia do Juquiá, no Município de Miracatu, localizada a leste em posição mais próxima à costa.

As datações confirmaram a idade recuada de Collet (1985) para o sítio Capelinha (denominado Capelinha I pela equipe), sendo obtida uma idade de ca. 9.250 AP (Figuti; Plens; De Blasis, 2013, Tabela 1). Ossos do sepultamento de um indivíduo masculino conhecido como “Lúzio” recuperado nesse sítio deram uma idade de 8.860 ± 60 AP (10.174-9.610 cal AP), o que o posicionou, junto com o maxilar inferior do sepultamento reportado para o Abrigo Maximiano por Collet (1985), dentre os poucos restos esqueléticos do Holoceno Inferior das Américas (Neves et al., 2005). Junto com Capelinha, o sambaqui fluvial Batatal I também rendeu idades recuadas, levando-se os autores a propor um primeiro período de ocupações sambaquieiras, até 9.000 cal AP (calibração dos autores), na área de Jacupiranguinha. Um segundo período, entre 8.000 e 3.600 cal AP (calibração dos autores), teria testemunhado a expansão para diversas áreas do vale do Ribeira em nove sítios datados, entre eles o Moraes (bacia do Juquiá), outro importante sambaqui em termos de dimensões e quantidade de sepultamentos (Plens, 2007). Por fim, um terceiro período, entre 1.700 e 1.000 cal AP (calibração dos autores), parece evidenciar para os autores uma restrição da ocupação sambaquieira na área de Itaóca.

Tomando como um dos eixos de partida o problema do contato entre sambaquis fluviais e litorâneos, assim como as relações entre diferentes entidades culturais, as pesquisas nas três áreas abordaram processos de formação (Penin, 2005; Plens, 2007), estudos de tecnologia lítica (Penin, 2005; Plens, 2007; Tognoli, 2016) e osteodontoquerática (Tognoli, 2016), estudos zooarqueológicos (Plens, 2007; Alves, 2008; Tognoli, 2016), estudos de paleodieta com base em microvestígios vegetais

(Bodyadjan, 2007) e isótopos estáveis (Plens, 2007), paleopatologia (Fisher, 2012) e tafonomia de restos ósseos humanos (Bartolomucci, 2008), entre outros (e.g. geofísica).

Os estudos de biodistância com base nos restos ósseos humanos, que ocupam uma parcela importante das discussões na literatura, merecem uma menção particular. A ideia de uma maior robustez nos sambaquieiros costeiros e de uma maior gracilidade nos fluviais foi um importante motor das pesquisas (Filippini; Eggers, 2006, p. 165-166). Diferenças significativas entre séries esqueléticas dos sambaquis fluviais do Ribeira (Moraes, Capelinha e Pavão XVI) e dos sambaquis do litoral paulista (Piaçaguera e Tenório) e catarinense (Jaboticabeira II) foram encontradas por Filippini (2004), e por Filippini e Eggers (2006), estes últimos comparando morfologias cranianas do sítio Moraes com os mesmos sítios costeiros. Por outra parte, análises comparativas de marcadores dentários entre sambaquis fluviais e do litoral do Paraná conseguiram detectar uma proximidade biológica (Bartolomucci, 2006).

Estudos morfológicos cranianos também conseguiram estabelecer afinidades biológicas com outras populações, tanto sambaquieiras, como de diversas partes do mundo. Uma análise do crânio do indivíduo masculino datado em ca. 8.860 AP recuperado em Capelinha I (sepultamento II) permitiu Neves et al. (2005) estabelecer um caráter Paleoamericano, de afinidade com populações australianas, melanésias e africanas, ao invés de uma relação com populações mongolóides como habitualmente proposto para o povoamento americano, sustentando uma diferente corrente migratória na América do Sul. Por sua parte, Neves e Okumura (2005) compararam 12 esqueletos provenientes de sambaquis fluviais do Ribeira datados entre ca. 6.000 e 1.250 AP com 225 séries esqueléticas de diversos sítios do litoral e interior brasileiro. Os autores encontraram evidências de um vínculo biológico entre o litoral centro-sul paulista e o litoral do Paraná com o vale do Ribeira a partir da segunda metade do Holoceno. Essas populações teriam tido características mongolóides, o que as diferencia das características não-mongolóides reconhecidas para o Holoceno Inferior no sepultamento II de Capelinha I.

Uma análise genômica publicada recentemente, que analisou 34 indivíduos provenientes de 11 sítios arqueológicos do Brasil, inclui elementos esqueléticos do sepultamento II de Capelinha I e de outros sambaquis fluviais (Ferraz et al., 2023). Os resultados indicaram, no primeiro caso, a ausência de uma afinidade com indivíduos do Holoceno Inicial da região de Lagoa Santa (centro-sul do Estado de Minas Gerais), mas uma relação generalizada com populações brasileiras antigas e sul-americanas atuais. A

comparação do cromossoma Y das populações da Australásia e das ilhas Andaman não encontrou afinidade com o indivíduo de Capelinha I, mas sim com os provenientes de camadas do Holoceno Tardio de sambaquis da costa sulina brasileira. Análises de indivíduos dos sambaquis fluviais da bacia do Juquiá, Moraes e Laranjal, mostraram maior afinidade com sambaquis sulinos do que com os da costa da Região Sudeste.

Outro grande grupo de pesquisas que deve ser mencionado, pela importância que tem para a compreensão da arqueologia do Ribeira e a conexão interior-litoral, está formado pelos estudos em sambaquis da Planície Costeira Cananéia-Iguape. Embora uma síntese completa dessa literatura e sua relação com o vasto campo de estudos em sambaquis costeiros estejam por fora do intuito desta revisão (ver Afonso, 2017, 2019), é preciso mencionar alguns estudos. Dentre eles, o trabalho de datação e inventário de sambaquis apresentado por Uchôa e Garcia (1983), que contabilizou 107 sítios no continente e ilhas litorâneas, constituiu um ponto de partida para pesquisas do presente século.

Vinte e um anos mais tarde, Calippo (2004), no âmbito do Programa Arqueológico do Baixo Vale do Ribeira (coordenado por C. Scatamacchia), realizou intervenções de arqueologia subaquática em oito sambaquis parcialmente submersos, retirando testemunhas de sedimento e realizando datações radiocarbônicas. O autor obteve uma idade de 7.870 ± 80 AP (8.981-8.428 cal AP) no sambaqui Cumbriu Grande na Ilha do Cardoso (Calippo, 2004, p. 80), sendo até hoje a mais antiga do litoral paulista. O citado autor aprofundaria, anos mais tarde, a pesquisa nos sambaquis da região, propondo uma hipótese para o povoamento em função das idades e dos níveis do mar durante as variações holocênicas: uma migração a partir do planalto, por volta de 10.000 AP, que considera os sambaquis fluviais antigos mas, também, o sítio Abrigo Maximiano, que teria se deslocado para o litoral seguindo os paleovales dos principais rios e ocupado sítios hoje submersos pelas águas oceânicas; um deslocamento para o interior, entre 8.000 e 5.100 AP, em sítios em cotas altas da região de Cananéia (como o Cumbriu Grande), consequência da elevação do nível marinho; uma ocupação mais próxima à linha de costa atual, posterior ao 5.100 AP, que teria acompanhado o regressivo marinho (Calippo, 2010, p. 82-91, p. 240-244). Com base em estudos isotópicos de oxigênio e carbono das conchas dos sambaquis (indicadores de paleotemperatura e paleosalinidade), Calippo (2010, p. 194-198, p. 229) propôs para a região de Cananéia uma diversificação das estratégias de coleta de recursos a partir da regressão marinha de 5.100 AP, coincidente com a formação

de extensas áreas estuarinas. Outra importante conclusão desse trabalho foi o de ter encontrado, por meio da análise de isótopos de estrôncio em ossos e dentes de indivíduos recuperados nos sambaquis e de outras evidências, fronteiras entre os sambaquieiros do médio Ribeira, do litoral centro-sul e do litoral norte paulista, sendo os dois primeiros mais adaptados a ambientes lacunares interiores e os últimos mais marinhos (Calippo, 2010, p. 172-175).

Um dos eixos principais das relações entre o vale do Ribeira e outras regiões tem a ver com a filiação cultural predominante atribuída aos conjuntos líticos e cerâmicos. No primeiro caso, trata-se do agrupamento do material principalmente na Tradição Umbu e também na Tradição Humaitá. Na Tradição Umbu foram agrupados os conjuntos dos sítios líticos do médio vale pesquisados por De Blasis (1988, 1996), considerados na época como o limite septentrional dessa tradição, com as idades tardias de entre ca. 1.250 e 1.000 AP mencionadas na seção anterior (Robrahn-González; De Blasis, 1998). Também teria feito parte dessa tradição a maioria dos sítios líticos e dos conjuntos líticos dos sítios multicomponenciais encontrados no alto vale, no setor paranaense, pesquisados por Parellada (2006, p. 85-86), enquanto apenas três sítios teriam apresentado para a autora material lítico Humaitá. Por fim, e talvez uma das grandes incógnitas da arqueologia da região, é o componente lítico do sambaqui fluvial Capelinha I, que também fora atribuído à Tradição Umbu pela ampla presença de pontas de projétil bifaciais e unifaciais, e que motivara um estudo específico sobre processos de formação do sítio (Penin, 2005).

O problema da Tradição Umbu foi detalhado na seção 2.1.2 à ocasião da atribuição dos conjuntos líticos do centro paulista, e reside num modelo (*sensu* Moreno de Souza, 2019) expandido na década de 1980 que se baseia na presença de pontas bifaciais pedunculadas em sítios arqueológicos (de caçadores-coletores) dos estados sulinos e de parte do Estado de São Paulo. As análises recentes sob a ótica da morfometria geométrica das pontas e de análises tecnológicas e experimentais dos conjuntos líticos previamente atribuídos a Umbu em várias regiões do Sul e Sudeste do país vêm chamando a atenção sobre as diferenças culturais e sobre a necessidade de não utilizar mais a categoria Umbu (e.g. Okumura; Araujo, 2016, 2017; Moreno de Souza, 2019, 2020).

Um exaustivo trabalho de análise dos diversos acervos líticos existentes para o vale do Ribeira de Iguape foi realizado recentemente por Correa (2022). Com dados derivados dos citados trabalhos de De Blasis (1988), Barreto (1988), dentre outros, a

autora indicou que as pontas constituem a classe artefactual mais frequente na região, sendo elas não necessariamente ligadas a Umbu.

O trabalho de Penin (2005) no sambaqui fluvial Capelinha I conseguiu evidenciar a presença de intensos processos pós-deposicionais que teriam intervindo na mistura de material de diferentes tradições culturais originalmente depositados nos níveis superiores, incluindo Umbu, mas também cerâmica Itararé-Taquara e artefatos em vidro e louça europeus. O autor mencionou exemplos de fitoturbação e de zooturbação, atuantes, sobretudo, na Área de Escavação II do sítio, o que problematizou a atribuição dos conjuntos líticos e levou o autor considerá-los diferentes em termos culturais dos sambaquieiros ribeirinhos. Haveria também claras diferenças tecnológicas no material lítico tradicionalmente atribuível a Umbu (com todos os problemas que esse modelo tem, conforme mencionado) e o que constitui o registro típico da maioria dos sambaquis fluviais, como já fora observado por Barreto (1988). Tognoli (2016, p. 154) também advertiu para essas diferenças, devido à ausência nos sítios Estreito e Caraça, não apenas de pontas, mas de núcleos preparados para a produção de suportes aptos para façonagem bifacial. O caso de Capelinha I, junto com os sambaquis fluviais Batatal 1 e 2 e o mencionado sítio Azeite que também apresentaram pontas e debitage bifacial, indicaram para Penin (2005, p. 95-103) a existência de uma possível fronteira cultural entre grupos Umbu e os sambaquieiros que teria durado cerca de 1.000 anos.

O problema da Tradição Humaitá, por sua parte, foi objeto de uma análise detalhada por parte de Dias e Hoeltz (2010). Como no caso de Umbu, essa tradição foi proposta também a partir de uma fase formulada por E. Miller, para designar artefatos sobre núcleo ou lasca de grandes dimensões, *choppers*, peças bifaciais de grande porte, peças polidas, entre outros, em sítios arqueológicos de coletores ou horticultores dos planaltos florestados subtropicais meridionais e do nordeste argentino (ver Schmitz, 1987; ver revisão feita por Dias; Hoeltz, 2010). Para Dias e Hoeltz (2010) os conjuntos agrupados em Humaitá fariam parte da variabilidade artefactual produzida pelos grupos agricultores produtores da cerâmica das tradições Tupiguarani e Itararé-Taquara, na organização espacial das aldeias e dos outros lugares do sistema de assentamento. Talvez fosse esse o caso dos sítios Humaitá encontrados por Parellada (2006) no setor paranaense do alto Ribeira.

No caso da filiação cultural dos conjuntos cerâmicos, à exceção de uma sutil presença Tupiguarani mencionada na seção anterior, a região do alto e médio vale do

Ribeira é reconhecida pela presença de grupos Jê. O citado trabalho de Robrahn (1989) atribuiu os sítios cerâmicos do médio vale à Tradição Itararé, associada a distintos grupos falantes de línguas Jê. O que hoje é denominado de Tradição Itararé -Taquara (conforme discussão sobre nomenclatura realizada por Araujo, 2007) se caracteriza por uma cerâmica de vasilhames predominantemente pequenos, de paredes finas e coloração escura, habitualmente associada a trabalhos em terra como montículos e a depressões conhecidas como “casas subterrâneas” ou depressões doliniformes de morfologia elíptica. Essa tradição estaria vinculada com a expansão de grupos possivelmente advindos do Cerrado do Brasil central (Urban, 1992), que teriam se deslocado para os estados sulinos (ver Noelli; De Souza, 2017) através do Sudeste, incluindo uma ocupação no noroeste paulista (possivelmente tardia) e diversas rotas possíveis através desse estado (ver Araujo, 2007).

O vale do Ribeira e a borda leste do primeiro planalto paranaense são áreas com alta densidade de sítios atribuíveis a antigas aldeias de grupos Jê do Sul, situadas predominantemente em alta vertente, distantes dos cursos d'água, conforme modelado por Noelli e De Souza (2017, p. 63-65). O vale do Ribeira, o alto Taquari e alto Paranapanema paulistas, e a região paranaense de Sengés que apresentaram idades recuadas para essas ocupações (Alto Taquari: Gasbol 8, 1.540 ± 150 , TL, Araujo, 2007, Tabela 3; Sengés: Abrigo da Janela, 1.790 ± 210 AP, Parellada, 2006, p. 201), sugeriram essas áreas como rota de expansão dos grupos Jê para o sul do país (Noelli; De Souza, 2017). Afonso (2019, p. 473) destacou ainda uma idade recuada de ca. 1.500 (obtida por TL) para cerâmica Itararé-Taquara no sítio Estrela, Município de Cerro Azul, Paraná. Contudo, segundo Parellada (2016, p. 165), as ocupações Jê no Ribeira teriam se concentrado entre 1.000 e 700 anos atrás (ver também Robrahn-González; De Blasis, 1998). A citada autora localizou no setor paranaense da bacia mais de 80 sítios filiados à tradição Itararé-Taquara na sua pesquisa já mencionada (Parellada, 2006), que se somaram aos cinco sítios reconhecidos por Chmyz et al. (1999) nos municípios de Adrianópolis, Cerro Azul e Ribeira (este último em SP). Houve presença regional de ocupações mais recentes, como confirmado pela idade de ca. 270 AP do Abrigo Torre de Pedra (De Blasis, 1996, p. 124), e por pesquisas recentes na região paranaense de Adrianópolis, que dataram tanto os sítios Bela Vista e Alto do Laranjal entre ca. 800 e 490 AP (Almeida et al., 2017), quanto os sítios Margem II, Margem I e Foz do Carumbé entre ca. 630 e 380 AP (Kozlowski; Corteletti, 2019, Tabela 1).

Mais recentemente, Zenero (2022) realizou uma modelagem preditiva com os diferentes dados das publicações aqui mencionadas e outros derivados de relatórios, determinando a probabilidade de detecção de sítios líticos, cerâmicos e sambaquis fluviais e estabelecendo que ela seria maior em posições de morro para os dois primeiros e próxima dos cursos fluviais para os últimos. A autora também relatou dados de prospecção na região e da escavação do sítio abrigado Paredão Consteca com material cerâmico da Tradição Itararé-Taquara, lítico, dentre outros.

A partir dos resultados e discussões derivados das pesquisas passadas e recentes nos diferentes setores da bacia do Ribeira, tanto no lado paranaense quanto no paulista, podem se sintetizar os principais problemas de pesquisa sobre as relações entre ocupações humanas ao longo do tempo:

- Relação com a Tradição Umbu dos sítios líticos e dos conjuntos líticos dos sambaquis fluviais;
- Relação do Abrigo Maximiano e outros abrigos com os sambaquis fluviais e o problema dos “sambaquis em abrigo”;
- Relação dos ceramistas filiados à Tradição Itararé-Taquara com os filiados à Tradição Tupiguarani;
- Relações biológicas entre populações sambaqueiras fluviais e outras.

2.2.4 O sítio Abrigo Maximiano: características e intervenções arqueológicas anteriores

O sítio consiste num espaço abrigado na base de um paredão de rocha metacarbonática da Formação Bairro da Serra, de uns 30 m de altura, com inclinação negativa (Figura 15b-c). A formação dessa inclinação (i.e. do *overhang*) parece ter sua origem na existência de um controle morfoestrutural e na ação da água na dinâmica do planalto cárstico. A classificação geoquímica da rocha do abrigo, segundo análise realizada com amostras das proximidades do sítio, é a de calcário silicoso, com menos de 10% de aporte não carbonático (Guimarães, 1952, p. 28, 43). O espaço interior, localizado a 95 msnm e voltado a sudoeste, apresenta aproximadamente 40 m de extensão máxima e 5 m de largura máxima, com uma altura máxima até o teto de 3 m desde a linha de goteira (Figuras 15b-c e 16a-b). A área além da linha de goteira apresenta-se densamente

florestada (Figura 15b-c), e a 6 m de altura acima do leito de um pequeno curso d'água tributário do córrego Maximiano, que está localizado a 11 m de distância do abrigo.

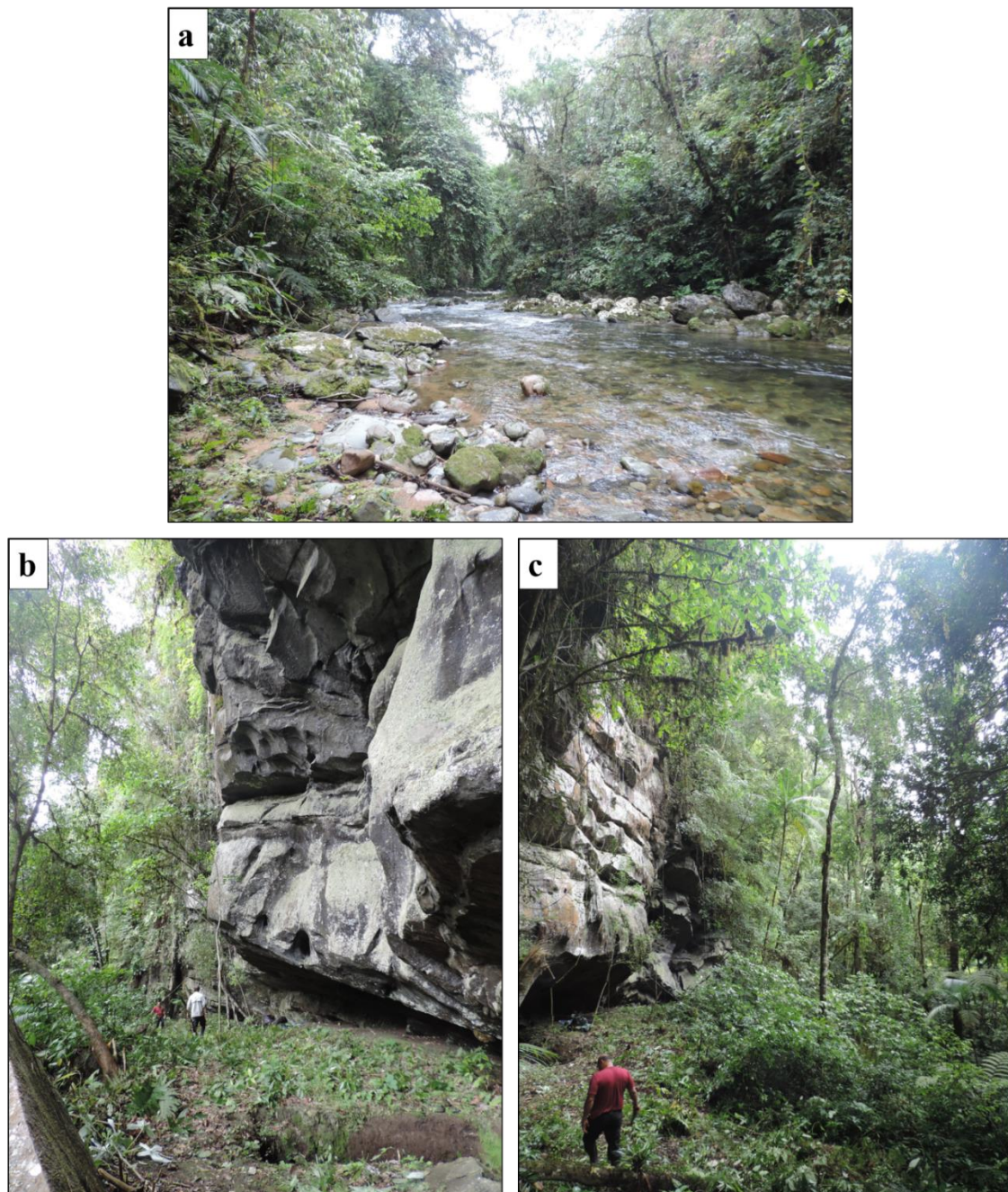


Figura 15 - O sítio Abrigo Maximiano na paisagem. O rio Iporanga (a), afluente do rio Ribeira de Iguape, corta o Carste Caboclos - Casa de Pedra do PETAR no seu setor sul. O paredão (meta)calcário do setor sul do carste define o teto inclinado do sítio Abrigo Maximiano, visto desde o nordeste (b), com destaque do Corte/Sondagem III na frente, e desde o sudoeste (d). Note-se a densa mata onde se insere o sítio. Fotos: Nicolás Batalla.

O sítio foi descoberto, segundo anotações do próprio Collet (1978a, p. 4), por Clayton Lino, membro de uma equipe de espeleólogos que prospectava a área em novembro de 1977. Os descobridores fizeram uma coleta do material que estava na superfície, consistente num maxilar humano, uma tíbia humana e um fêmur humano, além de “outros ossos” e possível material lítico (“batedores de pedra”); uma mínima remoção do depósito superficial parece ter sido feita na instância, com a observação de carvão “à pequena profundidade”, e chamando a atenção a presença de conchas e seixos fluviais (Collet, 1978c, p. 1).

Em janeiro de 1978, foram iniciadas as escavações no abrigo com um total de dez pessoas da equipe de espeleólogos e convidados, que além de contar com a presença do próprio Collet, incluía atuais professores, entre eles, Ivo Karmann, quem estudaria os sistemas cársticos do parque anos mais tarde, como fora já mencionado (Karmann, 1994; Karmann; Ferrari, 2002). Também se contou com a visita de professores do MAE da época, dentre eles, Ulpiano Bezerra de Menezes, e com estudantes de diversas instituições (Collet, 1978b, p. 13-14).

A equipe realizou duas etapas de escavação, uma em janeiro e outra em julho de 1978. Além das notas parciais de campo (transcritas por A. Felizardo e aqui citadas como Collet, 1978c) e relatórios, Collet deixou dois croquis do sítio, o que permitiu estabelecer que foram abordadas três áreas de escavação em janeiro e mais uma área em julho, totalizando quatro áreas (Felizardo, 2017, p. 70-73). Nas áreas de escavação, denominadas “Cortes” ou por vezes “Sondagens” por Collet, foram intervindas, somando as duas campanhas, seis quadras de 1 x 1 m no Corte I, seis quadras de 1 x 1 m no Corte II, duas quadras de 1 x 1 m no Corte III e três quadras de 1 x 1 m no Corte IV. No total, Collet e equipe escavaram 8 m² em janeiro e 9 m² em julho. A Figura 16b apresenta uma reconstrução do croqui original, com dados topográficos coletados por A. Felizardo (2017).

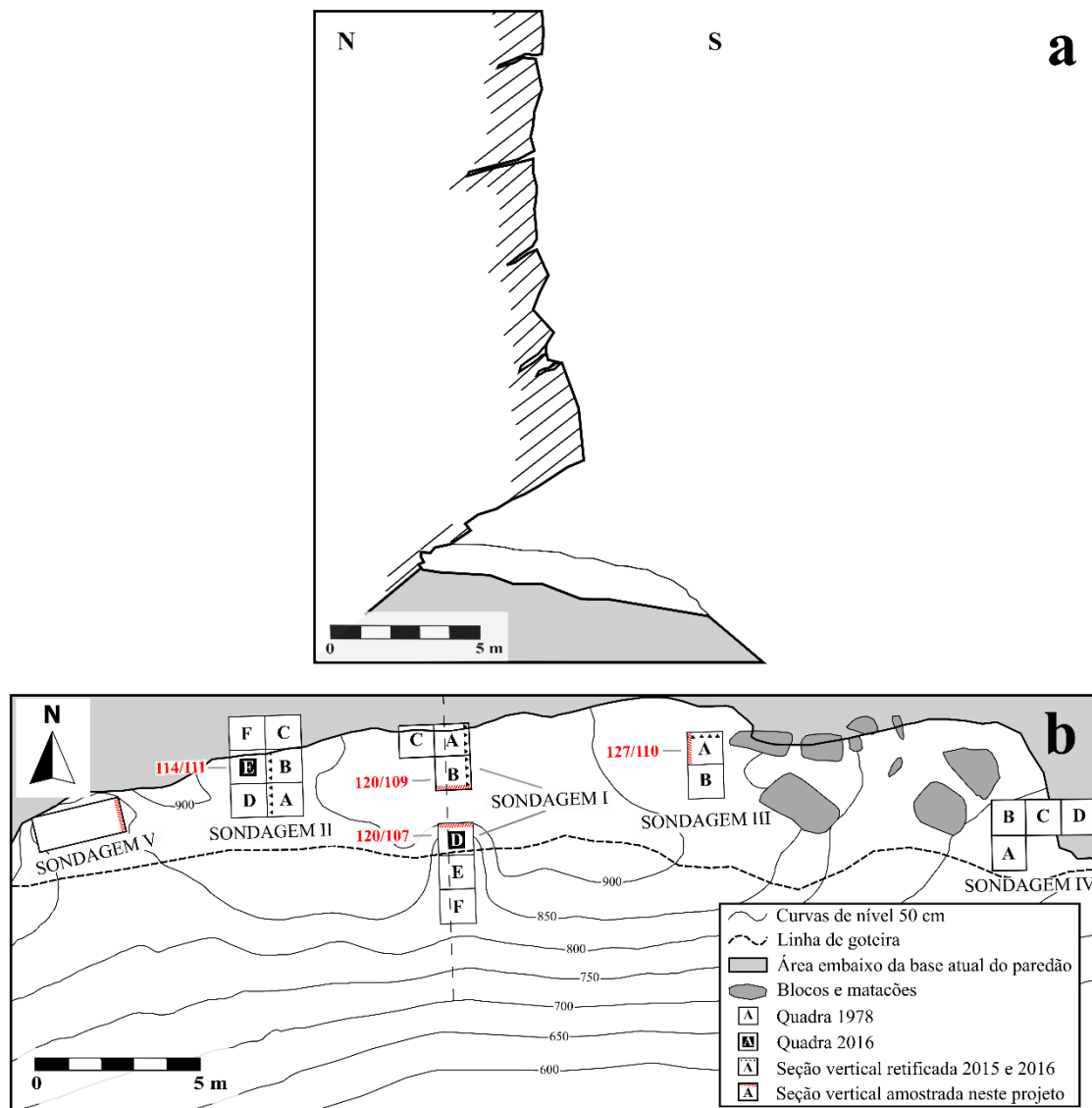


Figura 16 – Seção esquemática do sítio Abrigo Maximiano (a) destacando em cor cinza a base não escavada, e planta do sítio Abrigo Maximiano (b) com localização das quadras escavadas em 1978, e das que tiveram seções retificadas e plantas aprofundadas em 2015 e 2016, indicando com linha tracejada de maior espaçamento a área seccionada. Em vermelho, destacam-se os números das quadras analisadas nesta pesquisa com a nomenclatura de Araujo (2016a). Manteve-se a terminologia adotada pela equipe coordenada pelo Prof. Araujo, que denominou os “Cortes” (setores de escavação) como “Sondagens”, inclusive para a unidade de origem desconhecida (Sondagem V). Elaborado por Nicolás Batalla com base em Collet (1978c), mapa topográfico de Felizardo (2017) e observações de campo.

Os procedimentos de escavação em 1978 consistiram na remoção do sedimento por decapagem em níveis de 10 cm, realizando-se descrição e coleta de materiais, e peneirando-se a seco pelo menos alguma parte do sedimento escavado, de acordo com as notas de campo. O sítio destacou-se por apresentar diversas classes de materiais, com presença de gastrópodes (principalmente do género *Megalobulimus*), bivalves, lítico, ossos de diversas classes de animais (incluídas pontas neles confeccionadas),

remanescentes humanos e carvão. De acordo com as notas de campo (Collet, 1978c), foram encontrados pelo menos cinco sepultamentos primários, denominados 1A (quadra A Corte I, partes esqueléticas e um “colar de conchas de bivalves”), 1B (quadra A Corte 1, “mãe” e criança na frente), 1C (quadra A Corte 1), e 2A (quadra A do Corte II), mas esse número é questionável pelo próprio caráter não sistemático do registro.

A seguir, são sintetizadas as principais características das áreas intervindas na década de 1970:

- Corte I: Foi atingida uma profundidade máxima de 160 cm na quadra B. Materiais: ossos humanos (sepultamentos 1A, 1B e 1C; fragmentos, quadra C, 30 cm prof.). Estratigrafia: 41 “camadas nítidas, com distintas alternâncias de níveis claro de cinza com terra fofa preta” (Collet, 1978b, p. 18); presença de feições de combustão (20, segundo Collet, 1978b, p. 18), de 1 até 6 cm de espessura, algumas quase superpostas (canto esquerdo norte), alternadas com “manchas” amarelo-alaranjadas;
- Corte II: Foi atingida uma profundidade máxima de 230 cm na quadra C, sem ter sido atingido o estéril. Materiais: ossos humanos (sepultamento 2A; 1 crânio fragmentado, quadra E, 200 cm prof.; 1 maxilar inferior, quadra F, 180 cm prof.); pontas em osso (quadra B); lítico (único corte onde foi registrado). Estratigrafia: sedimento argiloso a partir de 130 cm na quadra B; presença de feições de combustão com camadas de até 10 cm de espessura de cinzas brancas compactas;
- Corte III: Não há referência à profundidade máxima atingida. Materiais: ossos mamíferos; pontas em osso (quadra A); maior quantidade de bivalves de água doce do que nos outros cortes;
- Corte IV: não há referências.

Dos materiais coletados pela equipe de Collet em 1978, o único sujeito a uma análise sistemática, pelo menos de algumas peças, e reportado em relatório consistiu no lítico e nas pontas ósseas (Collet, 1978b). No caso do lítico, Collet (1978b, p. 27-33) destacou a maioria de peças em calcário, seguidas do diabásio, quartzo, filito e sílex,

fazendo observações sobre nove peças, que incluem “raspadores bifaces” de calcário, “lâminas de machado” lascadas em diabásio e um seixo de quartzo usado como “chopping-tool”. No caso dos remanescentes humanos, há menção (Collet, 1978c, p. 145) a um sepultamento coberto com plástico para posterior retirada (a mulher 1A e criança associada), e à coleta de fragmentos e de distintas partes esqueléticas, incluídas a mandíbula, que foi enviada para datação (ver Tabela 3) e o crânio do Corte II. Esses dois remanescentes foram sujeitos na época a uma análise antropométrica por parte da Dra. Marília Carvalho de Mello Alvim do Museu Nacional em Rio de Janeiro (ver documentação em Felizardo, 2017, p. 136-138), quem determinou se tratava de restos de indivíduos femininos. Infelizmente, o destino do material osteológico coletado na década de 1970 é hoje desconhecido (Felizardo, 2017, p. 86-88).

As pesquisas arqueológicas no sítio só seriam retomadas 37 anos após as escavações de Collet. O ponto de partida das novas intervenções foi o interesse do espeleólogo Alexandre Felizardo em explorar o potencial arqueológico dos abrigos e cavernas da região do vale do Ribeira, amplamente conhecida há várias décadas como ficou exprimido nas duas seções anteriores do presente trabalho. Compilando os trabalhos de Collet na região, a redescoberta e estudo sistemático do Maximiano motivaram a Felizardo na realização de uma pesquisa de mestrado em arqueologia, junto ao MAE/USP, entre 2014 e 2017 (Felizardo 2017). O projeto foi coordenado pelo Prof. Dr. Astolfo Araujo, LEVOC – MAE/USP, no âmbito do Processo FAPESP no. 2013/13794-5 (Araujo 2016a), tendo-se desenvolvido três etapas de trabalho com o intuito de realizar:

- a) a re-localização do sítio;
- b) a exposição e retificação das seções estratigráficas deixadas por Collet;
- c) a topografia, escavação e coleta de amostras para datação.

A primeira etapa foi desenvolvida em maio de 2015, e foi, de fato, uma das mais difíceis, pois o abrigo não era conhecido pelos guias do PETAR e o percorrido pela trilha que levava até a ressurgência do córrego Maximiano era bastante pesado, exigindo numerosas travessias de rios com ajuda de cordas-guia (Araujo, 2016a, p. 56). Ficou confirmado que a acessibilidade é realmente um dos principais problemas na abordagem do sítio. Tendo-se chegado ao que seria o abrigo, a localização do bloco utilizado como

datum em 1978 e a disposição espacial das quadras abertas e ainda visíveis apesar da vegetação, permitiram inferir que se tratava efetivamente do Abrigo Maximiano.

Com exceção do Corte II, que se apresentou derruído e talvez afetado por “caçadores de tesouro”, as seções verticais das quadras escavadas por Collet estavam bastante preservadas e com pouco desbarrancamento, o que facilitou o desenvolvimento da segunda etapa, em outubro de 2015. Percebeu-se que, além das quatro áreas de escavação ou cortes mencionados por Collet nos relatórios e notas, existe uma quinta quadra aberta no setor oeste do sítio, da que não se possui referência alguma e que foi denominada, por motivos de praticidade, de Sondagem V ou simplesmente SV (ver Figura 16b). A equipe estabeleceu, por meio de estação total e utilizando o mesmo *datum* de Collet, um sistema de coordenadas com o intuito de que fosse o mais aproximado possível à grade utilizada por Collet, mas com um princípio de nomenclatura cartesiana que evita unidades de escavação negativas e que considera a quadra de origem E100/N100, ou seja a 100 m para leste e para o norte do ponto zero. As quadras que tiveram as seções verticais retificadas, do oeste para leste, foram:

- 114/111 (no Corte II – quadra E de Collet)
- 115/110 (no Corte II – quadra A de Collet)
- 115/111 (no Corte II – quadra B de Collet)
- 120/109 (no Corte I Norte – quadra B de Collet)
- 120/110 (no Corte I Norte – quadra A de Collet)
- 120/107 (no Corte I Sul – quadra D de Collet)
- 127/110 (no Corte III – quadra A de Collet)

A terceira etapa foi realizada em janeiro de 2016 com uma equipe de quatro pessoas, envolvendo a toma de pontos para topografia (ver Figura 16b) e a escavação. O objetivo desta última atividade consistiu em aprofundar duas quadras abertas pela equipe de Collet: a quadra 114/111 (Corte II – quadra E de Collet), para verificar a estratigrafia, coletar carvões e restos ósseos humanos associados, onde fora recuperado o maxilar inferior datado em ca. 9.810 AP (ver Tabela 3); a quadra 120/107 (Corte I – quadra D de Collet), para caracterizar a estratigrafia numa área mais externa do abrigo, ainda por dentro da linha de goteira, mas sujeita às intempéries. A escavação procedeu por meio da retirada de níveis arbitrários de 10 cm seguindo-se o critério das variações em planta ao

interior deles, já descrito para os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador. O sedimento foi peneirado a úmido, devido ao seu caráter argiloso, por meio de peneiras de aço inoxidável num balde com água, o que demonstrou ser o procedimento mais efetivo para recuperação de materiais (Araujo, 2016a, p. 63-64).



Figura 17 – Escavações arqueológicas no sítio Abrigo Maximiano em 2016. Em vista desde o oeste (a), trabalho de registro durante o aprofundamento do Corte/Sondagem II (indicado com seta vermelha). Em vista desde o leste, a quadra 114/111 (quadra E de Collet) do Corte/Sondagem II é aprofundada. Em vista desde o sul, a quadra 120/107 (quadra D de Collet) do Corte/Sondagem I Sul, na porção mais externa ao abrigo, é aprofundada. Fotos: Felizardo (2017, Figura 57) (a) e Astolfo G. M. e equipe (b, c).

Por sua parte, foram coletadas amostras de carvão tanto nas seções retificadas quanto nas duas unidades de escavação aprofundadas, sendo obtidas 14 idades radiocarbônicas entre ca. 7.880 e 1.310 AP ou ca. 8.974 e 1.082 cal AP (Tabela 3). A maioria das idades (entre ca. 8.974 e 6.796 cal AP) apresentou uma congruência com a profundidade, situando a ocupação no final do Holoceno Inferior e no Holoceno Médio, com exceção da obtida a partir da amostra MAX-401, muito recente (1.310 ± 30 AP), e cuja explicação, segundo Araujo (2016, p. 72) podia estar em processos de formação não conhecidos à época. A mesma observação é válida, na quadra 114/111, para a diferença entre as idades de ca. 6.360 até 7.010 AP, obtidas a partir de carvões coletados entre 198 e 208 cm de profundidade, e a idade mais antiga de ca. 9.810 AP reportada por Collet a 180 cm. Nesse caso, Araujo (2016, p. 72) não descartou que as medidas usadas por eles para determinar profundidade não fossem as mesmas do que as empregadas por Collet.

Tabela 3 – Idades obtidas por radiocarbono para o sítio Abrigo Maximiano (com base em Araujo, 2016a, Tabela 12 e Collet, 1985, p. 324)

Amostra	ID Laboratório	Sondagem ^a (S) e quadra (Q)	F	Material datado	Prof. (cm)	Idade AP	¹⁴ C	Idade calibrada AP 95,4 % probabilidade (2σ) ^b
MAX-401	Beta 432546	SI Sul Q 120/107	-	Carvão	166,5	1.310 ± 30		1.273 – 1.082
MAX-367	Beta 432544	SI Norte Q 120/109	F2a	Carvão	21,5	6.110 ± 30		7.153 – 6.796
MAX-406	Beta 432548	SII Q 114/111	F16	Carvão	198,3	6.360 ± 30		7.319 – 7.164
MAX-358	Beta 432539	SIII Q 127/110	F11	Carvão	61,4	6.410 ± 30		7.420 – 7.171
MAX-366	Beta 432543	SI Norte Q 120/109	F2a	Carvão	55,0	6.430 ± 40		7.423 – 7.176
MAX-360	Beta 432540	SI Norte Q 120/110	-	Carvão	48,0	6.440 ± 30		7.422 – 7.260
MAX-361	Beta 432541	SI Norte Q 120/110	-	Carvão	91,7	6.460 ± 30		7.423 – 7.273
MAX-362	Beta 432542	SI Norte Q 120/110	-	Carvão	19,9	6.470 ± 30		7.424 – 7.278
MAX-414	Beta 432550	SII Q 114/111	F16	Carvão	204,3	6.550 ± 40		7.558 – 7.323
MAX-408	Beta 432549	SII Q114/111	F16	Carvão	201,4	6.570 ± 30		7.561 – 7.332
MAX-423	Beta 432551	SII Q114/111	F16	Carvão	208,0	6.580 ± 30		7.563 – 7.338
MAX-402	Beta 432547	SII Q 114/111	F16	Carvão	195,1	7.010 ± 30		7.926 – 7.696
MAX-357	Beta 432538	SIII Q127/110	F12	Carvão	85,2	7.030 ± 30		7.931 – 7.713
MAX-370	Beta 432545	SI Sul Q 120/107	F7	Carvão	111,2	7.880 ± 40		8.974 – 8.481
-	GIF-7493	SII Q 114/112	-	Osso humano	180,0	9.810±150 ^c		11.712-10.699

Nota: F = Fácies reconhecida nesta pesquisa; Prof. = Profundidade.

a. Equivale ao “Corte” de Collet na nomenclatura de Araujo (2016a).

b. Calibradas usando o pacote de R (R Core Team, 2021) *rcarbon* (Crema; Bevan, 2021) com a curva SHCal20 (Hogg et al., 2020).

c. Idade determinada em maxilar inferior humano (Collet, 1985, p. 324).

A escavação na quadra 114/111 continuou aproximadamente a partir dos 180 cm de profundidade da superfície atual, onde teria sido recuperado o maxilar inferior em 1978. Foram escavados no total três níveis de 10 cm (níveis 19 até 21). A profundidade máxima atingida foi de 208 cm. A escavação na quadra 120/107 continuou a partir dos 160 cm de profundidade da superfície atual. Foi escavado apenas um nível de 10 cm (nível 17) devido à falta de tempo. A profundidade máxima atingida foi de 166 cm.

Quanto ao material registrado e coletado nas intervenções realizadas em 2016, Felizardo (2017) efetuou o estudo inicial de todas as classes recuperadas, consistentes em fauna, remanescentes humanos e lítico. Das análises efetuadas pode se destacar, de forma sintética:

- O material predominante é formado pelas conchas dos gastrópodes terrestres *Megalobulimus gummatum* e *Megalobulimus yporanganus*, com presença, em segundo lugar, dos bivalves da espécie *Diplodon delodontus*. Em menor frequência, foram reportados os gastrópodes *Helicina iguapensis*, *Rectartemon iguapensis*, e *Bahiensis punctatissimus*. Felizardo (2017, p. 93, Tabela 6) destacou a ausência dos outros gastrópodes encontrados por Collet, a saber: *Thaumastus* sp., *Bulimulus* sp., *Cyclodontina* sp., *Macrodontes* sp., *Speironepion* sp., *Mirinaba antoninensis*, *Neocyclotus prominulus*, mais a espécie invasora *Subulina* sp.;
- No total da fauna (N = 183), além dos moluscos, destacam-se em ordem de maior a menor frequência, ossos e placas dérmicas de Xenarthra (tatus), ossos de Rodentia (roedores), ossos de Aves, ossos de Amphibia (sapos, rãs), ossos de Reptilia (lagartos, tartarugas, e cobras possivelmente), ossos de Marsupialia (gambá), ossos da família Tayassuidae (porco do mato), dátilo e quelas de *Trichodactylus* sp. (caranguejo), um dente e calota de Simiiformes (macaco), ossos da família Lorecariidae (peixes cascudos ou bagres), dentes e ossos de Cervidae (veados), e uma mandíbula de Mustelidae (lontra). Felizardo (2017, Tabela 7) destacou que a maioria da fauna detectada em 2016 já tinha sido encontrada em 1978, com exceção dos peixes, cobras, veados, tatus e, possivelmente, também a lontra;
- Remanescentes humanos (N = 32) foram recuperados nas duas unidades de escavação abordadas, sendo encontrado um fragmento de tíbia já desde o começo da continuação da quadra 114/111, onde Collet coletara a mandíbula datada. Além desse fragmento de tíbia, foram coletados fragmentos indiferenciados, fragmentos de costelas e vértebras, e fragmentos individuais de rádio, fíbula, falange, metatarso, metacarpo, capitato e piramidal (ossos do carpo,

nos últimos dois casos). Felizardo (2017, p. 89) determinou a presença de indivíduos adultos (em 3 espécimes) e de crianças (em 1 espécime);

- Os espécimes líticos (N = 141), algum deles artefatos (*lato sensu*) e outros clastos de calcário, reportados por Felizardo (2017) não foram objeto de uma análise tecnológica que especifique suportes, classes artefatuais, estado de completitude, etc. O autor assinalou a presença maioritária de lascas, com algum raspador em sílexito; mas o foco do autor foram as descrições realizadas por Collet das peças encontradas em 1978 (Felizardo 2017, p. 107-113). A matéria-prima principal é o calcário, seguido do quartzo (aparentemente das cascalheiras locais), “metamórficos” (talvez rochas metamórficas não determinadas), o diabásio, arenito silicificado (aparentemente não local), o basalto, o sílexito, e outras rochas não identificadas.

No relacionado com os depósitos do Maximiano, objeto do Estudo de caso na presente pesquisa de Doutorado, Felizardo (2017) não realizou uma abordagem geoarqueológica específica, apesar do título do seu trabalho. As principais observações iniciais sobre processos de formação com as que se conta são as de Araujo (2016, p. 66-69) no relatório da pesquisa, quem enfatizou a necessidade de um estudo específico sobre eles (e motivou esta pesquisa). O autor apontou três aspectos principais dos processos formativos:

a) Um forte componente antropogênico no interior da área abrigada, caracterizado por um sedimento muito escuro (o que Collet chamou de “terra fofa preta”, seguramente), produto provável da deposição de matéria-orgânica, cinzas de fogueira e outros resíduos de atividades humanas. O autor exemplificou com a seção vertical retificada na Sondagem (Corte) I, quadra 120/110, onde observou as intercalações de cinzas com “sedimento castanho escuro e concreções de solo queimado” (Araujo, 2016a, Figura 27), com possível retrabalhamento por pisoteio. Uma forte bioturbação é perceptível em galerias preenchidas e vazias. Outros exemplos dados pelo autor são a própria Sondagem II, quadra 114/111, escavada em 2016, com intercalações de cinzas e sedimento escuro, e a Sondagem III, quadras 127/109 e 127/110, com “camadas discretas

de cinza, solo queimado e carapaças de gastrópodes terrestres”, destacando a presença da maioria de carapaças inteiras (Araujo, 2016a, 69);

b) Uma estrutura sedimentar diferente na parte exterior da área abrigada, com provável maior influência de agentes bioturbadores, entre eles, as raízes. O autor exemplificou com a seção vertical da quadra 120/107, escavada em 2016, que apresentou um “sedimento bastante homogêneo no topo e uma camada bastante espessa de fragmentos de carapaças de gastrópodes terrestres na base, juntamente com artefatos líticos” (Araujo, 2016a, Figura 28). As características dos depósitos seriam semelhantes nas vizinhas quadras 120/105 e 120/106, também externas;

c) Uma marcada presença de camadas de gastrópodes terrestres em todo o sítio. Observou-se que, enquanto a maioria dos espécimes se apresentam inteiros nas quadras da parte interna do abrigo, há uma alta fragmentação nos espécimes das camadas das quadras externas. A presença das carapaças desses animais é considerada por Araujo (2016a) de fundamental importância para entender os processos de formação e as práticas de subsistência do grupo, pois o grande enigma é se os caramujos se enterraram (como é o hábito de *Megalobulimus* spp.), se foram consumidos e descartados pelos ocupantes, ou se efetivamente foram depositados intencionalmente na matriz do abrigo. Este último cenário é o mais provável para a presença dos bivalves de água doce.

Todos esses aspectos sobre processos deposicionais e pós-deposicionais agindo no Abrigo Maximiano são o ponto de partida para o Estudo de caso 2 da presente Tese.

3 PAISAGENS ABRIGADAS E FORMAÇÃO DO REGISTRO ARQUEOLÓGICO EM ABRIGOS SOB ROCHA

O presente Capítulo visa desenvolver os fundamentos teóricos que orientam a pesquisa. O intuito é o de oferecer uma perspectiva holística que abrange os dois Estudos de Caso ao mesmo tempo em que enfatiza suas particularidades. Como em toda pesquisa arqueológica, a teoria oferece, aqui em duas grandes seções, tanto o embasamento geral para interpretar os dados de acordo com os grupos sociais e as dinâmicas culturais ao longo do tempo, quanto os princípios por trás da formação do registro arqueológico desses grupos. No primeiro caso, os sítios abrigados são inseridos nas relações humano-ambiente, sob a perspectiva da análise das economias de pequena escala. No segundo caso, introduz-se a teoria formativa geoarqueológica dos sítios abrigados, onde são descritos os diferentes depósitos e processos, com destaque para a formação e alteração pós-deposicional das cinzas e dos ossos, que constituem os indicadores principais dos estudos de caso.

3.1 Um arcabouço holístico para entender a antropogênese em economias de pequena escala

O ponto de partida para entender a relação entre seres humanos e o substrato dos espaços abrigados tem que ser, na perspectiva defendida na presente Tese, um arcabouço mais geral sobre as dinâmicas que ligam, historicamente, pessoas e ambiente. Como já enfatizado no Capítulo 1 e como será desenvolvido em detalhe a partir da seção 3.2, os depósitos sedimentares e solos dos sítios arqueológicos não são apenas cúmulos de partículas terrígenas e orgânicas que sustentam a vida humana. De fato, nos abrigos e cavernas não é infrequente encontrar vários tipos de materiais de origem humana e não humana que foram depositados unicamente pela ação das pessoas ao longo do tempo, e que ingressam na terceira categoria de depósitos arqueológicos de Karkanas e Goldberg (2018), mencionada na seção 1.2.1. Essa antropogênese em substratos abrigados, por vezes muito estendida, pode até ser menos “visível” (Araujo; Piló, 2017; Araujo, 2019), para olhos contemporâneos ou simplesmente não acostumados, do que a que se manifesta nos trabalhos em terra, sambaquis, megálitos e inúmeras outras expressões humanas na

paisagem (incluindo, claro, as cidades). Mas ela constitui, mesmo assim, uma das formas em que pessoas e sociedades estabeleceram o diálogo histórico com seu ambiente.

As já mencionadas TPA, as terras pretas, constituem um dos principais exemplos dos efeitos da antropogênese nos substratos por parte das populações pré-cabralianas no Brasil e um dos principais a escala continental. Esse caráter está dado pelo comprovado enriquecimento das TPA nos teores elementares e de nutrientes quando comparado com os solos naturais locais (Costa; Kern, 1999; Schaefer et al., 2004; Arroyo-Kalin, 2009; Costa et al., 2009; Kern, 2009; Glaser; Birk, 2012), mas também pelas implicações que elas têm para as discussões arqueológicas sobre antigas sociedades sedentárias, de maior demografia e complexidade organizativa da que habitualmente pensada para as terras baixas sul-americanas (Moraes; Neves, 2014; Schmidt et al., 2014; Clement et al., 2015). As TPA constituem verdadeiras paisagens de solos (*soilscapes*) criadas pela ação intencional e não intencional dos assentamentos e das práticas agrícolas ao longo dos milênios, sendo defendida também a formação de autênticas paisagens de lixeiras ou *middenscapes* (Schmidt et al., 2014; sobre lixeiras, ver Discussão).

A menção das TPA, serve para lembrar que os principais estudos de caso sobre a modificação humana do substrato, trabalham sobre os efeitos de sociedades maiores das que (supostamente) aqui estudadas. Por “maiores” não se entende unicamente grandes populações, mas, sobretudo, sociedades com práticas extensivas de manejo de recursos biológicos e de paisagem, como acontece na Amazônia. São sociedades que deixaram legados na paisagem que perduram até hoje e são detectáveis por meio de diferentes *proxies* ambientais e arqueológicos. Assim, as práticas de cultivo, manutenção de sítio e descarte de restos orgânicos animais e vegetais nos assentamentos indígenas ao longo de milhares de anos de re-localizações e re-uso dos espaços, que criaram as extensas paisagens das TPA e das terras mulatas, afetaram a fertilidade do solo e o adensamento das árvores frutais e de outras espécies utilizáveis, deixando um legado para futuras populações, as quais reocuparam esses espaços, contribuindo para a formação de mais solo antropogênico.

No entanto, grupos de menor escala também deixaram um impacto nas paisagens e espaços que habitaram. As “economias de pequena escala”, que consistem segundo Thompson (2013, p. 6) em grupos que vivem da caça, coleta, pesca ou práticas agrícolas limitadas, apesar de deixarem muitas vezes o que ele chama de “sussurros na paisagem”, também ocasionam mudanças detectáveis nas comunidades e lugares que habitam. O

conceito de economias de pequena escala¹⁵ é útil para a presente pesquisa porque permite englobar os agentes sociais estudados nos dois Estudos de Caso, tendo como base o conhecimento existente sobre os sítios e contextos regionais (Capítulo 2), ao mesmo tempo em que deixa a porta aberta para futuras pesquisas que possam eventualmente mostrar práticas econômicas de maior escala e impacto ambiental. É um conceito mais abrangente do que o de “caçador-coletor” e o de “forrageiro”, que pode incluir práticas de cultivo (que estudos arqueobotânicos nos sítios poderão detectar ou não em instâncias futuras), e que não vai a detrimento da vasta literatura arqueológica e (geo)etnoarqueológica existente sobre esse tipo de grupos e habitualmente usada nas interpretações do registro arqueológico (ver seções 3.2 e 3.3).

Outro problema relacionado com a antropogênese em abrigos, vem dado pelo uso do conceito de “paisagem”, unidade de análise que integra e temporaliza seres humanos e ambientes e que pode incorporar as noções geocientíficas de multi-dimensionalidade e dependência de trajetória. Nesse sentido, sob um olhar geoarqueológico (e.g., Arroyo-Kalin, 2016), pode se pensar as paisagens como entidades de quatro dimensões (tanto físicas quanto históricas) que reúnem componentes bióticos e abióticos modelados por complexas dinâmicas externas e internas (uma concepção que o próprio Butzer, 1982 já tinha introduzido na geoarqueologia, conforme visto na seção 1.2). Os abrigos e cavernas consistem, de forma não pouco frequente, em feições pontuais, muitas vezes invisíveis, afastadas do olhar dos caminantes do mundo “exterior”. Mas utilizar esse caráter localizado e pouco visível dos espaços abrigados como argumento para eliminar o conceito de paisagem de uma pesquisa arqueológica sobre os efeitos materiais dos seus ocupantes, eliminaria a importância da potencial modelagem (intencionada ou não) que esses ocupantes fizeram dos substratos desses espaços.

Além disso, com certeza os abrigos estudados nesta Tese fizeram parte das paisagens concebidas no mapa cognitivo e simbólico, constituindo verdadeiros monumentos naturais, não apenas das sociedades que os habitaram e deixaram sua evidência material, mas também de todas aquelas que os incorporaram nos seus relatos e cosmovisão (Bailey; Galanidou 2009, p. 219). Os três sítios devem ter sido objeto de uma construção material e mental de lugar (*place-making*), ao tempo em que seguramente se

¹⁵ Que não significa “sociedades de pequena escala”. As sociedades forrageiras, apesar de viverem em pequenos grupos, são sociedades multi-escalares que conectam indivíduos em grandes redes de interação (ver Bird et al., 2019).

integraram numa rede maior de lugares que conformava as paisagens culturais dos grupos (Zedeño; Bowser, 2009). Conforme indica Araujo (2017, p. 212), a geoarqueologia introduz aí um matiz crucial: a percepção que os habitantes dos espaços abrigados puderam ter tido sobre eles tem a ver com qual era o substrato com o que efetivamente se depararam ao chegar em cada momento. Daí a necessidade de desvendar a complexa relação histórica entre humanos e não humanos que deram lugar a específicas paisagens abrigadas.

Se o uso do conceito de paisagem nesta pesquisa apresenta alguma limitação, ela não é de índole teórico-explanatória, mas, em tudo caso, metodológica. Nesse sentido, o problema pode ser a falta de uma “escala de paisagem” (ou de uma “análise da paisagem”, como indicado por Bitencourt, 2008, p. 44-45) dentre os métodos empregados na pesquisa (Capítulo 4). Assim, um estudo de paisagem deveria incorporar amostras de outros sítios do sistema de assentamento, além das amostras *off-site*, e de métodos que permitam entender as dinâmicas que originaram as paisagens naturais nos diferentes momentos do Holoceno em que os abrigos foram habitados.

Mas, também é verdade que para saber como uma lasca acabou num lugar específico do abrigo é preciso estudar os processos maiores (e.g. colúviação, escorregamento de superfície) que podem ter levado ela lá. É apropriado, e defendido nesta pesquisa, utilizar uma ótica conceitual multi-escalar e se falar de depósitos geogênicos (que podem incluir materiais antropogênicos como as lascas), biogênicos e antropogênicos das paisagens abrigadas e aí sim, focar em amostragens que possam responder perguntas de resolução regional ou macro-ambiental, meso-ambiental e micro-ambiental (segundo classificação de French, 2003, p. 6). Os componentes habituais desses depósitos em sítios abrigados serão objeto da seção 3.3.

A incorporação dos abrigos na discussão sobre os efeitos ambientais das economias de pequena escala, requer de uma análise particular sobre as atividades e formas humanas de habitar nesses espaços. A próxima seção vai se debruçar sobre essa incorporação.

3.2 Sítios abrigados e formas de habitar

Os sítios abrigados, que incluem cavernas e abrigos (Araujo, 2008), entre outros termos utilizados em português (ver definições na seção 3.3), têm ocupado um lugar

fundamental no desenvolvimento histórico da humanidade. Não há livro sobre cavernas, seja de espeleologia ou de outra área, que não comece por destacar esse papel e o conseqüente fascínio pela exploração, os mistérios, os mitos e lendas, os diferentes significados segundo as culturas e os períodos, etc. (Lino, 2001, p. 17-27; White; Culver, 2005).

A história da arqueologia está intrinsecamente ligada com os sítios abrigados. Conforme mencionado na seção 1.1, foi nas cavernas do sudoeste da Inglaterra (e.g. Kents Cavern), dentre outras, onde fora estabelecida, com base nas observações de John McEnery e das escavações supervisionadas em 1865 por William Pengelly, a contemporaneidade de hominídeos com fauna extinta (Daniel, 1987). Foi com base nos achados no abrigo de Le Moustier, no abrigo de La Madeleine, na base abrigada da escarpa da Roche de Solutré, entre outros sítios-tipo na França, que Gabriel De Mortillet (1897, p. 191-193, p. 227-246) estabeleceu a periodização cultural do Paleolítico, com os nomes ainda usados até hoje, i.e Musteriense, Magdaleniano, Solutrense, etc. Foi ainda sobre a variabilidade do registro arqueológico lítico do Musteriense das cavernas da Dordogne francesa, e em particular sobre Combe-Grenal e Pech de l'Azé, entre outras, que o debate entre François Bordes e os Binforde teve lugar nas décadas de 1960 e 1970 (Binford; Binford, 1966; Bordes, 1972, p. 146-149; Binford, 1973), com importantes ecos para as pesquisas posteriores sobre o Paleolítico Médio (ver Dibble et al., 2009). E assim poderia se seguir com inúmeras outras referências relevantes para a disciplina (e.g. as cavernas levantinas e a importância para a geoarqueologia contemporânea, ver seções 1.2, 1.2.1, e 3.3). Por exemplo, as famosas pinturas e gravuras rupestres das cavernas e abrigos (Lascaux, Chauvet, os sítios da Serra da Capivara, o próprio Abrigo do Alvo) constituem, talvez, o primeiro que vem à tona quando se pensa nesse tipo de sítios.

A importância humana desses espaços abrigados é de uma magnitude tão grande, que se fazer uma listagem de todas as cavernas e abrigos que são sítios arqueológicos no mundo, com seus diferentes períodos de ocupação, constituiria uma obra titânica, deixando como produto um trabalho de vários volumes. O objetivo da presente seção é, no entanto, o de definir diferentes formas de habitar os sítios abrigados, com ênfase para os grupos com economias de pequena escala, como definidas na seção anterior.

Em primeiro lugar, deve-se considerar que o que está “dentro” só pode ser entendido em relação com o que está “fora”. Assim, desde o momento em que se está observando um fragmento de carvão na seção estratigráfica do abrigo, em planta ou na

seção delgada, se está tendo contato com um material de origem vegetal, muito provavelmente trazido por uma pessoa da floresta ou das diversas fitofisnomias do “mundo exterior” circundante. Com os ossos ocorre algo similar, desde que seja descartada a morte dos animais por causas naturais nos próprios abrigos ou o transporte por agentes naturais de animais naturalmente mortos no exterior.

Em segundo lugar, essa ligação dentro e fora, esse *continuum* da paisagem abrigada e não abrigada tem, ao menos aos efeitos desta pesquisa, três aspectos de relevância na análise da antropogênese em economias de pequena escala:

- a) Estratégia de assentamento e periodicidade da ocupação;
- b) Comportamentos pirotecnológicos;
- c) Uso de materiais animais

No caso de (a), a informação de base é dada, principalmente, pelos estudos etnoarqueológicos de caçadores-coletores. No seu clássico estudo de etnoarqueologia entre os Nunamiut de Alaska, Binford (1978, p. 489-490) estabeleceu que os abrigos e cavernas eram para esses grupos de *collectors* (*sensu* Binford, 1980) sítios de atividades específicas ou de propósito especial, onde um grupo de caçadores ou famílias em movimento “*may take advantage of the shelter for one or two nights so they do not have to unpack their sleds*”. Com esses dados analógicos, Binford realizava uma crítica aos arqueólogos europeus, que propuseram a existência de acampamentos residenciais de longo prazo nas cavernas ocupadas no Paleolítico (apesar de que ele não especificara em qual momento desse longo período). Para os Nunamiut o uso dos abrigos era limitado a algumas épocas do ano nas proximidades das locações de caça de algumas espécies importantes, não sendo preferidos para acampamentos de longo prazo devido a seu posicionamento topográfico, que dificultava o acesso à lenha e água (Binford, 1978, p. 489).

Em outro clássico da etnoarqueologia de caçadores-coletores, Hayden (1979, p. 167) indicou que entre os aborígenes do Deserto Ocidental australiano o uso de barracas e outras formas de abrigo dos elementos externos tende a produzir conjuntos de produtos de lascamento de tipo restringido, onde as distribuições artefatuais estão sujeitas ao confinamento espacial. Hayden esperava de forma análoga para abrigos e cavernas arqueológicas, maiores taxas de acumulação de rejeitos por pessoa e por semana do que

nos sítios a céu aberto, só pelo fato dessa restrição espacial das atividades (ver também Bailey; Galanidou, 2009). O outro estudo clássico do deserto australiano, realizado por Gould (1980), indicava um uso generalizado dos abrigos, dentre eles o Puntutjarpa, sítio habitado de forma contínua por 10.000 anos e onde o autor acunhara o conceito de provisionamento de rochas de propósito especial, que os seus ocupantes realizaram por motivos rituais e funcionais.

Fora do âmbito das referências clássicas da literatura etnoarqueológica, existem poucos trabalhos desenvolvidos que tratem do uso dos espaços abrigados, muito menos em ambientes de floresta tropical ou mais comparáveis com os sítios sob estudo (Galanidou, 2000). Um estudo realizado por Pookajorn (1985) entre os caçadores Phi Thong Luan ou Mlabrai das florestas do norte da Tailândia, encontrou um uso esporádico das cavernas e abrigos, limitado a períodos de fortes chuvas e ventos. O “abrigo” mais comum entre esses grupos forrageiros móveis é feito de bambu e madeira, para resguardo temporário das famílias em encostas a céu aberto (Pookajorn, 1985, p. 210). A confecção de abrigos de madeira e cobertura de plantas foi também reportada para os acampamentos residenciais e outros tipos entre os forrageiros Nukak da Amazônia colombiana (Politis, 2007, p. 99-129).

Uma importante contribuição ao problema do uso e estrutura de sítio em espaços abrigados foi realizada por Galanidou (2000) quem sistematizou dados etnoarqueológicos de trinta e cinco sítios habitados por caçadores-coletores e horticultores semi-sedentários, a maioria de ambientes tropicais. Um dos principais resultados desse trabalho foi a alta variabilidade que os sítios tinham, tanto em termos das atividades desenvolvidas, quanto no relativo à duração da ocupação. A autora encontrou que os abrigos e cavernas foram usados como acampamentos temporários de expedições de caça e coleta, como sítio de pernoite, como sítios sagrados, e até como habitações de longo prazo ou acampamentos residenciais (Galanidou, 2000, Tabela 2). Outra importante conclusão do estudo foi a de não encontrar uma relação entre o número de fogueiras e a duração da ocupação e entre esse número e a quantidade de ocupantes por evento, sendo um fato fortemente determinado pela cultura (sobre a geoarqueologia das feições de combustão, ver seção 3.3.1). Por fim, a autora encontrou algumas recorrências na locação das atividades (e.g. fogueiras, processamento de animais, sepultamentos) e também sobre a rápida formação de palimpsestos nesses sítios que são de utilidade para a interpretação do uso do espaço, pelo que será retomado ao longo da tese.

O caso de (b), o registro dos comportamentos pirotécnicos nos sítios abrigados por parte das economias de pequena escala, é talvez um dos aspectos mais destacados pelo trabalho arqueológico nesses tipos de sítios. Esse destaque tem a ver com a possibilidade de serem preservadas e recuperadas nas cavernas as primeiras evidências do uso e controle do fogo pelos homínidos (Aldeias et al., 2012; ver síntese em Goldberg et al., 2017). Embora até agora, evidências iniciais confiáveis de agregados de solo, lítico e ossos termicamente alterados provenham do sítio a céu aberto FxJj20 AB na região de Koobi Fora na Quênia, por volta dos 1,5 Ma. (Hlubik et al., 2017), indícios em sítios abrigados vêm do sítio Wonderwerk Cave, no Cabo Norte da África do Sul, onde Berna et al. (2012) reconheceram mediante análises microarqueológicas o conhecimento do fogo num depósito Achelense datado em ca. 1,0 Ma. Mas, para além da antiguidade, o problema da recuperação dos traços do fogo tem a ver fundamentalmente com as implicações evolutivas que essa tecnologia teve para o gênero *Homo*. Assim, tem sido proposto, dentre inúmeras outras coisas, que o fogo foi importante para o desenvolvimento do sistema digestivo humano, e que já teria sido dominado pelo *Homo erectus*, cujos pequenos dentes e mandíbulas só teriam sido possíveis graças a uma dieta baseada em alimentos cozinhados (a “*cooking hypothesis*” de Wrangham, 2009).

Fora das discussões sobre controle e uso habitual do fogo em contextos do Velho Mundo, o problema nesta pesquisa é o de entender os distintos usos do fogo em grupos forrageiros e outros nos abrigos. Num levantamento de dados etnográficos mundiais de 93 grupos de caçadores-coletores, McCauley, Collard e Sandgathe (2020)¹⁶ relataram que, além de cozinhar, outros usos comuns do fogo são, em ordem de frequência, o aquecimento, os rituais (sendo os relacionados com a morte os principais envolvendo fogueiras), o processamento de diferentes matérias-primas, a produção de luz nas noites, o defumado de carne e a proteção contra animais. Galanidou (2000) estabeleceu que o tipo de fogueira nos abrigos e cavernas ocupadas pelos forrageiros não tinha relação com a duração da ocupação nem com o tipo de atividade para a que o fogo era utilizado, sendo a fogueira aberta o tipo mais comum (ver seção 3.3.1). A multifuncionalidade das fogueiras entre os caçadores-coletores recentes é uma prática comum (McCauley; Collard; Sandgathe, 2020, p. 8-9). Interessantemente, o número de fogueiras tem menos

¹⁶ Os dados desse estudo devem ser, no entanto, tomados com cautela, pois incluem grupos como os Munduruku e os Nambiquara do Brasil e reconhecidamente não primariamente (ou unicamente) caçadores-coletores ou forrageiros.

a ver com o tamanho do abrigo, do que com a re-utilização das fogueiras de prévios ocupantes, que alguns grupos realizam e outros evitam por motivos culturais (Galanidou, 2000, p. 249-250).

O aspecto talvez mais estudado dos comportamentos pirotecnológicos em sítios abrigados ocupados por grupos com economias de pequena escala é o relacionado à seleção humana dos recursos vegetais do ambiente. A antracologia, “o estudo e interpretação dos restos lenhosos carbonizados” (Scheel-Ybert, 2004, p. 3) é a disciplina que tem abordado tipicamente essa problemática, realizando a partir das escolhas humanas uma aproximação aos paleoambientes das áreas de captação de recursos, e à economia do combustível e uso das plantas (Scheel-Ybert, 2013, p. 195; Bachelet, 2016). Théry-Parisot (2001) indicou que a seleção de combustíveis nos abrigos do Paleolítico francês, embora tendesse a seguir o critério do estado da madeira (e.g. viva vs morta, seca vs verde, umidade), não estava particularmente dirigida a espécies particulares, se tendo, ao longo do tempo, uma representação quase total da vegetação lenhosa do ambiente circundante. Algo semelhante parece ter acontecido nos sambaquis do sudeste brasileiro (Scheel-Ybert, 2001).

No caso de (c), o uso dos materiais derivados dos animais, as cavernas e abrigos exibem uma alta variabilidade dependente do tipo de atividade desenvolvida e do padrão de descarte dos restos. As pinturas e gravuras figurativas que representam animais nas paredes e tetos das cavernas e abrigos são talvez o principal lembrete do papel que esses espaços tiveram como expressão da relação entre animais humanos e animais não humanos. O registro etnoarqueológico de caçadores-coletores mostra que alimentação, companhia e proteção (cachorros) são as principais formas de interação com os animais em espaços abrigados (Galanidou, 2000). Mas o registro arqueológico, incluído dos sítios aqui estudados e de outros sítios abrigados bem conhecidos no Brasil, assinala um panorama bem mais complexo da relação pessoas e animais.

Os abrigos constituem um importante tipo de sítio arqueológico pesquisado no Brasil. Talvez os mais icônicos sejam os abrigos da Serra da Capivara no Piauí (Lourdeau, 2019; Parenti 2001), o abrigo Santa Elina no Mato Grosso (Vialou et al., 2017), e os abrigos da região de Lagoa Santa (Araujo et al., 2012; Strauss et al., 2019). Sítios abrigados dessas três regiões têm sido protagonistas no debate sobre o povoamento humano inicial da América do Sul. Contudo, fazer um levantamento de toda a literatura

arqueológica sobre abrigos e cavernas no país está por fora do escopo da presente tese, apesar de que constituiria em si mesma uma tarefa sumamente importante.

3.3 Geoarqueologia em abrigos e cavernas

A presente seção tem como objetivo a formulação das unidades que compõem o arcabouço da teoria formativa geoarqueológica sobre abrigos sob rocha, e que são utilizadas na pesquisa. As definições e história das abordagens aos processos de formação de sítio sob a perspectiva da geoarqueologia já foram estabelecidas no Capítulo 1.

Toda discussão sobre processos de formação em abrigos e cavernas começa pela definição e conseqüente discriminação dos dois conceitos: O que são abrigos e cavernas? Qual a diferença entre eles? É melhor começar por aquilo que as duas noções têm em comum. Abrigos e cavernas são espaços relacionados a algum corpo de rocha, usualmente encerrados por três lados (Strauss, 1990, p. 256), que podem envolver em termos humanos o aproveitamento de inclinações negativas em afloramentos, espaços vazios entre matacões ou cavidades naturais (Araujo, 2008, p. 73-74). Esses espaços, coletivamente designados em português como sítios abrigados por Araujo (2008), foram habitualmente utilizados pelos seres humanos como sítios de habitação na zona próxima à entrada ou boca, tanto naquela com pouca luz solar (zona de penumbra ou *twilight zone*) quanto naquela atingida quase de forma completa pela luz solar (zona fótica) (Straus, 1990, p. 257; Goldberg; Sherwood, 2006, p. 20). No entanto, algumas atividades como as sintetizadas na seção 3.2, e.g. arte rupestre, rituais e extração de minerais, foram realizadas em setores mais afastados da luz solar em cavernas profundas, daí o nome habitual de “paleoespeleológicas” (Straus, 1990, p. 283-284).

Uma caverna, na sua aceção genérica na literatura espeleológica em português, é uma cavidade subterrânea penetrável pelo ser humano (ver também White; Culver, 2005), formada por processos naturais, que inclui seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, as comunidades animais e vegetais que ali estão e o corpo rochoso onde se inserem (Lino 2001, p. 94). Além de abrigo e caverna, existem outros termos em português para se referir aos espaços abrigados. Assim, do ponto de vista espeleológico, uma gruta ou lapa é uma caverna basicamente horizontal com pelo menos 20 m de comprimento em planta, que pode ter salões e desníveis internos e que pode apresentar mais de uma entrada (Lino, 2001, p. 95; Branco, 2014). Já um fosso e um abismo são

cavernas predominantemente verticais (e.g. o Abismo “Ponta de Flecha”, Barreto et al., 1984; ver seção 2.2.2) mas com um desnível menor de 10 m no primeiro caso, e maior do que esse valor no segundo caso (Branco, 2014). Uma dolina, por sua parte, consiste, em planta, numa depressão fechada, circular ou elíptica e alargada que é formada pela dissolução da rocha carbonática em superfície ou em profundidade, ou pelo colapso das rochas (Lino, 2001, p. 95; Sallun Filho; Karmann, 2012, p. 629).

Uma definição útil de abrigo *stricto sensu* (como é o caso dos três sítios estudados na presente pesquisa), aos efeitos das ocupações humanas, foi oferecida por Mentzer (2017, p. 725) na sua revisão recente sobre esse tipo de sítios: cavidade natural encerrada por uma ou mais paredes de rocha e uma inclinação (*overhang*) que oferece proteção da precipitação, do vento, do sol, ou de uma combinação deles. A inclinação (i.e. o “teto” do abrigo) também pode ser entendida como uma borda de rocha em ângulo que se projeta (*projecting rock ledge, sensu* Farrand, 2001b, p. 30). Os abrigos são feições da superfície terrestre que podem ser acessados desde a paisagem circundante. Além de apresentar uma enorme diversidade de formas, os abrigos são altamente variáveis em termos de processos de formação, devido em parte à influência de diferentes condições ambientais produto da sua inserção em todas as latitudes e entornos (Araujo, 2008, p. 74; Mentzer, 2017, p. 726).

Olhando numa escala global, Mentzer (2017, p. 726-733, Tabela 1) classifica os abrigos em duas classes, segundo o tipo de cavidade que eles ocupam, em abrigos em cavidades primárias e abrigos em cavidades secundárias. Os primeiros resultam da própria formação da rocha base, sendo limitados às rochas ígneas, como no caso dos tubos de lava (Farrand, 2001b, p. 31-32), dos abrigos inflacionários (*inflationary shelters* ou *blister shelters*) que se formam no esfriamento das bolhas de gás dos fluxos de lava, e dos abrigos formados nas bordas de ditos fluxos (*liftup shelters*). Os segundos se formam dentro das rochas por processos de intemperismo de superfície ou de sub-superfície. Estes últimos incluem carstes (ver parágrafo seguinte) de solução em rochas calcárias de origem sedimentar ou metamórfica, cujos sistemas subterrâneos são expostos por processos de superfície, e.g. retrocesso de barranco, colapso parcial, etc. Em rochas graníticas e gnaisses soterrados são comuns os processos de etchplanação (*etchplanation*), que envolvem a percolação de água em falhas, produção de argilas e remoção dos sedimentos, com a conseqüente exposição de espaços entre matacões.

Os abrigos formados em sistemas cársticos são bastante frequentes, como é o caso do sítio Abrigo Maximiano, aqui estudado (seção 2.2.4). A expressão carste (*karst*),

proveniente de uma região da atual Eslovênia¹⁷, designa um tipo de terreno com formas de relevo derivadas da alta solubilidade de certos tipos de rochas (tipicamente carbonáticas, mas não unicamente) e o desenvolvimento de porosidade secundária na forma de condutos (Sallun Filho; Karmann, 2012, p. 629), que lhe conferem um característico aspecto “ruiniforme” (Lino, 2001, p. 54). A água, tanto subterrânea quanto superficial, é o agente fundamental nesses sistemas, dando origem a diversas formas de relevo de superfície (dolinas; poliés, depressões fechadas de paredes abruptas e fundo plano; e lapiás ou *karren*, formas de corrosão) e subsuperfície (cavernas) (Jones; White, 2019; Lundberg, 2019). O terreno cárstico desenvolvido apresenta uma área de recarga ou entrada, sistemas condutores (como as cavernas) e uma área de descarga ou saída, e um exemplo disso já foi descrito para o carste Caboclos – Casa de Pedra onde se insere o sítio Abrigo Maximiano (seção 2.2.1.1).

Processos de intemperismo próximos da superfície, como os que ocorrem nas bases das escarpas ou paredões rochosos devido à alta umidade e ação de organismos, são frequentes formadores de abrigos. Por sua parte, Mentzer (2017, p. 728-733) assinala que vários processos superficiais contribuem para a formação de abrigos, cujos produtos a autora classifica em abrigos tafoni, de abrasão, tectônicos e pseudo-cársticos. Os primeiros se formam, de maneira mais frequente¹⁸, em ambientes áridos e costeiros por intemperismo induzido pelo sal, o qual, em combinação com processos como *shock* térmico e insolação, cria superfícies côncavas ou ocas circulares nas rochas (é o caso da caverna Sibudu, na África do Sul, ver Goldberg et al., 2009). Os abrigos de abrasão são formados pela esfregação e intemperismo diferencial causado por partículas num fluido como a água, vento e gelo, o que origina diversas morfologias, e.g. abrasão pelas ondas ao longo das linhas de costa. Os abrigos tectônicos são produzidos pela erosão das rochas movimentadas por falhas e dobras. Por fim, os abrigos pseudo-cársticos se formam segundo a autora, em sedimentos semi-consolidados como tufo, travertinos, colúvios cimentados por calcita (ver também Holler, 2019).

Os abrigos formados em arenito, como é o caso dos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador aqui estudados (ver seções 2.1.3 e 2.1.4), são usualmente o produto da abrasão fluvial, que corta a rocha (processo conhecido como *undercutting* em geomorfologia, ver

¹⁷ A rigor, o termo é uma versão germanizada do nome da planície de Kras, aonde fora inicialmente definido, mas as feições cársticas clássicas foram definidas numa região mais ampla dos Balcãs (Jones; White, 2019).

¹⁸ Cavidades tafoni ocorrem em diferentes ambientes e litologias, sendo mais frequentes em rochas graníticas e arenáceas (ver Turkington; Phillips, 2004).

Young; Young 1992, p. 15-21) e cria paredes íngremes de vales, cujas camadas mais friáveis são depois cortadas expondo uma inclinação negativa inicial, que será alongada pelo intemperismo subaéreo (Farrand, 2001b, p. 32-33). Por outra parte, as litologias areníticas e quartzíticas são também susceptíveis aos processos de formação de carste, onde uma fase de dissolução do cimento intergranular denominada arenização, é seguida por outra fase de erosão dos grãos denominada *piping*, que origina a carstificação mediante a remoção mecânica dos grãos e formação de condutos (Fabri; Augustin; Auler, 2014). A aplicação do termo carste para litologias siliciclásticas é, no entanto, ainda objeto de debate, como resenhado por Fabri, Augustin e Auler (2014).

É comum a todos/as os/as autores/as que trabalham com processos de formação em abrigos e cavernas o fato de enfatizarem que cada sítio abrigado é único e que deve ser estudado sem extrapolações de outros sítios (e.g. Farrand 2001a:538, 2001b:34-35). Cada abrigo ou caverna oferece ao/à geoarqueólogo/a uma “história de vida” própria com acumulação, erosão, mudanças morfológicas, transformações, onde os humanos são agentes ativos e influenciados (Mentzer, 2017, p. 740-741). E a mesma coisa poderia se dizer de qualquer sítio arqueológico. Existem, no entanto, processos gerais agindo em abrigos e cavernas (e que os diferenciam de sítios a céu aberto), e são eles os que constituem as unidades conceituais geoarqueológicas para a presente pesquisa.

Os processos de formação de abrigos e cavernas são habitualmente sintetizados de forma conjunta na literatura geoarqueológica (e.g. Farrand, 2001a, 2001b; Woodward; Goldberg, 2001; Goldberg; Macphail, 2006, p. 169). No entanto, é enfatizado que os abrigos são mais expostos às dinâmicas subaéreas e aos processos de intemperismo atmosférico, o que estabelece certa relação com os sítios a céu aberto (Goldberg; Sherwood, 2006, p. 20). O incremento das pesquisas geoarqueológicas multitécnicas em abrigos nas últimas duas décadas (e.g. Araujo, 2008; Araujo et al., 2008; Bitencourt, 2008; Goldberg et al., 2009; Kourampas et al., 2009; Miller; Goldberg; Berna, 2013; Araujo; Piló, 2017; Mentzer, 2017; Villagran et al., 2017a; Lowe et al., 2018; Whitau et al., 2018) tem acrescentado o conhecimento dos processos que os afetam e que os diferenciam das cavernas, ou pelo menos, daquelas mais profundas ou mais afastadas dos agentes do “mundo exterior”.

Tendo-se como base as definições introduzidas no Capítulo 1 sobre processos deposicionais e pós-deposicionais, os processos que formam o registro dos abrigos podem ser classificados em dois: processos de deposição ou acumulação e processos de

transformação ou alteração. Os processos de deposição são, por sua vez, classificados em três, de acordo com os agentes que induzem a acumulação: geogênicos, biogênicos e antropogênicos, nos três casos tanto autóctones (endógenos, originados dentro do abrigo) como alóctones (exógenos, originados fora do abrigo) (Bar-Yosef, 1993, p. 17; Finley, 2007; Araujo, 2008; Farrand, 2001a, p. 539-542, 2001b, Tabela 2.1; Mentzer, 2017, Tabela 2; Karkanas; Goldberg, 2018, p. 172). A Tabela 4 sintetiza os principais processos deposicionais geogênicos e biogênicos (não induzidos por humanos) que afetam os abrigos.

Os depósitos geogênicos vão variar muito segundo o tipo de abrigo, sua litologia, exposição e posicionamento na paisagem. Fala-se, em geral, que sítios abrigados agem como armadilhas sedimentares, aonde tudo que chega lá, fica lá; mas também pode ser erodido ou pode se transformar, como se verá na seção 3.3.4 (Straus, 1990, p. 259; Karkanas; Goldberg, 2018, p. 172). Os rios, o mar, as geleiras, os lagos, o vento, a gravidade, podem afetar a acumulação de sedimentos num abrigo. O estado atual dos conhecimentos sobre deposição em abrigos e cavernas com ocupações humanas pretéritas levou Karkanas e Goldberg (2018, p. 172-178), referentes na temática, distinguirem esses depósitos geogênicos em fácies de entrada, fácies depositadas pela água, e fácies do interior ou da parte interna.

Na entrada da área abrigada se localiza a linha de goteira (*drip line*, em inglês), definida pela queda de gotas ou de cascatas d'água desde a borda da inclinação ou "teto". Essa área pode ser de acumulação, com transporte das encostas por gravidade de solos, sedimentos e matéria orgânica de acima do abrigo, dando origem a uma berma ou *talus* de entrada (ver também White, 2005); mas também pode sofrer erosão, caso se trate de ambientes com chuvas torrenciais, com a formação de canais e depressões no piso do abrigo (Karkanas; Goldberg, 2018, p. 173-174). Também podem se acumular na base da linha de goteira seixos, blocos e matacões caídos do teto (*éboulis*) por vários processos, os que podem levar eventualmente ao colapso completo do mesmo (ver Tabela 4). Sedimentos de tamanho areia e silte podem se acumular na entrada do sítio abrigado pela ação do vento, criando em alguns casos pacotes espessos (Goldberg; Sherwood, 2006, p. 23-24).

Na área da entrada dos abrigos podem ser detectados processos formadores de solos ou pedogenéticos (ver seção 1.2.1). Mentzer (2017, p. 735) cita descalcificação, recristalização da calcita, precipitação de carbonatos em profundidade, translocação de

argilas, humificação e bioturbação entre alguns dos processos reconhecidos em estudos de caso. Em alguns casos, esses processos permitem determinar diferentes horizontes de solo (e.g. Martínez et al., 2015). Análises micromorfológicas combinadas com outras técnicas (e.g. geoquímicas) podem detectar processos pedogenéticos agindo em abrigos, mesmo quando limitados ou que não originam horizontes definidos (ver e.g. Sousa et al., 2015; Lowe et al., 2018).

A água age como um dos fatores mais importantes de deposição sedimentar em abrigos e cavernas, dando origem a fácies d'água (*waterlain facies*). O transporte de materiais desde a entrada pela influência do declive na forma de fluxos em lençol (*sheetflow*), de baixa energia, deixa depósitos de argila e silte finamente laminados, os que podem ser encontrados no interior da área abrigada e os que podem incluir materiais antropogênicos re-depositados (ver sobre retrabalhamento na seção 3.3.4), como cinzas e microartefatos (o caso típico da caverna Kebara, no Israel, Goldberg; Sherwood 2006, p. 23). Depósitos freáticos antigos podem também estar presentes, em diferentes granulometrias, produto do transporte de sistemas fluviais subterrâneos.

Talvez os depósitos geogênicos mais conhecidos quando se trata do papel da água em abrigos e cavernas sejam os espeleotemas. Os espeleotemas são depósitos químicos secundários derivados da dissolução e precipitação nos sistemas cársticos, que se formam quando as águas pluviais aciduladas pelo dióxido de carbono do solo e a atmosfera dissolvem o carbonato de cálcio ao penetrar nas fraturas da rocha calcária, e a solução produzida libera gás carbônico no interior da caverna e precipita, gota após gota, os cristais de calcita (Lino, 2001, p. 125-126). O termo é reservado para estalactites, estalagmites, colunas, etc., e não utilizado para outras feições de dissolução ou preenchimentos de fraturas. Existe uma ampla tipologia de espeleotemas, e o Brasil e, em particular, o vale do Ribeira, apresenta bons exemplos (ver Lino, 2001, p. 134-176). O principal interesse científico que apresentam hoje os espeleotemas já foi mencionado na seção 2.2.1.4, e reside no estudo dos isótopos estáveis como base para inferências paleoclimáticas (Cruz et al., 2005, 2006, 2009; Deininger et al., 2020).

Já no interior do sítio abrigado, são esperáveis acumulações de clastos caídos por desagregação, por congelamento/descongelamento (*freeze-thaw*), por dissolução do teto e das paredes, os quais podem ser transportados por desabamentos (*slumps*), processos de fluxo de detritos, fluxos de lama, ou fluxos de água laminares ou canalizados (Karkanias;

Goldberg, 2018, p. 177). Material fino proveniente de infiltração pode se depositar entre os clastos, dando origem a complexas sequências estratificadas.

Quanto aos depósitos biogênicos em abrigos, têm-se reconhecido vários e de distinta natureza, incluindo-se desde restos de animais (ossos, conchas, carapaças) e plantas (raízes, sementes) até os excrementos e dejetos dos primeiros (Tabela 4). Neste último caso, talvez o de maior fama seja o guano dos morcegos, típicos habitantes de abrigos e cavernas, que tem uma importância fundamental nas discussões sobre processos pós-deposicionais químicos nesses ambientes (Karkanas et al., 2000, 2002; Shahack-Gross et al., 2004; ver seção 3.3.4).

Existe um vasto campo de estudos, denominado bioespeleologia ou simplesmente biologia das cavernas, orientado ao conhecimento das diversas formas de vida que habitam espaços abrigados. Nesse campo (Lino, 2001, p. 198-233), os animais são classificados em: acidentais, que chegam ao espaço abrigado de forma eventual, mas que não têm relação com ele, e.g. vacas caídas, porcos do mato, etc.; troglóxenos, aqueles que, sendo habituais usuários das cavernas, não cumprem todo seu ciclo vital nelas, e.g. morcegos que hibernam e descansam, corujas, onças, ursos, sapos; troglófilos, que graças a características fisiológicas ou etológicas podem desenvolver todo seu ciclo vital ali, mas que podem também viver em ambientes externos, e.g. crustáceos, aranhas, insetos; troglóbios, que cumprem seu ciclo vital inteiro nas cavernas e apresentam especialização morfológica, etológica e fisiológica para esses ambientes (e.g. despigmentação e atrofia ocular). Aos efeitos do estudo dos depósitos arqueológicos, é importante se ter um conhecimento das espécies locais e seus comportamentos, que possam ter tido um impacto na acumulação e transformação biogênicas (ver seções 2.1.3, 2.1.4 e 2.2.4 no caso da presente pesquisa).

Os depósitos antropogênicos, que são apenas uma das classes de depósitos arqueológicos, conforme as definições dadas na seção 1.2.1, podem ser produzidos por múltiplas atividades desenvolvidas pelos grupos humanos que ocupam os abrigos. A Tabela 5 apresenta os depósitos antropogênicos em abrigos mais frequentemente reportados na literatura internacional. Como indicam Karkanas e Goldberg (2018, p. 178), os componentes antropogênicos principais que acabam integrando os sedimentos dos sítios abrigados, pelo menos daqueles que têm constituído o foco de interesse da arqueologia, são o lítico, os ossos e as conchas. No entanto, em termos de depósitos, os materiais que têm apresentado maior interesse na literatura geoarqueológica são os que

fazem parte das feições de combustão, incluindo-se as cinzas da queima das plantas, o carvão e os fitólitos, entre outros (Mallol; Mentzer; Miller, 2017, Tabela 31.2). Esse interesse reside no potencial informativo sobre as origens dos comportamentos pirotécnicos entre homínidos que habitaram as cavernas e abrigos (Goldberg e Sherwood, 2006; Goldberg et al., 2017), no manejo e uso das espécies vegetais disponíveis (Bachelet, 2016; Whitau et al., 2018), e na sua interação diagenética (tanto física quanto química, induzida ou não pelos humanos) com outros componentes antropogênicos e não antropogênicos (Karkanas et al., 2000, 2002; Goldberg et al., 2009; Karkanas, 2010; ver também síntese em Mentzer, 2014, p. 643-646, p. 647-651 e em Mallol; Mentzer; Miller, 2017, p. 315-322). As seções seguintes irão focar nos materiais das feições de combustão, principalmente nas cinzas, para depois se debruçar sobre os ossos e as diferentes interações pós-deposicionais desses e outros materiais em sítios abrigados.

Tabela 4 – Depósitos e processos deposicionais geogênicos e biogênicos (não humanos) mais frequentes em estudos geoarqueológicos em abrigos. Adaptado de Araujo (2008, p. 76-77), Farrand (2001a, p. 539-543), Karkanis e Goldberg (2018, Tabela 5.1), e Mentzer (2017, Tabela 2).

Depósito	Processos	Características gerais
Geogênico autóctone		
Clastos caídos do teto e paredes, grandes detritos de intemperismo físico	Desagregação; atividade tectônica; <i>freeze-thaw</i> (congelamento/descongelamento)	Matacões, blocos, blocos tabulares; o nome <i>éboulis</i> é utilizado às vezes
Grãos caídos por abrasão (e.g. areia)	Desintegração de grãos por frio, sal; gravidade	Depende da rocha de base
Resíduos insolúveis ou “terra da caverna”	Desintegração de grãos por intemperismo químico	Material fino (argila, silte)
Químico, e.g. travertinos, espeleotemas (estalactites, estalagmites)	Precipitação de material de fontes alcalinas	Calcário, de fábrica, cimentação e tamanho de cristal variável
Geogênico alóctone		
De infiltração (e.g. goteiras)	Transporte de material (argila e silte) através de fissuras e condutos	Textura e composição diversas
Depósitos fluviais e aluviais	Deposição de material clástico pela ação dos rios	Textura e composição diversas, ocorrência de laminação em argila e silte
Depósitos marinhos ou litorais	Deposição por inundações periódicas em ambientes próximos à costa e de eventos de tormenta	Textura e composição diversas
Depósitos lacustres	Deposição por inundações periódicas em ambientes próximos a lagos e lagoas	Textura e composição diversas
Material coluvionar	Deposição por gravidade seja por declive (<i>sloping</i>) desde a entrada ou por chaminés	Fábrica de fluxos (fluxo de detritos, fluxo de lama), baixa seleção
Material eólico	Deposição pelo vento	Textura tamanho silte a areia, boa seleção, pode incluir cinzas vulcânicas (tefras)

Tabela 4 – Continuação

Depósito	Processos	Características gerais
Biogênico		
Excrementos: guano (morcegos e aves), coprólitos e esterco de herbívoros (<i>dung</i>)	Aporte de dejetos digestivos ou urinários de animais	Alto conteúdo de fosfatos; fitólitos; gastrólitos de aves, esferulitos de esterco (<i>dung spherulites</i>)
Camadas de ossos, egagrópilas (<i>pellets</i>) de corujas, conchas e carapaças de moluscos	Restos de animais mortos ou de alimentação de carnívoros	Ossos, fragmentos de ossos, conchas
Ninhos, acumulações de rejeitos, montículos	Acumulações de ninhos de insetos, aves e roedores	Material de plantas, oxalato de cálcio, material derivado de pellets fecais
Restos orgânicos	Queda de plantas do teto e de fissuras; raízes; restos de plantas que crescem perto da saída/entrada; deposição eólica (pólen)	Resíduos vegetais em diferentes estados de humificação, fitólitos, cristais de oxalato de cálcio
Diatomáceas	Corpos de algas que habitam corpos d'água	Carapaças (frústulas) silíceas
Estromatólitos	Precipitação biogênica de carbonato de cálcio	Material micrítico poroso

Tabela 5 – Depósitos e processos deposicionais antropogênicos mais frequentes em estudos geoarqueológicos em abrigos. Adaptado de Araujo (2008, p. 76-77), Farrand (2001, p. 539-543), Karkanas e Goldberg (2018, Tabela 5.1), Mentzer (2014), e Mentzer (2017, Tabela 2).

Depósito	Processos	Características gerais
Feições de combustão (<i>combustion features</i>)	Queima de madeira ou outros combustíveis (e.g. esterco de herbívoros ou <i>dung</i>); varredura ou jogado (<i>dumping</i>) de materiais queimados, ancinhagem de produtos de combustão (<i>hearth rake-out</i>)	Carvão, cinzas, substratos queimados e rubificados
<i>Middens</i> e rejeitos	Descarte de restos de processamento de alimento (animal, vegetal) e de outras formas de rejeito/lixo	Variável
Solo ou sedimento aderido a combustíveis	Transporte não intencional de material do solo ou sedimentos	Podem fazer parte das fácies associadas com estruturas de combustão
Acumulação de subprodutos (<i>by-products</i>) de tecnologias diversas	Processamento de cadeias operatórias líticas, cerâmicas, de conchas/ossos, ocre, arte móvel	Podem formar camadas discretas (<i>artifact lags</i>), mas o comum é que sejam partículas de depósitos geogênicos
Superfícies preparadas, pisos, disposição de camadas (<i>matting</i> e <i>bedding</i>)	Modificação intencional do sedimento do abrigo ou transporte de sedimento do exterior para construção de pisos ou superfícies preparadas	Terra abatida; camadas de lama, gesso, cal; material orgânico e fitólitos; restos de rochas ou tijolos incorporados
Materiais de estábulo de animais, excrementos desses animais	Uso do abrigo como estábulo de animais (herbívoros), com disposição de camadas para partos, queima de esterco, etc.	Alto conteúdo de fosfatos, fitólitos e esferulitos calcários de esterco; matéria orgânica humificada ou queimada
Latrinas	Acumulações de rejeitos digestivos e urinários humanos	Alto conteúdo de fosfatos

Nota: em negrito, acumulações que podem fazer parte de depósitos não antropogênicos.

3.3.1 Cinzas: o papel do fogo e sua preservação no registro arqueológico dos sítios abrigados

As cinzas, na sua definição mais geral (Weiner, 2010, p. 168), constituem o resíduo pulverulento produzido na combustão de material orgânico. O ser humano tem utilizado madeira e casca da madeira, esterco de herbívoros, ossos, turfa, e carvão natural como combustível para suas fogueiras (Gur-Arieh et al., 2013; Mallol; Mentzer; Miller, 2017). Mas nesta seção o foco será colocado na formação e transformação diagenética das cinzas das plantas, por ser a madeira o principal combustível documentado em sítios arqueológicos pré-cabralianos no Brasil, em particular, do Sudeste (e.g. Scheel-Ybert, 2001, 2013). O uso da casca do tronco das árvores foi também reportado no Sudeste, especificamente associada com fogueiras de contextos funerários da Tradição Tupiguarani (Beauclair et al., 2009).

Como fora estabelecido na seção 3.2, a compreensão do uso do fogo e seu papel na antropogênese dos depósitos arqueológicos, só é possível mediante um estudo integral dos comportamentos pirotécnicos nas formações sociais ou classes de grupos culturais que os desenvolvem. Mas, aos efeitos de se compreender a formação dos produtos pirogênicos específicos, como as cinzas, é necessário se começar pela combustão.

A expressão “estrutura de combustão” (*combustion structure*) e “fogueira” (*hearth*) é preferida por Mentzer (2014, p. 617-618) na sua revisão exaustiva para se referir apenas às feições intactas que envolveram o uso doméstico do fogo por seres humanos, enquanto a autora reserva a expressão “feição de combustão” (*combustion feature*) para designar de forma geral as fogueiras e outros materiais queimados, tanto por humanos quanto por processos naturais. O caráter intacto se refere ao uso do fogo *in situ* e à consequente posição estratigráfica em que é reconhecido o local da queima original (Mentzer 2014, p. 617-618), sendo, portanto, as feições intactas também denominadas “primárias” (Mallol; Mentzer; Miller, 2017, p. 300). Seguindo a mesma linha, Karkanis e Goldberg (2018, p. 101) acrescentam na definição de fogueira o caráter construtivo (e.g. presença de rochas alinhadas) ou exploratório (e.g. feito diretamente sobre a superfície), e a presença da maioria dos componentes originais, quais sejam:

- a) Carvão (e.g. “carvões concentrados”, segundo Scheel-Ybert, 2013, p. 200);

- b) Cinzas;
- c) Substrato avermelhado ou rubificado.

Esses componentes, num arranjo estratigráfico tripartite, são o subproduto da interação de um substrato com uma fonte de combustível e uma fonte de ignição (Mentzer, 2014, p. 625). O tipo de substrato e os tipos de contenção da feição de combustão dão lugar a diferentes classificações na literatura geoarqueológica contemporânea. Para Mallol, Mentzer e Miller (2017, p. 300-301, Tabela 31.1) as feições podem ser não contidas, no caso dos depósitos causados pelo fogo natural e outros, ou contidas, quando há um limite lateral do combustível ou algum tipo de construção ou paredes. As fogueiras abertas (*open hearths*) simples ou alinhadas por pedras no perímetro, constituem uma classe muito comum de feição de combustão contida, pelo menos no registro arqueológico e (geo)etnoarqueológico de caçadores-coletores (Mallol et al., 2007; Friesem et al., 2016; Galanidou, 2000). O substrato das fogueiras abertas pode consistir tanto no solo ou terra (com superfície vegetada ou não vegetada) ou na rocha de base, quanto na superfície exposta por meio da escavação de poços ou uso de depressões existentes (Mallol; Mentzer; Miller, 2017, Tabela 31.1). As feições de combustão escavadas são abundantes na literatura geoarqueológica em abrigos e cavernas, abarcando desde poços não muito profundos, passando pela formação de “bacias” ou fogueiras tipo “pote” (*bowl-shaped hearths*) (Karkanis; Goldberg, 2018, p. 101; Whitau et al., 2018), e até a presença de verdadeiras estruturas de poço (*pit structures*) que constituem, para Mallol, Mentzer e Miller (2017, p. 314), um tipo particular de feição de combustão diferente das fogueiras abertas. As superfícies de queima preparadas (e.g. com argila), embora menos frequentes, também têm sido reportadas em cavernas¹⁹.

A formação do carvão habitualmente encontrado nos sítios arqueológicos é um fenômeno bem compreendido, estudado pela já mencionada antracologia (Braadbart; Poole, 2008; Scheel-Ybert, 2004, 2013). De forma breve, o processo de queima da madeira produz desidratação e carbonização, com vários produtos de degradação que incluem resíduo carbonizado (*char*), carvão, fuligem, carbono grafítico e carbono preto

¹⁹ Os autores (Mallol; Mentzer; Miller, 2017, p. 314-315, Tabela 31.1) destacam ainda as instalações de fogo (*fire installations*) como outro tipo de feição de combustão contida, mas devido à sua ausência em sítios abrigados (pelo menos, naqueles de interesse da pesquisa) não serão mencionados. Para um estudo de detalhe sobre o tema, ver Gur-Arieh et al. (2013).

(Cunha et al., 2009). O carvão é, portanto, um resíduo da combustão incompleta e, junto com as cinzas (combustão completa) fazem parte do processo de carbonização.

A formação das cinzas das plantas (*plant ash*), principalmente da madeira e da casca do tronco (*bark*), detectadas em sítios arqueológicos segue um caminho complexo, tanto em termos deposicionais (o grupo humano fazendo fogo e as cinzas produzidas como consequência de dito comportamento) quanto pós-deposicionais (a movimentação física e a química que as afetam ao longo do tempo). A complexidade deposicional tem estreita relação com a complexidade das plantas em tanto que estruturas organo-minerais (Canti, 2003, p. 341). No entanto, uma vez que os componentes orgânicos são liberados como óxidos gasosos quando o material da planta é queimado, são os componentes minerais os que apresentam importância no entendimento da formação das cinzas (Schiegl et al., 1996). Os constituintes minerais principais das plantas, pré-aquecimento, aos efeitos do estudo da formação das cinzas são:

a) Sílica: como opala, na forma de corpos intercelulares e intracelulares, constituindo fitólitos discretos, estruturas multicelulares em cutículas e esqueletos cimentando o sistema vascular (Canti; Brochier, 2017, p. 147). A sua ocorrência varia segundo família, sendo muito comum nas gramíneas (Canti, 2003, p. 346).

b) Oxalato de cálcio: como o mineral monohidratado do sistema monoclinico denominado whewellita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ou como o mineral dihidratado do sistema tetragonal denominado weddellita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A sua ocorrência (na casca, folhas e madeira, Brochier; Thion, 2003, p. 1212) é muito alta em líquens, comum em árvores, ervas e arbustos, e muito baixa em gramíneas (Canti, 2003, p. 343; Canti; Brochier, 2017, p. 147). As morfologias habituais dos cristais são as drusas ou cristais radialmente alinhados, e os cristais prismáticos rômnicos simples ou geminados (*twinned*), ambas tipicamente mantidas nas cinzas calcínicas arqueológicas (Canti, 2003).

Diversas aproximações experimentais com ajuda analítica do microscópio petrográfico e técnicas geoquímicas têm permitido ter hoje um conhecimento detalhado da formação das cinzas e do seu reconhecimento microarqueológico. Exposto em termos gerais, o processo é sintetizado na Figura 18. As cinzas das plantas (deixando de lado a fração silicosa) estão constituídas por carbonato de cálcio sob a forma de calcita, que se

produz quando os cristais de oxalato de cálcio são submetidos ao aquecimento a, pelo menos, 450°C. Uma segunda formação de calcita pode acontecer se as temperaturas atingissem um mínimo de 600°C, mediante um processo conhecido como re-carbonatação (Shahack-Gross; Ayalon, 2013).

Em termos visuais (i.e. ao microscópio petrográfico e eletrônico de varredura), o componente carbonático das cinzas está constituído por agregados de cristais micríticos (<4 µm) que formam grãos de entre 5 e 20 µm denominados pseudomórficos, por eles manterem o hábito (geralmente rômboico) dos cristais oxálicos originais (Courty; Goldberg; MacPhail, 1989; Canti, 2003, p. 355; Shahack-Gross; Ayalon, 2013, Figura 2; Mentzer, 2014, Figura 2; Shahack-Gross; Gur-Arieh, 2020). Para se referir a esses grãos utiliza-se comumente na literatura a expressão “pseudomorfos de oxalato de cálcio em calcita” (*pseudomorphs of calcite after calcium oxalate*, na literatura anglófona, ver e.g. Canti; Brochier, 2017) ou simplesmente POCC, a partir do nome em francês (*pseudomorphoses d'oxalate de calcium en calcite*) dado por Brochier (1983) e Brochier e Thinson (2003, p. 1212, Figuras 1 e 2) em seus estudos experimentais e arqueológicos. Em português, uma expressão mais apropriada para designar esses grãos seria “calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio” (Paulo Giannini, informação pessoal) e essa foi a expressão mantida nesta Tese.

Do ponto de vista químico, a composição das cinzas não está isenta de complexidade. O estudo por meio das técnicas analíticas multi-elementares (em amostras soltas e em seção delgada), como as utilizadas nesta pesquisa (Capítulo 4) é, neste caso, fundamental. A complexidade na composição das cinzas de madeira bem preservadas em sítios arqueológicos, deriva do fato de que elas são uma mistura de calcita, fitólitos, agregados silicosos e dos restos de solo/sedimento aderido na lenha. Nas cavernas de Kebara e Hayonim (Israel) os agregados silicosos contribuem com quartzo e matrizes de sílica amorfa ricas nos elementos Al, K, Fe e traços de Mg, Ti, Mn, Na, P, S e Cl (Schiegl et al., 1994, 1996). As cinzas da queima de madeira obtidas experimentalmente por Etiégnny e Campbell (1991), estão compostas pelos elementos Ca, K, Mg, Si e P. Na medida em que a temperatura aumenta desde os 538°C o teor geral dos metais das cinzas aumenta, enquanto que o teor dos elementos K, Na, Zn tende a diminuir. Canti (2003, p. 352-355) sistematizou dados químicos reportados para cinzas frescas de várias partes de plantas, indicando como componentes de alta solubilidade os óxidos de Mg, Na, K, S e o Cl, e como componentes de baixa solubilidade os óxidos de Ca, P, Fe, Al e Mn e a sílica.

Além dos estudos experimentais, uma boa parte da literatura geoquímica que trata das estruturas de combustão e cinzas ingressa no primeiro grupo das pesquisas geoquímicas arqueológicas, destacado na seção 1.2.2, i.e., o que aborda o aporte químico em áreas de atividade e mapeamento geoquímico. Esses estudos indicam um enriquecimento (com relação aos solos locais) nos teores de vários elementos em áreas associadas com estruturas de combustão primárias, mas principalmente em Ca, K, P, Sr e Mg, e, em menor medida, em Zn e Pb (Middleton; Price, 1996; Wilson; Davidson; Cresser, 2008; Middleton et al., 2010). O segundo grupo de pesquisas geoquímicas destacadas em 1.2.2, que trata dos antrossolos, também oferece dados sobre variações elementares associadas com comportamentos pirogênicos. As TPA amazônicas registram, de forma conjunta com incrementos em carvão, microcarvão, carbono orgânico (ver Capítulo 4), susceptibilidade magnética e outros *proxies*, enriquecimento nos elementos Ca, K, P, Ba, Cu, Sr e Zn indicando uso do fogo, mas geralmente em relação com descarte de alimentos vegetais e animais (Costa; Kern, 1999; Arroyo-Kalin, 2009; Costa et al., 2009; Schmidt et al., 2014).

Em grupos de caçadores-coletores, que fazem parte das economias de pequena escala como as que presumivelmente habitaram os abrigos estudados nesta pesquisa, uma importante fonte de dados vem sendo dada pelas pesquisas geo-etnoarqueológicas (Mallol et al., 2007; Friesem, 2016). Por exemplo, os estudos de Friesem et al. (2016) entre os caçadores-coletores Nayaka da região tropical do sul da Índia, que mediram concentrações elementares e outros indicadores (FTIR, fitólitos e micromorfologia) em sítios abandonados há 20 ou 30 anos, determinaram altos teores dos elementos P, Mg, Ba, K, Na, Sr e Zn em setores de uso do fogo (fogueiras abertas) e consumo de alimentos. Esse estudo também abordou um abrigo sob rocha, detectando altos teores dos elementos P, Ba e Mg associados com carvão e matéria orgânica.

Em todo caso, as assinaturas elementares em amostras soltas devem ser correlacionadas com outros indicadores que permitam interpretar o enriquecimento químico associado com componentes pirotécnicos (Weiner, 2010; Mentzer, 2014). Estudos de mineralogia, micromorfologia, fitólitos, matéria orgânica do solo, entre vários outros, contribuem para entender os dados elementares. Essa é a estratégia utilizada nesta pesquisa, que combina INAA, XRF, outros elementos majoritários, espectroscopia FTIR, detecção e contagem de microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio e micromorfologia (no caso de dois dos sítios) (ver Capítulo 4).

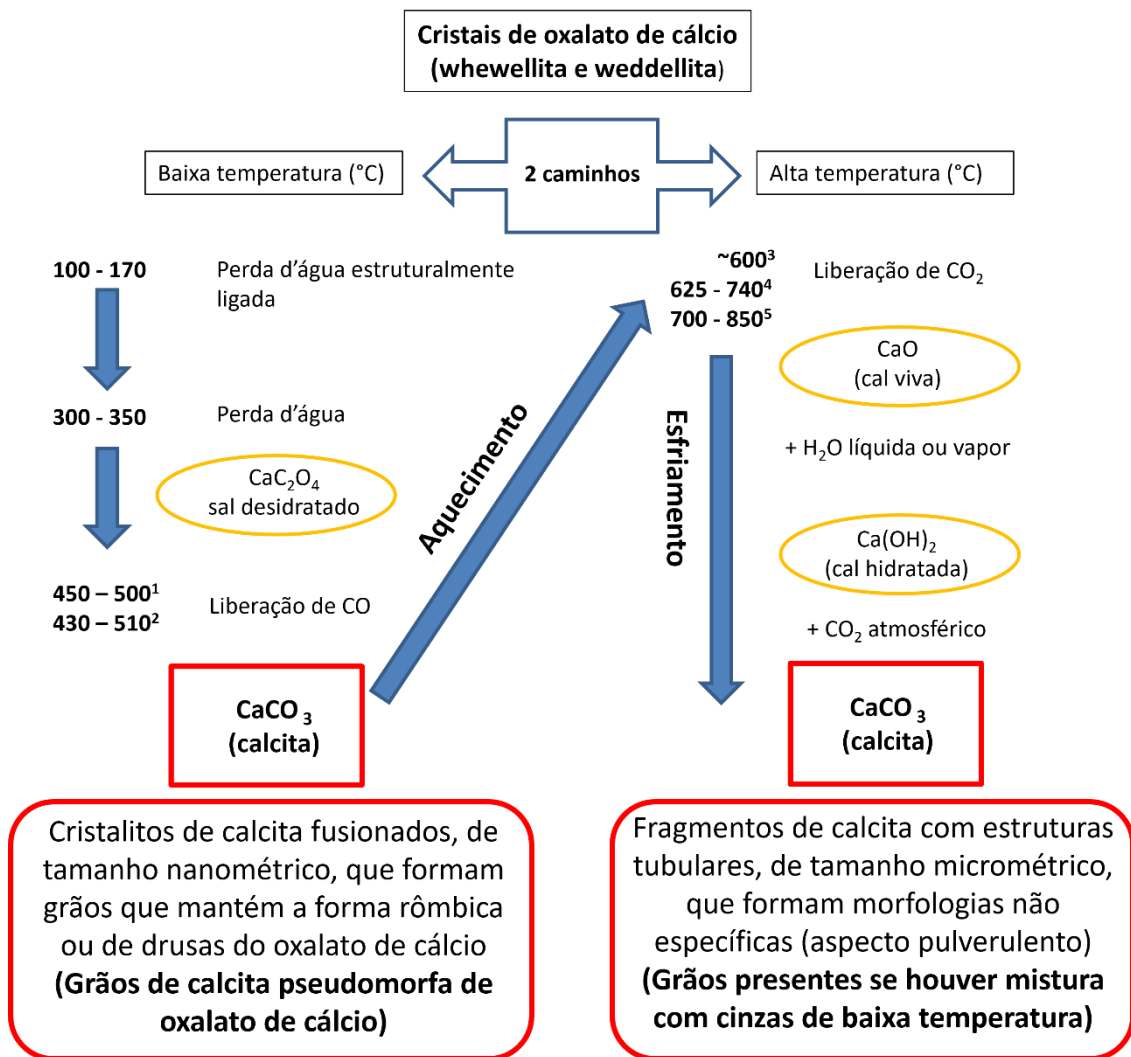


Figura 18 – Formação das cinzas calcílicas da madeira e da casca do tronco das plantas, a partir de cristais de oxalato de cálcio submetidos à queima. Os números indicam faixas de temperatura reportadas para cada reação; as elipses laranja indicam subprodutos na sequência química; destacam-se na base, além do produto principal em cada caminho (calcita), as características observáveis das cinzas ao microscópio petrográfico, segundo Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 572-575). 1. Reportado por Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 571); 2. Reportado por Brochier e Thinson (2003, p. 1212); 3. Reportado por Brochier (1983, p. 187); 4. Reportado por Shahack-Gross e Ayalon (2013, p. 571); 5. Reportado por Weiner (2010, p. 170) e Karkanias (2021). Diagrama realizado pelo autor com base em dados aportados por Brochier (1983); Brochier e Thinson (2003); Canti (2003); Canti e Brochier (2017); Shahack-Gross e Ayalon (2013); Weiner (2010) e Karkanias (2021).

3.3.2 Ossos: composição, alteração química e preservação em depósitos arqueológicos de sítios abrigados

Antes de serem analisados os caminhos pós-deposicionais que levam à presença ou ausência dos ossos nos depósitos arqueológicos em sítios abrigados é necessário detalhar os materiais dos que estão feitos os ossos e como eles podem ser reconhecidos microarqueologicamente.

Os ossos são materiais produzidos por animais vertebrados, nos quais constituem esqueletos que conferem suporte, contenção e estabilidade aos tecidos macios (Lyman, 1994, p. 72). Do ponto de vista dos seus constituintes, os ossos são materiais compostos (*composite materials*) (Kendall et al., 2018, p. 21; Ortner; Turner-Walker, 2003, p. 30), estando integrados por:

a) Uma fração orgânica ou matriz orgânica: colágeno de Tipo I, uma proteína que chega a constituir um 90% por peso da fração orgânica em ossos frescos; proteínas não colagenosas, como sialoproteínas e osteocalcina (proteína Gla), e diversos lipídios ou lipoproteínas, que no total chegam a constituir o 10% restante por peso dos ossos (Ortner; Turner-Walker, 2003). No total, a matriz orgânica compõe aproximadamente 20% por peso dos ossos frescos (Weiner 2010, p. 105). O colágeno de Tipo I forma uma fibra a partir da disposição de uma molécula em hélice-tripla conformada por três longas proteínas unidas e conhecida como tropocolágeno (Kendall et al., 2018, p. 22);

b) Uma fração inorgânica ou fase mineral: hidroxiapatita carbonatada, um fosfato de cálcio cuja fórmula aproximada²⁰ é $\text{Ca}_5(\text{PO}_4\text{CO}_3)_3(\text{OH})$ que chega a constituir um 60-70% por peso dos ossos frescos (variável segundo a espécie, ver Kendall et al., 2018, Figura 1) e consiste num material semelhante à hidroxiapatita. Trata-se de um mineral de baixa cristalinidade e estequiometria (fórmula química) imperfeita, devido ao tamanho pequeno dos cristais (16 a 50 x 8 a 20 x 2 nanômetros, Kendall et al., 2018, p. 23) e à presença de íons que substituem hidroxilas e fosfatos. A hidroxiapatita pura (ou não carbonatada) não é formada biologicamente (Weiner 2010, p. 84), tendo, por exemplo,

²⁰ A composição precisa do mineral dos ossos é difícil de ser estabelecida, pelos motivos expostos mais abaixo. Skinner (2005, p. 670) enfatiza que uma fórmula mais apropriada para se referir à bioapatita é: $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mg}, \text{[]})_{10}(\text{PO}_4, \text{HPO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{O}, \text{F}, \text{Cl}, \text{CO}_3, \text{O}, \text{[]})_2$, onde as parênteses retas indicam vacâncias em alguns sítios da estrutura do sólido.

a hidroxiapatita carbonatada que compõe os ossos humanos entre 3 e 6% por peso de carbonato na sua estrutura (Ortner; Turner-Walker, 2003, p. 30). A fase mineral dos ossos também está composta por outros elementos, incluindo terras raras (Trueman; Tuross, 2002). O nome “dahllita” (*dahllite*) também aparece na literatura (sobretudo, na que já tem alguns anos) para se referir ao mineral dos ossos e à apatita carbonatada de modo geral (e.g. Karkanas et al., 2000; Weiner et al., 1993); no entanto, dito termo já não é reconhecido pela Associação Mineralógica Internacional (Villagran et al., 2017b, p. 11). Por tal motivo, além de hidroxiapatita carbonatada o termo bioapatita ou as expressões HAP e HAp foram propostas para evitar confusão ao se tratar sobre a fase mineral dos ossos (Kendall et al., 2018, p. 23; Ortner; Turner-Walker, 2003, p. 30; Villagran et al., 2017b, p. 11). O grande problema para os/as geoarqueólogos/as que estudam processos de formação é que a hidroxiapatita carbonatada também pode ser formada geogenicamente na diagênese, constituindo um mineral autigênico cuja formação pode ser devida a diferentes processos (Karkanas et al., 2000; Schiegl et al., 1996; Shahack-Gross et al., 2004; Weiner, 2010, p. 85-87), aspecto a ser discutido nas seções 3.3.3 e 3.3.4. A HAp pode ser detectada em sedimentos mediante espectroscopia FTIR, utilizado nesta pesquisa (Capítulo 4).

c) Água: nos ossos humanos secos a água constitui entre 10 e 14 % do peso total, estando absorvida na superfície da bioapatita e das moléculas de colágeno (Kendall et al., 2018, p. 21; Ortner; Turner-Walker, p. 30).

A fase mineral dos ossos também é composta por outros elementos, incluindo os denominados elementos traços (Trueman; Tuross, 2002, p. 490-491). Elementos como Sr e Ba, considerados traços em termos biológicos, são incorporados pelo animal durante a vida, o que está relacionado a um número de fatores, entre eles, a dieta e a água. Mas a maior incorporação de elementos traços ocorre post-mortem e está ligada às mudanças pós-deposicionais ou diagenéticas que sofrem os restos ósseos (ver seção 3.3.3).

3.3.3 Diagênese dos ossos: regime hidráulico, porosidade, pH, recristalização e elementos traços

Uma vez morto o animal e começada a esqueletização, os tecidos mineralizados do esqueleto são submetidos a diferentes forças físicas, químicas e biológicas. A literatura tafonômica é vasta sobre vários tipos de agentes, e são bem conhecidos os padrões de bioerosão produzidos por fungos, bactérias e micro-organismos aquáticos (Jans et al., 2002), além dos processos mecânicos de superfície e sub-superfície que afetam a desagregação do esqueleto. Uma revisão dessa literatura está por fora dos objetivos do presente trabalho (para referência recente, ver Kendall et al., 2018 e Villagran et al., 2017b). A síntese aqui realizada contempla fundamentalmente os processos químicos de degradação e preservação, os que, em parte, são impulsionados pela atividade microbiológica (detectável mediante alguns indicadores indiretos como o pH, ver abaixo).

Um dos fatores iniciais a serem levados em consideração na diagênese dos ossos é a porosidade. O diâmetro e a interconectividade da rede de poros vão determinar, já na matriz sedimentar, a forma da interação com a água, os micro-organismos e os íons dissolvidos (Hedges; Millard, 1995, p. 157; Hedges; Millard; Pike, 1995).

Os ossos estão integrados por um complexo sistema de lacunas de 10 x 5 μm (onde estão as células dos ossos) e canalículos vizinhos de tamanho nanométrico (Kendall et al., 2018, p. 24). Com a destruição dos tecidos macios das células dos ossos, o sistema lacuno-canalicular age como uma rede de passagem para a água, cujo impacto na preservação do material estará regulado, em parte, pelo diâmetro dos poros e o padrão de conectividade. Assim, a dentina dos dentes e o marfim apresentam um diâmetro médio menor e uma ausência de conexão com o exterior mediante o sistema Haversiano, o que diminui a influência da água nos poros na sua preservação. Além de porosidade lacuno-canalicular (0,1 μm diâmetro de poro individual), os ossos apresentam porosidade vascular (50 μm diâmetro) e porosidade de interfase HAp – colágeno (poucos nanômetros de diâmetro) (Kendall et al., 2018, p. 24).

A água, a porosidade e a fração mineral do osso (hidroxiapatita carbonatada) desenvolvem uma complexa rede de interações diagenéticas. Essas interações podem acontecer em (e dependem em parte de) diferentes regimes hidráulicos, estabelecidos por Hedges e Millard (1995, p. 157): a) regime difusivo, com pouco ou nenhum fluxo neto d'água, como em ambientes alagados; b) regime de recarga, onde o potencial hidráulico

varia com o tempo e a água ingressa e sai do osso na medida em que o sedimento se umedece e seca; c) regime de fluxo hidráulico, com potencial hidráulico que varia no espaço, onde a condutividade do solo e do osso é diferente segundo a exposição às precipitações e à evapotranspiração. Em termos gerais, os ambientes submetidos a condições flutuantes e cíclicas favorecem pouco a preservação de ossos, os que podem apresentar grandes alterações em poucas décadas (Nielsen-Marsh; Hedges, 2000; Trueman et al., 2004).

A água fluindo através dos poros contribui à remoção do material mineral do osso, deixando exposto o material orgânico ao ataque microbiano, e uma maior área de superfície para a interação com a futura água circulando no sistema (Weiner, 2010, p. 110). A intensidade com a que essa dissolução e/ou mudança de fase mineral ocorre depende do volume de água que passa através dos poros num determinado regime hidrológico, mas também de um fator fundamental: o pH.

O pH pode ser simplesmente definido (Pollard et al., 2007, p. 301) como um operador logarítmico que estabelece a concentração do íon hidrônio (H^+) numa solução para determinar a acidez ou alcalinidade dela, sendo soluções ácidas as que apresentam excesso de íons hidrogênio (pH inferior a 7), e alcalinas as que têm excesso de íons hidroxilas (pH superior a 7). Sabe-se, há várias décadas, que os ossos não se preservam em solos com pH ácido, algo correlacionado com a maturidade dos mesmos no caso dos restos humanos (Gordon; Buikstra, 1981). No entanto, até relativamente pouco tempo atrás, estudos experimentais demonstrando a relação entre pH e dissolução de ossos eram escassos (Hedges; Millard, 1995, p. 159).

Um estudo experimental de detalhe sobre as condições de pH sob as quais os ossos são dissolvidos foi desenvolvido por Berna, Matthews e Weiner (2004). Os autores mediram diferentes solubilidades de ossos sub-recentes (sepultados por 20 anos e com presença de colágeno) e fósseis (provenientes de sítios arqueológicos), mantendo condições semelhantes às naturais, abertas à atmosfera de 25°C. O estudo realizou medições de pH, e determinação dos teores totais de vários elementos (Ca, P, Na, Mg, Al) e de mudanças mineralógicas, comparando os ossos sub-recentes e fósseis com hidroxiapatita carbonatada sintética. A conclusão fundamental do estudo é sintetizada a seguir:

a) Numa plotagem das concentrações de fosfatos liberados em solução contra o pH (Figura 19), a separação entre a fase sólida na qual a hidroxiapatita carbonatada é estável, e a fase de solução do mineral, é marcada à direita e esquerda respectivamente mediante linhas denominadas isotermas;

b) Dependendo da quantidade de fosfato presente em solução, os ossos sub-recentes são completamente estáveis apenas com um pH superior a 8,1-8,2, e são dissolvidos quando o pH for inferior a 7,2;

c) No entanto, entre um pH de 8,05-8,1 e 7,55 há uma zona cinza (ver retângulo verde na Figura 19), onde o cristal do osso sub-recente é dissolvido, mas o cristal do osso fóssil é ainda estável. Na medida em que a hidroxiapatita carbonatada sub-recente dissolve-se e os íons em solução superam o valor de saturação, uma nova fase mineral mais insolúvel (i.e. mais estável) de hidroxiapatita autigênica precipita no interior do osso. Por esse motivo, essa zona cinza de dissolução e re-precipitação foi denominada por Berna, Matthews e Weiner (2004) como “janela de recristalização” (*recrystallization window*).

A janela de recristalização envolve o começo de importantes mudanças mineralógicas na diagênese dos ossos; mudanças que podem ocorrer em períodos muito curtos de exposição *post-mortem* dos ossos, e.g. a partir dos 10 anos, dependendo do ambiente (Trueman; Tuross, 2002, p. 495). A fase mineral formada, a hidroxiapatita autigênica, é mais ordenada no nível atômico do que a hidroxiapatita biogênica original e os cristais apresentam um tamanho médio e máximo maior. Esse aumento no tamanho dos cristais pode ser devido a um aumento dos cristais maiores em detrimento dos cristais menores, a uma dissolução dos cristais menores, ou a ambos os processos (Weiner; Bar-Yosef, 1990, p. 191; Trueman et al., 2004, p. 727). A relação da recristalização com outros fatores, como o ataque microbiano, a porosidade e o regime hidráulico é bastante complexa, como testemunhado em diversos estudos. Um incremento na macroporosidade se produz na medida em que a microporosidade é perdida e preenchida pelo material autigênico, deixando exposta maior superfície para a passagem d'água nos macroporos e maior dissolução (Hedges et al., 1995, p. 207; Nielsen-Marsh; Hedges, 2000). Num ambiente de savana tropical, Trueman et al. (2004, p. 734) relataram a possível atividade microbiana induzindo a dissolução e levando à redistribuição do fosfato para o crescimento posterior de cristais de hidroxiapatita.

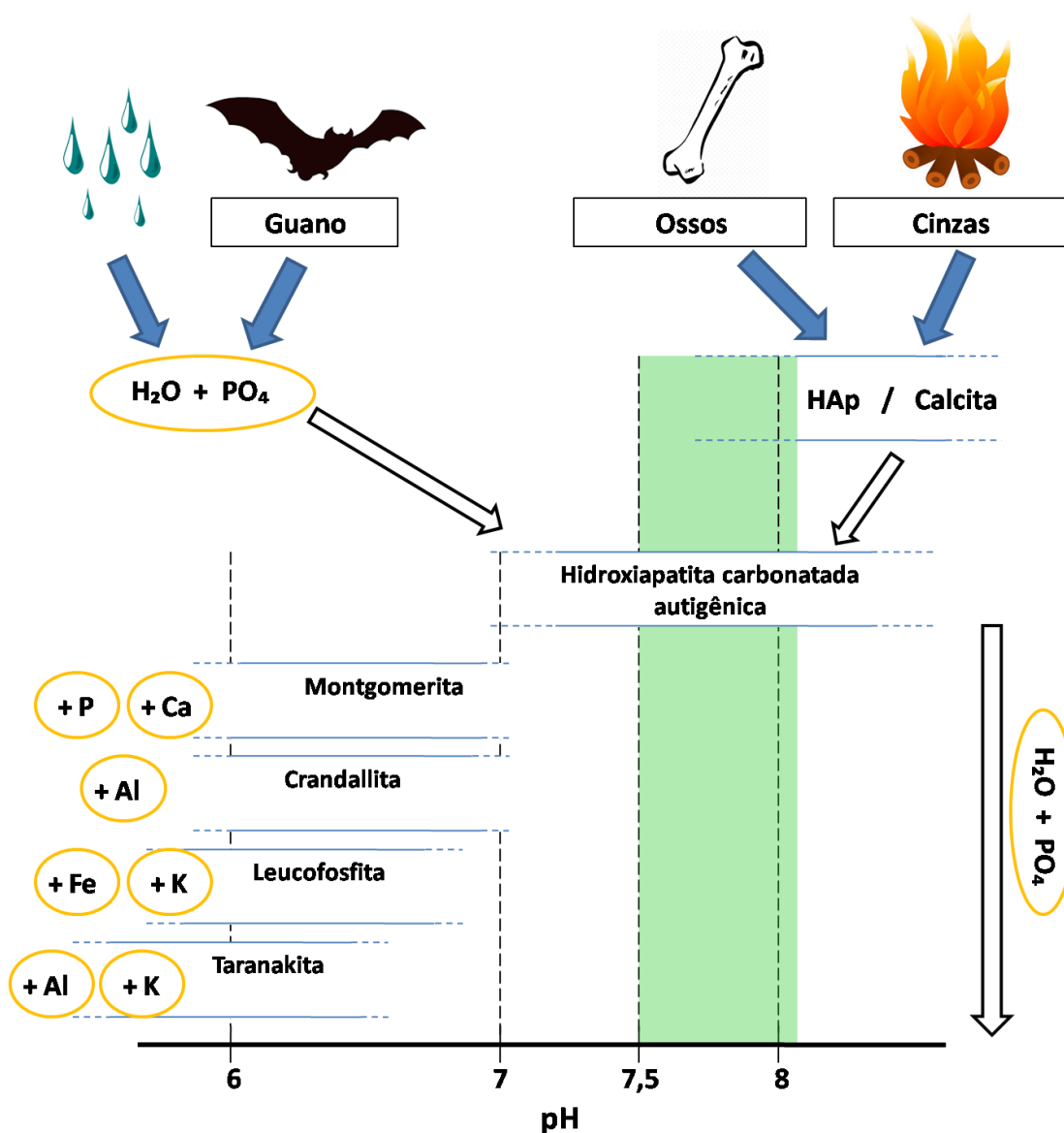


Figura 19 – Cascata de reações diagenéticas dos sítios abrigados. A fração mineral dos ossos, HAp, e a calcita das cinzas da queima das plantas (retângulo aberto superior direito) apresentam estabilidade semelhante, sob pH de mais de 8. O retângulo verde indica a janela de recristalização de Berna, Matthews e Weiner (2004), onde a HAp começa ser dissolvida e re-precipitada como uma forma mais estável, a hidroxiapatita carbonatada autigênica. O fosfato liberado em solução a partir da degradação do guano (elipse amarela superior esquerda) acidifica o meio sedimentar, induzindo a formação desse mineral. Com um *input* crescente de fosfatos em solução ao longo do tempo (elipse amarela e seta à direita), o pH fica mais ácido (abaixo de 7), levando à dissolução e formação de outros minerais fosfáticos (retângulos abertos à esquerda). A estabilidade de cada mineral aumenta com um teor maior de elementos específicos (elipses amarelas no extremo esquerdo). Diagrama realizado pelo autor com base em dados aportados por Berna, Matthews e Weiner (2004); Karkanias (2010); Karkanias et al. (2000, 2002); Schiegl et al. (1996); e Weiner et al (1993).

Uma forma prática de estudar o grau de cristalinidade que apresentam os restos ósseos arqueológicos, muito utilizada hoje, foi desenvolvida no âmbito dos já

mencionados estudos pioneiros da geoarqueologia em cavernas levantinas (seção 1.2.2). Weiner e Bar-Yosef (1990), com base em estudos prévios de outros autores, encontraram que a banda de absorção de infravermelho²¹ do íon fosfato (PO₄), medida com espectroscopia FTIR, é dividida em dois picos, um de 603 e outro de 565 cm⁻¹. Essa separação indica o tamanho relativo dos cristais e o grau em que os átomos estão ordenados no retículo cristalino dos ossos. Os autores propuseram usar esses picos para calcular o índice de cristalinidade (CI, pelas siglas em inglês) ou *infrared splitting factor* (IRSF), que mede a altura dos picos e do vale entre eles em relação com uma linha de base entre 750 e 495 cm⁻¹. Quanto maior for o valor do índice, maior será o grau de recristalização da HAp.

Outra mudança diagenética importante do material osteológico é a incorporação de elementos traços, sobretudo terras raras (lantanídeos, e os elementos Sc e Y). Três mecanismos possíveis foram sugeridos por Trueman e Tuross (2002, p. 496) para essa incorporação: 1) absorção de cátions na superfície dos cristais; 2) substituição direta de íons na estrutura do mineral; 3) crescimento de fases discretas de fosfato – elementos traços disseminados dentro do osso.

O primeiro caso representa o mecanismo mais usual, onde os cátions são absorvidos nos cristalitos por meio da troca de cátions com Ca²⁺ na superfície cristalina. Os cátions absorvidos podem ser sujeitos a novas trocas ao longo da diagênese, até que a porosidade inter-cristalina for preenchida. As águas que permeiam os poros (*pore waters*) podem introduzir cátions no retículo cristalino da hidroxiapatita carbonatada mediante substituição do Ca²⁺, alterando a mineralogia. A hidroxiapatita autigênica pode ainda conter cátions de Sr²⁺ substituindo o Ca²⁺ no retículo cristalino.

A absorção de terras raras e outros elementos traços depende da taxa de provisão de esses elementos, a taxa de difusão ou fluxo deles através do osso, e da recristalização do osso. Um aspecto fundamental das concentrações de terras raras, junto com U e Th, é que elas mudam conforme a profundidade perpendicular à superfície cortical do osso, podendo os perfis de concentrações ser mais planos ou íngremes. Sabe-se a partir de vários estudos experimentais, que os poros da rede vascular do osso têm pouco efeito na difusão de esses elementos, sendo as maiores concentrações detectadas nas margens exteriores do osso e as menores em profundidade desde as margens. Quando o osso deixa

²¹ O princípio analítico da espectroscopia FTIR será desenvolvido em detalhe na seção 4.5.6.

de funcionar como um sistema aberto, ao estar completamente recristalizado por hidroxiapatita autigênica e impedir a passagem d'água, deixa de absorver elementos traços; por tal motivo, a soma de elementos traços pode ser usada para estimar o começo da recristalização (Trueman; Tuross, 2002, p. 501).

Tipicamente, as margens do perióstio tendem a refletir a química d'água circulando no meio terrestre ou aquático, enquanto o córtex mais profundo pode exibir padrões bastante diferentes. É por esse motivo que as concentrações de traços, sobretudo das terras raras, na superfície externa dos ossos, são utilizadas como um *proxy* paleoambiental na paleontologia e arqueologia (Trueman; Tuross, 2002). No caso de ossos fora de contexto ou de conjuntos misturados de ossos, os dados desses elementos têm sido utilizados para determinar a proveniência dos mesmos, i.e. como uma impressão digital (*fingerprint*) de um determinado ambiente geoquímico deposicional/diagenético inicial (Iliopoulos et al., 2010; Krajcarz et al., 2019). De acordo com os dados experimentais de Trueman et al. (2004, p. 734-735), obtidos na savana tropical de Kenya, a incorporação de terras raras das águas dos poros do solo, a céu aberto, pode ocorrer na superfície dos ossos desde apenas 2 anos da deposição, mas tende a ser mais significativa em termos de magnitude, a partir dos 15 anos.

3.3.4 Retrabalhamento, bioturbação, cascata de reações e estabilidade mineralógica: as cinzas, os ossos e outros no contexto diagenético de um sítio abrigado

Uma classe de alteração pós-deposicional de fundamental importância no estudo dos sítios abrigados consiste no retrabalhamento, principalmente das estruturas de combustão. Os materiais das estruturas e outros associados podem ser retrabalhados por processos geológicos e biológicos, mas também pela ação humana, o que é em si mesmo muito informativo para a arqueologia do sítio, pois pode revelar atividades cotidianas como a varredura, limpeza e manutenção da área. O retrabalhamento antropogênico pode constituir, portanto, um processo (sin)deposicional em si mesmo, em relação com uma ocupação humana. Como indica Mentzer (2014, p. 643), é possível identificar em campo o retrabalhamento pela ausência da sequência estratigráfica tripartite das estruturas de combustão (i.e. substrato rubificado, carvão e cinzas) e pela mistura de materiais queimados e não queimados. Essa situação parece ter sido reconhecida nos sítios Abrigo Roncador e Abrigo Maximiano, conforme oportunamente mencionado (seções 2.1.4 e

2.2.4). No entanto, em alguns casos, a presença de acamamentos semelhantes às feições de combustão intactas pode também apresentar sinais de retrabalhamento. Em todo caso, o uso de várias técnicas microarqueológicas é de fundamental importância para compreender a natureza e diferentes escalas do retrabalhamento.

A literatura geoarqueológica recente apresenta exemplos de múltiplos processos não antrópicos de retrabalhamento e de sua detecção em seção delgada (ver Mallol; Mentzer; Miller, 2017 e Mentzer, 2014), e sua síntese completa está por fora do intuito desta seção. Um exemplo do sudeste brasileiro vem do estudo de Araujo et al. (2008) no sítio Lapa das Boleiras, no carste de Lagoa Santa. Nesse abrigo calcário, os autores relataram, por meio da micromorfologia, a presença de laminações de cinzas calcíticas que alternam com outros materiais da queima das plantas e com material coluvionar (agregados erodidos do solo externo) retrabalhado por fauna. O retrabalhamento do material derivado da queima pela circulação da água parece ter jogado um papel importante, junto com a bioturbação devida à ação da fauna. A bioturbação pode também, nesse sentido, ter um lugar relevante na alteração de um sítio abrigado (Aldeias et al., 2014). Mas os autores do citado estudo reconheceram ainda a ação pós-deposicional humana, mediante pisoteio, que produziu uma microestrutura com pedes laminares característicos (Araujo et al., 2008, Figura 12, E; ver também Capítulo 7).

A água, o vento e os processos coluvionares e de ação da gravidade (já mencionados como agente deposicional geogênico, seção 3.2) são, portanto, os principais processos geológicos de retrabalhamento das estruturas de combustão. Outros como a crioturbação têm sido também reconhecidos em abrigos em altas latitudes. Dentre os processos biológicos, as galerias preenchidas, os pellets fecais com resíduos de combustão, uma homogeneização e uma microestrutura granular, têm sido tipicamente reconhecidos em sítios abrigados (Goldberg et al., 2009; Mentzer, 2014, p. 645-646). Em termos macroscópicos, as galerias de tatu e de pequenos animais como as formigas têm sido reportadas como importantes agentes de bioturbação para o sítio Lapa das Boleiras (Araujo et al., 2008, p. 3189-3190).

A ação humana, intencional ou não, é um dos fatores mais importantes no retrabalhamento dos depósitos e resíduos da queima. Atividades como o deslocamento lateral mediante ancinhagem (*rake-out*) produzem um rearranjo textural, onde carvões maiores e outros tendem a permanecer na fogueira, enquanto as cinzas e os carvões e ossos queimados e não queimados menores tendem a ser redepositados. Mallol, Mentzer

e Miller (2017, p. 316) e Miller et al. (2010) indicam que é difícil distinguir em termos micromorfológicos a ancinhagem do jogado (*dumping*) e da varredura (*sweeping*) desses vestígios. Alguns desses processos como ancinhagem e jogado, têm sido atribuídos à formação de algumas microfácies nos abrigos da brasileira região de Lagoa Santa (Araujo et al., 2008; Villagran et al., 2017a).

O pisoteio (*trampling*) é talvez um dos processos pós-deposicionais mais estudados em arqueologia, com vários experimentos realizados sobre diferentes materiais²². A micromorfologia tem permitido reconhecer o pisoteio em sítios abrigados sob a forma de deslocamento, compactação e quebra dos materiais (Goldberg et al., 2009). No abrigo de Diepkloof (África do Sul), Miller, Goldberg e Berna (2013) detectaram uma microfácies (tipo) com microestrutura granular de tamanho milimétrico e orientação horizontal acima de outra microfácies com mistura de materiais retrabalhados queimados e não queimados. Com base na literatura experimental, os autores interpretaram essa sequência como resultado do pisoteio sobre substrato seco e solto, que desloca e redeposita materiais, mas não afeta muito em termos verticais.

A ação dos diversos agentes naturais pós-deposicionais tem sido estudada em pesquisas etnoarqueológicas ambientes tropicais, incluindo espaços abrigados. O estudo geo-etnoarqueológico já mencionado de Friesem et al. (2016) demonstrou como condições de alto índice de precipitação e alta atividade biológica levaram, num período entre 20 e 30 anos de abandono dos sítios, a condições ácidas que dissolveram cinzas e ossos, mas tenderam a preservar carvão e fitólitos. Contudo, o sítio abrigado por eles escavado teve os maiores teores dos elementos P, Mg e Ba, associados com atividades humanas, quando comparados com os sítios a céu aberto, evidenciando o maior potencial de preservação que os abrigos apresentam em áreas tropicais.

Um grupo de processos pós-deposicionais dos sítios abrigados que tem uma enorme relevância para a presente pesquisa, mas, sobretudo, para o Estudo de caso 2, é o compreendido pela diagênese química. Esses processos fazem parte do terceiro grupo de pesquisas geoquímicas em arqueologia, apresentado na seção 1.2.2, que aborda a alteração química, completitude e preservação de materiais, e que teve seu impulso nos abrigos e cavernas da região levantina do Israel e na Grécia.

²² Ver síntese crítica em Araujo (1995) e Rentzel et al. (2017).

A partir de estudos pontuais em blocos de rocha dolomítica alterada dos sítios, e em estratigrafia e planta das cavernas, foi determinada a existência de uma “cascata de reações diagenéticas” que ocorre após a deposição das cinzas calcíticas e dos ossos (Karkanas, 2010, 2017; Karkanas et al., 2000, 2002; Schiegl et al., 1996; Weiner et al., 1993). A Figura 19 sintetiza a cascata de forma gráfica, que pode ser resumida a seguir:

a) Após a dissolução do mineral dos ossos (HAp), da rocha calcítica do sítio, ou das cinzas calcíticas da queima das plantas (dependendo do regime hidrológico), ocorre a formação de hidroxiapatita carbonatada autigênica, cuja fonte extra de fosfatos na solução dos sedimentos (i.e. além do já contido nos ossos) pode estar no guano dos morcegos e das aves (Shahack-Gross et al., 2004);

b) Se o meio ficar mais ácido (pH entre 6 e 7) e com mais *input* de fosfatos em solução, a hidroxiapatita carbonatada autigênica será dissolvida, e haverá formação de fosfatos ricos em Ca e Al, como crandallita e montgomerita. No entanto, uma maior concentração de Al no sedimento vai aumentar o campo de estabilidade da crandallita em detrimento da montgomerita, devido ao maior teor desse elemento na primeira;

c) Se o meio ficar ainda mais ácido e com mais fósforo, poderá ocorrer a formação de taranakita, um fosfato rico em K e Al; poderão ocorrer ainda outros fosfatos, como a leucofosfita, se o meio sedimentar ficar mais rico em Fe e K.

Diversos outros minerais podem ser formados, dependendo de vários fatores (ver Shahack-Gross et al., 2004; Friesem et al., 2021). Mas o importante nesta seção é enfatizar que o estudo dos fosfatos autigênicos mediante o conhecimento da sua estabilidade química é, portanto, uma das formas de abordar a presença/ausência atual de ossos e cinzas calcíticas num sítio abrigado (Weiner et al., 1993; Karkanas, 2010; Villagran et al., 2022).

4 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

O presente Capítulo descreve todos os procedimentos empregados na pesquisa. As abordagens são divididas em instâncias de amostragem e de laboratório. Para cada procedimento de laboratório são explicitados os objetivos segundo o Estudo de caso, estabelecendo uma ponte com o já fundamentado nos primeiros três capítulos. Além da breve exposição do protocolo de preparação e análise das amostras, realiza-se uma descrição dos procedimentos estatísticos e gráficos utilizados. O tratamento dos dados foi realizado com a linguagem de programação R (R Core Team, 2021) no ambiente RStudio 1.4 (RStudio Team, 2020), gratuito, de código aberto, e com uma ampla comunidade de usuários, o que possibilitou uma alta flexibilidade no design dos diversos gráficos empregados. Pacotes específicos utilizados para gráficos são oportunamente mencionados e seus autores citados.

4.1 Amostragem sistemática e estratégica de sedimento para geoquímica e caracterização inicial

Na presente pesquisa, foram analisadas tanto amostras dos depósitos já escavados em campanhas anteriores nos sítios de interesse, quanto amostras especificamente coletadas no âmbito do atual projeto. Apesar dos objetivos de escavações anteriores e coletas atuais não corresponderem em sua totalidade, pode-se formular ainda uma estratégia de amostragem comum, por meio da definição de conceitos que sirvam como arcabouço metodológico para todas as coletas de sedimento. O fundamento teórico por trás das escavações em um e outro caso é, contudo, semelhante.

Nesse sentido, é adotada aqui a recente proposta de Karkanas e Goldberg (2018, p. 225) de distinguir entre dois tipos de amostragem: regular e estratégica. Amostragem regular tem por intuito a extração de todos aqueles materiais que não podem ser plotados e coletados manualmente durante a escavação (e.g. carvão, sementes, microfauna). Já a amostragem estratégica é aquela dirigida à compreensão da estratigrafia e dos processos de formação do sítio arqueológico, por meio de geoquímica, micromorfologia, etc.

A distinção realizada pelos citados autores não dista muito da empregada pela equipe do LEVOC/MAE/USP que escavou os três sítios nas intervenções anteriores, coordenadas pelo Prof. Astolfo Araujo. A classificação seguida pela equipe, detalhada

em forma publicada em Araujo e Neves (2010, p. 29-31), discrimina entre amostras regulares ou sistemáticas, que incluem o material recuperado na peneira e o sedimento coletado em volume constante por cada nível de escavação de 10 cm, e amostras específicas, que envolvem coletas para datação (carvão, OSL), geoquímica e micromorfologia. No caso do sítio Abrigo do Alvo (Araujo, 2012, p. 171), o único para o qual se dispunha de amostras de todas as quadras e profundidades no começo do presente projeto, as amostragens regulares ou sistemáticas de volume constante consistiram em: uma amostra de 2 litros de sedimento coletada em planta de escavação, em cada quadra, por cada fácies (em tanto que unidade confinada estratigraficamente, ver abaixo), por cada nível de 10 cm.

Ou seja, se uma “fácies” continuava por mais de 10 cm ela era amostrada novamente no próximo nível. Trata-se, portanto, de uma combinação da noção de levantamento de “contexto simples” (*single-context recording system* do MoLAS, 1994), que distingue, numera e amostra unidades mínimas (nesse caso denominadas “fácies”, chamadas de *contexts* na literatura britânica) na medida em que a escavação avança (ver Araujo; Neves 2010, p. 28), com a noção de “escavação por níveis artificiais”. No entanto, nas intervenções em Alvo utilizou-se também a noção de amostragens ocasionais, que incluem todas as coletas realizadas em planta no caso de detecção de aspectos ou variações de interesse ao interior das fácies, e.g. sedimentos avermelhados com fragmentos de carvão.

Voltando para a classificação de Karkanas e Goldberg (2018), as amostras ocasionais coletadas em Alvo podem ser inseridas no conceito de amostragem estratégica, pois o seu intuito é o de compreender a natureza e origem das fácies. Mas no caso das amostras sistemáticas de sedimento, além de serem amostragens regulares, ingressam também no conceito de amostragem estratégica, pois partem das variações sedimentares como guia principal da coleta. A diferença principal reside em que as coletas sistemáticas foram feitas em planta, na medida em que a escavação avançava, enquanto as coletas estratégicas típicas referidas pelos citados autores são realizadas no perfil ou seção vertical. Apelando à noção básica da tridimensionalidade dos depósitos, as coletas deveriam ser feitas tanto num sentido horizontal quanto vertical (ver discussão em Croix et al., 2019), mas isso é sempre uma questão limitada pela logística de campo e laboratório e pelas perguntas de pesquisa (French, 2015).

Na presente pesquisa, adotou-se um critério pragmático de amostragem que pudesse abranger as amostras disponíveis do Alvo e as amostras coletadas no Roncador. Em primeiro lugar, as amostras horizontalmente coletadas em Alvo, foram relacionadas com as unidades estratigráficas caracterizadas em seção vertical no sítio, conforme será detalhado na seção 4.3. Em segundo lugar, decidiu-se trocar o termo “fácies” como utilizado no Alvo, i.e., como unidade estratigraficamente confinada e mínima, pela expressão “unidade de planta”, a ser abreviada como UP. O intuito, conforme já assinalado na seção 1.2, foi o de evitar a ambiguidade no uso do conceito de fácies, sendo aqui mantida a noção estratigraficamente não confinada para esse conceito. No caso de Roncador, as coletas foram realizadas em seção vertical na Quadra C10 intervinda em 2017, seguindo-se o mesmo critério de discriminação de unidades estratigráficas. Dessa maneira, as coletas de Alvo e do Roncador foram consideradas como amostragens estratégicas comparáveis para abordar os problemas do estudo de caso correspondente.

Já no sítio Abrigo Maximiano, as coletas de sedimento foram realizadas nas seções verticais das quadras escavadas por Collet, sendo também coletados blocos indeformados para micromorfologia em quatro das quadras abertas. O critério de discriminação estratigráfica utilizado foi, nesse sítio, o de fácies, conforme explicado a seguir.

4.2 Descrição das unidades estratigráficas e das fácies

No caso do Estudo de caso 1, nos abrigos do Alvo e Roncador, decidiu-se trabalhar por meio da descrição de unidades estratigráficas. Trata-se, em essência, da adaptação arqueológica da discriminação de unidades litoestratigráficas da geologia, com a apropriada adequação à escala do sítio arqueológico, onde, ao invés de “formações” e “membros” têm-se camadas de areia com blocos desprendidos do teto do abrigo, etc. (Courty; Goldberg; Macphail, 1989, p. 31-33; Goldberg; MacPhail, 2006, p. 30-31). A literatura geoarqueológica com abrigos em litologias não carbonáticas usa o sistema de unidades estratigráficas de forma frequente (Miller; Goldberg; Berna, 2013; Lowe et al., 2018; Ozán et al., 2019), embora de maneira um pouco diferente segundo o sítio. Entende-se que descrever unidades estratigráficas (ou simplesmente camadas, sub-camadas, etc.) constitui uma primeira aproximação à estratigrafia, podendo essas unidades ser depois arranjadas em unidades de hierarquia crescente (e.g. estratos e sequências, ver e.g.

Araujo; Piló; Neves, 2010 e Karkanias; Goldberg 2018, p. 162-164), conforme se tenha um maior conhecimento do sítio. A nomenclatura de unidades estratigráficas (U) é detalhada, no caso do sítio Abrigo do Alvo, na seção 5.1, enquanto a relação entre UP e U é desenvolvida na seção 4.3. No caso do sítio Abrigo Roncador, as U foram numeradas do topo à base. Em ambos os casos, as unidades litoestratigráficas externas (seção 4.3) foram denominadas “UE”, seguidas por um número.

No caso do Estudo de caso 2, no sítio Abrigo Maximiano, porém, a aproximação foi outra. Optou-se por estudar os depósitos por meio da definição de fácies. Devido as fácies, no sentido adotado neste trabalho (ver seção 1.2), constituiriam unidades que visam servir como ferramentas para desvendar processos deposicionais comuns, elas oferecem uma ponte metodológica útil para atingir os objetivos do Estudo de caso 2. Assim, foi observada, tanto nas intervenções de 2016 quanto na amostragem de 2020, a repetição nos atributos de algumas unidades estratigráficas ao longo das quadras abertas no sítio, sendo todas elas não-contíguas. Essa recorrência, que alertava para a possível existência de padrões formativos comuns em diferentes setores, estimulou a descrição e análise dos depósitos como fácies, não confinadas a lugares específicos da estratigrafia nem a um tempo concreto do arcabouço cronológico conhecido para o sítio. Como a definição de fácies tem por objetivo a compreensão de padrões deposicionais comuns, seu alcance não está limitado ao sítio, motivo pelo qual toda a literatura sobre análogos arqueológicos, geoarqueológicos e experimentais, regionais e mundiais, foi consultada. A forma de caracterização das microfácies ao interior de cada fácies será detalhada na seção 4.5.1. As fácies (F) foram numeradas do topo à base, começando-se pela quadra 120/109, depois pela quadra 120/107, a quadra 127/110 e, por último, a SV. As únicas fácies que não seguiram esse critério foram as superficiais, sendo todas elas F1 (tanto F1a quanto F1b). Por fim, a fácies reconhecida em amostragem externa (seção 4.3) foi denominada “FE1”.

Na descrição das fácies e das unidades estratigráficas, tanto reconhecidas em seção vertical quanto em planta (as UP do sítio Abrigo do Alvo), seguiu-se, com algumas mudanças (e.g. a textura antes da cor, uso de pontos ao invés de ponto e vírgula) e incluindo alguns termos sedimentológicos e elementos de interesse arqueológico, a ordem e tipo de atributos inspirada pela descrição morfológica de solos utilizada na pedologia brasileira (Santos et al., 2015). A sequência incluiu: a) textura, usando classes e tradução ao português de Santos et al. (2015, p. 19-20), com menção, quando presentes, das estruturas internas, e.g lâminas e camadas centimétricas de sedimento com cinzas;

utilizou-se, para essas estruturas, a terminologia de Collinson, Mountney e Thompson (2006); b) cor Munsell principal ou da matriz, com nome em português e código; c) presença e estimativa percentual²³ (quando disponível²⁴) de cascalho (e.g. seixos, calhaus, seguindo-se a tradução ao português de Giannini; Riccomini, 2000, Tabela 9.1; ver Tabela 6), e presença e estimativa percentual (quando disponível) dos outros componentes da fração cascalho (e.g. carvão, conchas inteiras e fragmentadas, artefatos²⁵, agregados de sedimento rubificado, ossos); d) consistência quando seco (solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura e extremamente dura); e) grau (abrupta, clara, gradual e difusa) e forma (plana, ondulada, irregular e descontínua) da transição entre unidades estratigráficas/fácies; f) presença e estimativa relativa de raízes e/ou serrapilheira (muitas, comuns, poucas e raras).

A seguir, são definidos o número e procedência espacial e estratigráfica das amostras soltas de sedimento coletadas nos três sítios e pontos externos, segundo Estudo de caso.

4.3 Amostras soltas analisadas

Todas as amostras foram inicialmente ingressadas no laboratório do Grupo de Estudos Arqueométricos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN - CNEN/SP), sob a coordenação do Prof. Dr. Casimiro S. Munita, Coorientador da presente pesquisa. O código de cadastro das amostras, denominado “código IPEN” e conformado pelas letras “CSQB” seguida de dois dígitos consecutivos (e.g. CSQB08) foi utilizado como o ID único para todas as instâncias de análise.

Estudo de caso 1:

²³ As estimativas percentuais foram realizadas com auxílio dos referenciais visuais disponíveis em Santos et al. (2015, Figura 12).

²⁴ A disponibilidade se refere aos dados presentes nas fichas e documentação de campo para o sítio Abrigo do Alvo.

²⁵ Por artefato entende-se a sua definição mais genérica na arqueologia, i.e. qualquer entidade material que apresente atributos do comportamento culturalmente transmitido (Araujo, 2017, p. 76). No entanto, pelo fato de que um depósito pode constituir um artefato em si mesmo conforme discussão das seções 1.2.1 e 1.2.2, o termo é aqui reservado para peças móveis discretas produzidas em cadeias operatórias artesanais (e.g. lascas e fragmentos de lasca).

Abrigo do Alvo: um total de 35 amostras de sedimento de aproximadamente dois litros cada, que consistem em 34 sistemáticas mais uma amostra ocasional, coletadas no sítio nas intervenções de 2012 (Araujo, 2012). A seleção das amostras levou em consideração a totalidade das UP reconhecidas em todas as quadras escavadas com exceção de uma (a E11), desde a quadra E10 (fundo do abrigo, próxima à parede) até a quadra J12 (frente do abrigo, fora da linha de goteira). A amostra ocasional foi coletada no nível 2, UP 3 da quadra G12 (ver APÊNDICE 5, amostra CSQB35). A relação entre as UP e as unidades estratigráficas reconhecidas na seção vertical do sítio foi determinada por meio da comparação dos dados das fichas de escavação com os desenhos e fotografias existentes, da seguinte maneira:

- 1) Na ficha de escavação, para cada nível de escavação e para cada quadra, foi conferida a descrição dos atributos texturais e das inclusões de todas as UP com ocorrência no setor norte da planta²⁶, i.e. daquelas que fariam parte das unidades estratigráficas reconhecidas na seção vertical E - W desenhada na trincheira principal, unindo as quadras G12 até J12 (Figura 20);
- 2) Para cada UP com ocorrência no setor norte da planta, foi comparado o ponto Z (medido com estação total) de detecção superior e inferior da UP com o ponto Z mais alto do setor norte da quadra (i.e. do nível inicial da quadra), para determinar a profundidade em centímetros;
- 3) A descrição dos atributos e a profundidade de cada UP foi após comparada com as mesmas propriedades das camadas reconhecidas na seção vertical E - W, aos efeitos de determinar a procedência estratigráfica das UP;
- 4) Por fim, foram comparados os atributos das diferentes UP reconhecidas em quadras contíguas para determinar a continuidade lateral das unidades estratigráficas (Figura 20).

²⁶ Ou seja, só limitadas pela parede norte da quadra. As UP que não limitaram com a parede norte foram desconsideradas na relação com as unidades estratigráficas reconhecidas na seção W - E.

A descrição de campo e procedência das amostras das UP em termos das unidades estratigráficas reconhecidas em seção vertical no sítio será apresentada no Capítulo 5, na seção 5.1.

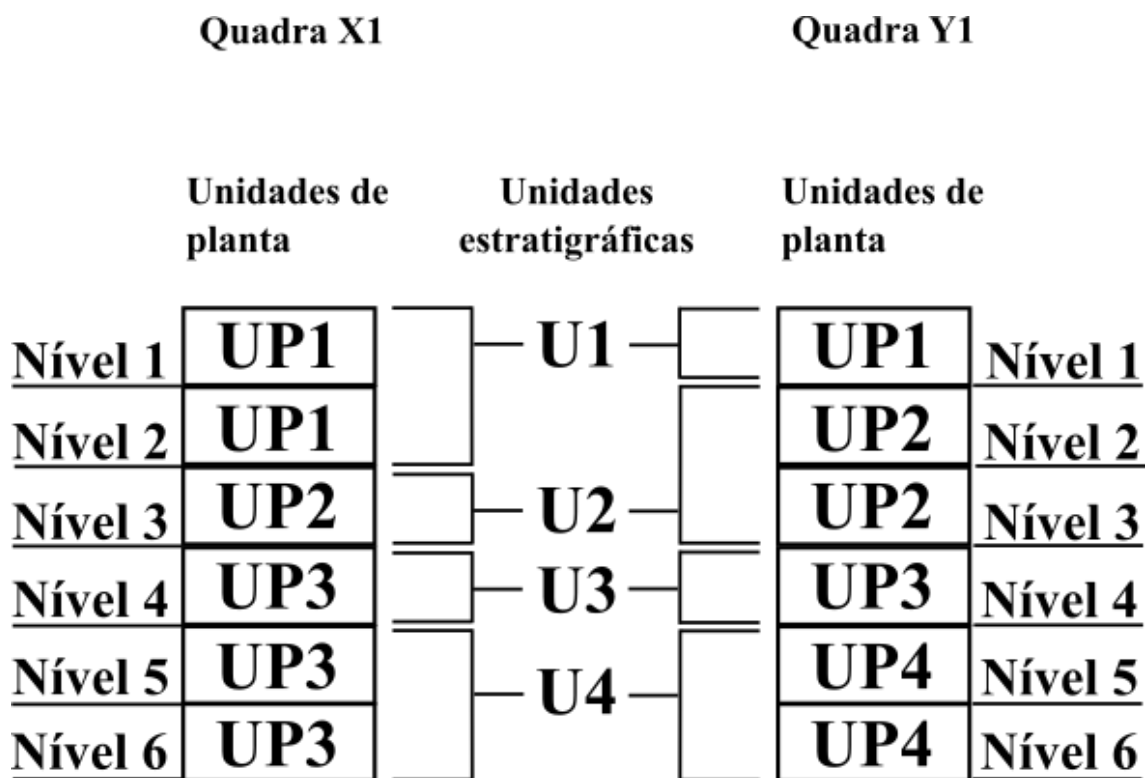


Figura 20 – Relação esquemática entre unidades de planta (UP) reconhecidas em campo e unidades estratigráficas (U) identificadas em seção vertical no sítio Abrigo do Alvo. Cada UP escavada em cada nível arbitrário de 10 cm (“Nível 1”, “Nível 2”, etc.) em cada quadra teve sua profundidade e seus atributos texturais e outros comparados com as mesmas UP reconhecidas nos níveis inferiores, para determinar sua relação com U específicas. A comparação com UP escavadas em quadras contíguas permitiu a determinação da continuidade lateral das U.

Coleta de material coluvionar: uma amostra de sedimento externa foi coletada a uns 10 m da trincheira que liga as quadras G12 até J12, no colúvio que alimenta a porção norte do abrigo (Figuras 6b e 24), em visita realizada pelo Prof. Araujo em dezembro de 2020. O intuito da coleta foi o de conhecer o sinal de uma das potenciais fontes de sedimentação geogênica do sítio.

Abrigo Roncador: um total de 9 amostras estratégicas de sedimento, coletadas na seção vertical nordeste da quadra C10 em trabalho de campo desenvolvido com participação do

autor em dezembro de 2020. A coleta foi realizada segundo o método da coluna ou canal (*channel sampling*) que consiste em amostrar de forma contínua, respeitando a direção da maior variação litológica das camadas em toda sua espessura (Karkanas; Goldberg, 2018, p. 225-226). As amostras, de um litro cada, foram coletadas a cada 10 cm desde a superfície atual até a base do abrigo.

Coletas externas: um total de duas amostras, de um litro de sedimento cada, foi coletado em dois setores distintos próximos ao sítio. Uma amostra foi coletada, entre 10 e 25 cm de profundidade, no solo que faz parte do colúvio da porção leste, a 25 m do abrigo. A segunda amostra foi coletada em média vertente, na encosta íngreme que faz parte do tálus da Serra do Cuscuzeiro, a 30 m do abrigo. Esta última coleta foi realizada na superfície do solo, em meio aos matacões de basalto que afloram nesse setor do sopé da encosta. O intuito da primeira amostragem externa foi o de comparar o sinal geogênico do colúvio, uma das potenciais fontes do sedimento não antropogênico do sítio, com o sinal dos depósitos do abrigo. O objetivo da segunda amostragem externa foi o de se ter um sinal natural de fundo (*background*), no solo de um setor mais afastado do sítio.

Estudo de caso 2:

Abrigo Maximiano: um total de 28 amostras de sedimento, que consistem em: 27 amostras estratégicas coletadas em canais/colunas nas seções verticais das quadras 120/109, Sondagem I Norte (quadra B de Collet) e 120/107, Sondagem I Sul (quadra D de Collet), durante trabalho de campo desenvolvido com participação do autor em novembro de 2020; uma amostra sistemática coletada nas intervenções de 2016 na planta do único nível aprofundado da quadra 120/107, Sondagem I Sul (Felizardo, 2017); três amostras sistemáticas coletadas na quadra 114/111 nos últimos três níveis escavados em 2016 (Felizardo, 2017). A seleção dos locais de coleta das amostras levou em conta a necessidade de se ter uma visão comparativa da variação nos indicadores granulométricos e geoquímicos na parte interna do abrigo (quadras 120/109) e na parte mais influenciada pelo meio externo (quadra 120/107). A amostragem foi de coluna vertical, com coletas de um litro a cada 10 cm desde a superfície atual até a última planta escavada visível.

Coleta externa: uma amostra de sedimento foi coletada a uns 34 m de distância a noroeste do centro do abrigo. A coleta, de um litro de volume, foi realizada aos 20 cm de profundidade, no solo na base do paredão próximo ao sítio. O intuito da amostragem externa foi o de se ter um sinal natural de fundo.

4.4 Amostragem de blocos intatos indeformados de sedimento para micromorfologia

A coleta de blocos para análise micromorfológica foi realizada nos sítios Abrigo Roncador e Abrigo Maximiano. Monolitos de sedimento foram esculpido nas seções verticais estudadas com faca e canivete, com ajuda, em alguns casos, da colher de pedreiro. Utilizou-se, para extração dos blocos em todas as amostras com exceção de uma, caixas elaboradas com papel cartão, conforme procedimento estabelecido em Villagran (2009), com dimensões 15 x 8 x 6 cm. Todas as caixas tiveram a orientação indicada com uma seta e os dados de procedência escritos diretamente ou em etiquetas adesivas. Uma vez retiradas, as caixas contendo os blocos indeformados foram envoltas com fita adesiva nos laterais, seladas com filme de PVC nas duas direções principais, consolidadas com fita adesiva novamente e envoltas em papel bolha. Em apenas um dos blocos amostrados, no sítio Abrigo Maximiano (ver abaixo), foi utilizado o procedimento de estabilização da superfície com compressas de gaze embebidas em gesso, conforme proposto em Goldberg e Macphail (2003). Um monolito de dimensões máximas 22 x 20 x 9 cm foi esculpido em sedimento cascalhento de conchas inteiras e fragmentadas de gastrópodes (F11, ver seção 6.1), borrifado com água e coberto com as compressas com gesso; uma vez seco, o bloco foi retirado e teve sua parte de atrás também consolidada com gesso, seguindo-se depois o procedimento de envoltura com filme de PVC e fita já mencionado.

Estudo de caso 1:

Abrigo Roncador: Três blocos indeformados foram coletados na seção vertical nordeste da Quadra C10 em trabalho de campo desenvolvido com participação do autor em dezembro de 2020. A seleção dos setores de coleta dos blocos levou em conta a transição entre todas as unidades estratigráficas identificadas.

Estudo de caso 2:

Abrigo Maximiano: Nove blocos indeformados foram coletados durante trabalho de campo desenvolvido com participação do autor em novembro de 2020 em quatro seções verticais: três blocos na quadra 120/109, sondagem I Norte (Quadra B de Collet); dois blocos na quadra 120/107, sondagem I Sul (Quadra D de Collet); três blocos na quadra 127/110, sondagem III (Quadra A de Collet); um bloco na unidade de escavação de origem desconhecida denominada sondagem V. O intuito principal da coleta para micromorfologia no Abrigo Maximiano foi o de caracterizar a diversidade das fácies reconhecidas no sítio. A seleção dos setores de coleta esteve, portanto, dirigida às principais fácies e transições entre fácies, visando maximizar as informações potenciais diante das grandes dificuldades logísticas (acesso, forma de carregar as amostras, etc.) que o sítio apresenta.

4.5 Métodos de laboratório

4.5.1 Micromorfologia de sedimentos arqueológicos

Estudo de caso 1: a finalidade foi a de maximizar a possibilidade de detectar sinais antropogênicos dentre os processos deposicionais, visando entender também possíveis processos pós-deposicionais intervindo na preservação dos ossos e outros materiais.

Estudo de caso 2: a finalidade foi a de descrever os diferentes materiais e depósitos que possam ser o resultado das atividades e dos processos induzidos pelos seres humanos que ali habitaram. A presença de lentes e camadas conformadas por conchas de gastrópodes também foi explorada nas seções delgadas, em busca de diferenciar *inputs* biogênicos (os caramujos se enterrando no substrato) dos possivelmente antropogênicos (as conchas sendo jogadas/lançadas pelas pessoas).

A fabricação das 12 lâminas foi realizada no McBurney Laboratory for Geoarchaeology, Universidade de Cambridge, durante estágio BEPE (Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior) da FAPESP, sob a supervisão do Prof. Dr. Charles French e do Dr. Tonko Rajkovača. Os procedimentos de preparo das seções delgadas seguiram o

protocolo passo por passo utilizado no McBurney (French; Rajkovača, 2015). Os blocos foram secados ao ar por um mês e durante uma noite a 35°C, e foram depois impregnados em caixas de PVC com uma solução de 1800 ml de resina de poliéster, até 300 ml de acetona e ao redor de 4 ml do catalisador de polimerização peróxido de metiletilcetona (MEKP, pelas siglas em inglês). Uma câmara de vácuo foi utilizada para remoção de bolhas, e os blocos foram em seguida armazenados por um período de 20-25 dias para completa polimerização da resina. Após endurecidos, os blocos foram cortados em fatias de 5 mm de espessura com serra de rochas, montados em vidro com a mesma solução de impregnação, e polidos no equipamento Brot – *multiplate grinder*. O desbaste foi realizado numa sucessão de etapas de montagens em vidro de 14 x 6 cm e polido até ser atingida a espessura da seção delgada de ao redor de 30 µm (ver detalhes em French; Rajkovača, 2015). Todas as lâminas prontas foram escaneadas tanto em baixa como em alta resolução (1200 dpi) em campo escuro, luz transmitida e luz polarizada cruzada, estas últimas seguindo as recomendações de Arpin, Mallol e Goldberg (2002) em scanner de filme fotográfico no Lab Micro/MAE/USP.

As observações foram realizadas com ajuda de estereomicroscópio Leica Wild M420 e dos microscópios de luz transmitida Leitz Laborlux 12 POL e Olympus BX53, sob diferentes magnificações entre 7,25x e 400x, todos acoplados com câmeras para captura de fotomicrografias, usando luz polarizada plana (PPL), luz polarizada cruzada (XPL) e luz incidente oblíqua (OIL). As descrições estiveram baseadas na terminologia padrão estabelecida por Bullock et al. (1985) e Stoops (2021). A identificação dos materiais e componentes deposicionais e pós-deposicionais seguiu tanto a literatura micromorfológica geral sobre solos e sedimentos (Stoops; Marcelino; Mees, 2010) quanto a literatura específica sobre micromorfologia de solos/sedimentos em contextos arqueológicos (Courty; Goldberg; MacPhail, 1989; Nicosia; Stoops, 2017). Em um e outro caso, foram também consultados estudos de caso relevantes para interpretação dos atributos detectados, os quais foram oportunamente citados. Devido a que a terminologia empregada em micromorfologia vem de obras em inglês, utilizaram-se os termos recomendados na tradução para o português do livro de Stoops, por Marcelino et al. (2017). Por fim, a forma de apresentação das figuras, combinando seções escaneadas e fotomicrografias seguiu, na medida do possível, os lineamentos estabelecidos por Goldberg e Aldeias (2018).

Devido a que foram analisados, por meio de micromorfologia, dois sítios com características bem diferentes, foram utilizadas duas aproximações distintas na descrição meso e microestratigráfica. No caso do sítio Abrigo Roncador, a alta homogeneidade e a ausência de estruturas sedimentares, motivou a descrição de “fábricas” (Fb), onde cada uma apresenta um arranjo de componentes com uma homogeneidade interna que permite diferenciá-la de outras unidades (Stoops, 2021)²⁷. Trata-se do nível de descrição mais genérico utilizado em micromorfologia (French, 2003). Cada Fb foi numerada do topo à base da seção delgada com um número consecutivo interno (e.g., primeira Fb da seção 2 = 2/1).

No caso do sítio Abrigo Maximiano, pelo mesmo motivo que foi empregado o conceito de “fácies” (seção 4.2) utilizou-se o conceito de “microfácies”. Conforme mencionado na seção 1.2.3, o conceito é hoje de uso corrente na geoarqueologia de sítios com depósitos antropogênicos e diversidade de padrões estratigráficos, incluídas as cavernas e abrigos (e.g. Goldberg et al., 2009; Miller; Goldberg; Berna, 2013; Karkanas et al., 2015; Karkanas; Goldberg, 2018; Friesem et al., 2021; Marcazzan; Miller; Conard, 2022). A forma em que o conceito foi utilizado em Maximiano é sintetizada na Figura 21. Ao interior de uma fácies foi distinguida uma microfácies (mF), que apresenta a mesma numeração do que a fácies da que deriva (F1 apresenta a mF1). Caso mais de uma microfácies estivesse presente, usou-se uma numeração sequencial para as subdivisões (e.g. mF1.1, mF1.2). Num nível posterior de abstração, as mF foram agrupadas em tipos de microfácies (tipos mF), segundo a recorrência de padrões observados em seções diferentes. A numeração dos tipos mF começa, como as F, também na quadra 120/109 e segue para as quadras 120/107, 127/110 e SV. Assim, a diferença das mF, que estão ligadas pelo mesmo número à respectiva F que caracterizam, os tipos mF encontrados numa quadra X podem ser encontrados em outra Y, mantendo o nome que adquiriram na primeira (Figura 21).

²⁷ Na prática micromorfológica, o conceito de fábrica pode ser aplicado a diferentes escalas de observação. Assim, e.g., um agregado de micrita secundária em meio a uma fábrica maior composta de vários agregados e outros componentes pode apresentar uma fábrica interna que mereça ser caracterizada (ver Stoops, 2021, p. 38-41).

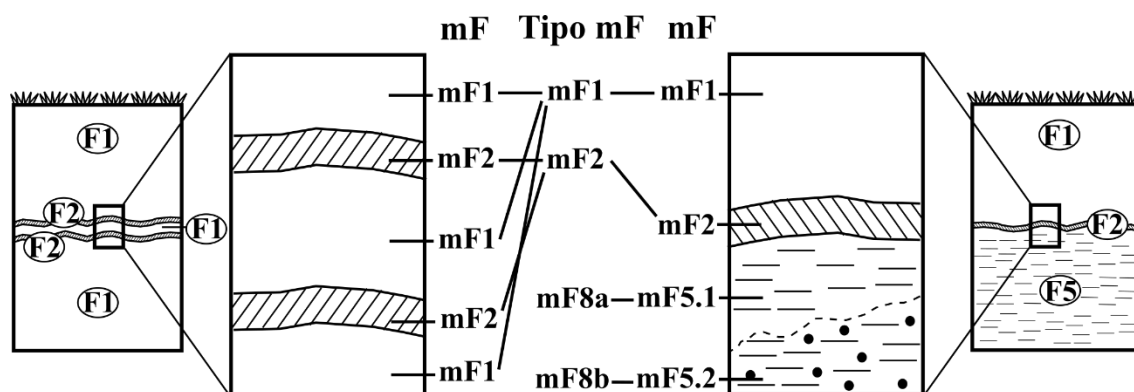


Figura 21 – Representação esquemática da análise de microfácies (mF) e de tipos de microfácies (tipo mF) no sítio Abrigo Maximiano. À esquerda, as mF1 e mF2 são, respectivamente, em seção delgada, as variações meso e microscópicas das F1 e F2 observadas na seção (macro)estratigráfica. À direita, em outra seção vertical do sítio, além das F1 e F2 e suas respectivas mF, observa-se uma fácies diferente, a F5, com duas subdivisões da mF5, uma delas não observada na escala macroscópica. No agrupamento de tipos de mF, no centro, os dois primeiros correspondem com as primeiras duas mF identificadas no sítio, mas os subtipos mF8a e mF8b têm uma numeração diferente da F e mF que caracterizam, pois a sequência de tipos foi numerada em outra parte do sítio antes de chegar na seção da direita.

Os resultados das observações foram inseridos em tabelas e arranjados segundo mF e tipo de mF correspondente, de acordo com a sequência: microestruturas, listadas da mais comum a menos comum na mF; porosidade, com os diferentes tipos de vazios e sua abundância; agregados ou pedes (*peds*) e as faixas de tamanho; razão grosso/fino (razão g/f), em porcentagens; distribuição relacionada g/f, seguindo a mesma ordem que as microestruturas; fração grossa, com destaque para componentes minerais e orgânicos (inclui constituintes inorgânicos de origem biológica como conchas e ossos) e sua abundância; micromassa, em termos de composição (argila, micrita, espato, cinzas, etc.), cor, limpidez (“limp.” nas tabelas, em PPL) e tessitura-*b* (ou fábrica de birrefringência, em XPL); pedocaracteres (*pedofeatures*, às vezes, feições pedológicas em português), classificados em impregnações (I), revestimentos (R), hipo-revestimentos (HR), quase-revestimentos (QR), preenchimentos (P) e nódulos (N). Para manter a fluidez, as tabelas foram inseridas nos APÊNDICES, se realizando uma descrição mais geral no texto.

4.5.2 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio

A análise da quantificação dos microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio derivados da queima de matéria vegetal (“cinzas calcíticas”) foi realizada segundo o protocolo de Gur-Arieh et al. (2013) e Gur-Arieh e Shahack-Gross (2020). A presente pesquisa oferece um dos primeiros usos desta técnica no Brasil.

Estudo de caso 1: buscou-se determinar a presença de cinzas calcílicas preservadas no sítio Abrigo do Alvo, para o qual não se dispõe de seções delgadas. Objetivou-se, ainda, comparar as concentrações dos diferentes contextos dos dois sítios, visando identificar áreas de atividades (e.g. feições de combustão) e diferenças na preservação de microvestígios.

Estudo de caso 2: procurou-se estabelecer diferenças entre o setor interno e o mais exposto às intempéries, devidas a diferentes formas de acumulação antrópica e processos pós-deposicionais atuantes.

O processamento das amostras foi realizado pelo autor no Laboratório de Microarqueobotânica do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (parte do LabMicro/MAE/USP), sob supervisão da Profa. Dra. Jennifer G. Watling. A pesagem e peneiragem prévias foram desenvolvidas pelo autor no IPEN - CNEN/SP.

Aproximadamente entre 30 e 40 mg de cada amostra foram pesados em balança Shimadzu Libror de precisão 0,0001% e após peneiradas, com ajuda de espátulas plásticas para desagregação do sedimento, em peneiras de polímero com abertura de 150 µm, e transferidas para tubos tipo Eppendorf. O sedimento foi levado para micro-tubos de centrifugação, onde foram adicionados, com uma micropipeta automática, 500 µl de solução de politungstato de sódio (denominado SPT, de fórmula $\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}) \cdot \text{H}_2\text{O}$) de uma densidade de 2,4 g/l, utilizado para flutuação e exame do material que fica em suspensão. Os micro-tubos foram então colocados em agitador vórtex para homogeneização da solução SPT-sedimento durante cerca de três segundos, e depois submetidos a um processo de sonicação (em banho de ultra-som) para desagregação da amostra durante 10 minutos. Uma última agitação em vórtex foi desenvolvida antes de serem extraídos, de forma imediata, 50 µl da solução para montagem em lâmina para microscopia. Uma lamínula de 24 x 24 mm foi colocada para cobertura.

A análise microscópica para contagem foi desenvolvida num microscópio de luz polarizada Leica D750P, acoplado com câmera, no Laboratório de Microarqueologia do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (LabMicro/MAE/USP), supervisionado pelas Profs. Jennifer G. Watling e Ximena S. Villagran. As lâminas foram observadas em até uma hora depois de terem sido montadas, devido ao fato da dissolução

dos microvestígios na solução ácida do SPT e a cristalização do SPT começarem após esse intervalo (Gur-Arieh; Shahack-Gross, 2020, p. 130). As contagens foram desenvolvidas sob 400 ampliações usando luz polarizada plana (PPL), sendo efetuadas, no caso do sítio Abrigo Maximiano, em 15 campos de observação aleatoriamente escolhidos na lâmina. No caso dos sítios Abrigo do Alvo e Roncador, foram contados 25 campos aleatórios devido à baixa (ou nula) densidade de microvestígios esperada.

O cálculo da concentração de cinzas de calcita pseudomorfa em uma grama de sedimento procedeu com as seguintes equações:

$$\frac{\text{no. de microvestígios contados}}{\text{área contada (mm}^2\text{)}} \times \text{área total da lamínula (mm}^2\text{)} \\ = \text{no. de microvestígios na lâmina em 50 } \mu\text{l} = A \quad (1)$$

$$\frac{A \times 10 (= \text{no. de microvestígios em solução (500 } \mu\text{l)})}{\text{massa inicial da amostra (mg)}} \times 1000 \\ = \text{no. de microvestígios em 1 g de sedimento} \quad (2)$$

onde a “área contada” na equação 1 é o produto da área medida de um campo de observação pelo número total de campos contados (e.g., 15), e a “área total da lamínula” é o produto de se multiplicar 24 mm x 24 mm (576 mm²). Enquanto a equação 1 calcula os microvestígios por embaixo da lamínula, a equação 2 estima a concentração em 1 g de sedimento ao considerar que o valor “A” obtido na equação 1 representa o 10% da amostra. Em alguns casos, a gota da solução de 50 µl montada na lâmina não ocupava a área total da lamínula requerida para a equação 1. Realizou-se, nesses casos, o cálculo da área específica ocupada pela gota, com ajuda da ferramenta CharTool (Snitker, 2020) do software de acesso aberto ImageJ, em fotomicrografias obtidas em lupa binocular Leica S9i no LabMicro/MAE/USP.

É preciso indicar que microvestígios não foram encontrados no sítio Abrigo Roncador (ver APÊNDICE 14).

4.5.3 Granulometria da fração terrígena

Estudo de caso 1: o intuito foi o de conhecer, para cada sítio, e comparar, entre os dois sítios e respectivas amostras externas, contribuições geogênicas e algumas potencialmente antropogênicas nas diferentes distribuições de tamanho que conformam os sedimentos. Diferenças nas proporções da fração argila com a profundidade e entre as quadras do fundo e frente do abrigo no caso do Alvo podem informar sobre a movimentação de água e consequente migração de argilominerais, permitindo compreender possíveis processos pedogenéticos (Lowe et al., 2018). A movimentação vertical d'água pode ajudar a compreender condições preservacionais diferentes para os ossos, entre o sítio Abrigo do Alvo e o sítio Abrigo Roncador. Mas a determinação do aporte de argilominerais advindos do próprio arenito dos abrigos ou de outras fontes fez também parte do objetivo da análise granulométrica.

Estudo de caso 2: procurou-se determinar as diferenças no aporte geogênico terrígeno no Abrigo Maximiano em termos de profundidade e entre as unidades de escavação da parte interna e mais exposta do abrigo. Como no caso anterior, diferenças nas frequências da fração argila podem orientar, com ajuda de outros indicadores, sobre migração de argilominerais em processos pedogenéticos no setor externo.

A remoção, tanto da matéria orgânica quanto dos carbonatos, consiste num procedimento habitual prévio à análise granulométrica. O fundamento principal por trás, é o da caracterização confiável das frações terrígenas (habitualmente só das pelíticas e psamíticas) ao facilitar a separação e dispersão dos agregados que se formam pela presença de revestimentos (e outras feições) de matéria orgânica, hidróxidos e carbonatos nos solos (Gee; Or, 2002, p. 257-259). Embora considere-se que a remoção da matéria orgânica via oxidação úmida com diversos reagentes, tipicamente o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), nunca é completa e que pode envolver a afetação ou dissolução de alguns minerais (Gross, 1971; Nelson; Sommers, 1996; Mikutta, 2005), estudos indicam ainda a importância desse pré-tratamento na desagregação e determinação precisa das frações finas (Jensen et al., 2017). Já o caso da remoção dos carbonatos é mais complexo, devido à escassez de estudos com diferentes tipos de solo/sedimento (Schulte et al., 2016). O ácido clorídrico (HCl) é o reagente habitualmente utilizado, embora dissolva também

carbono orgânico, alguns argilominerais, etc., e uma parte dos carbonatos possa ser removida com o H_2O_2 (Loeppert; Suarez, 1996; Nelson; Sommers, 1996; Gee; Or, 2002; Schulte et al., 2016).

Nesta pesquisa, seguiu-se uma combinação de pré-tratamentos com H_2O_2 30% e HCl 10%. O uso conjunto tem sido sugerido como método rápido para remoção de orgânicos e carbonatos em sedimentos coesivos (Vaasma, 2008), situação que aplica para muitas das amostras do sítio Abrigo Maximiano. A presença de fragmentos de concha de moluscos, junto com as cinzas e matriz calcária nesse sítio justificam o uso do HCl para uma correta separação e quantificação dos componentes terrígenos.

A remoção da matéria orgânica e dos carbonatos foram realizadas pelo autor tanto no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabSed/IGc/USP), sob supervisão do Prof. Dr. Paulo C. F. Giannini, da Dra. Jordana A. Zampelli e da Dra. Luciana Nogueira, quanto no IPEN - CNEN/SP.

Para remoção da MO, cerca de 30 g de cada amostra foram secados a $50^\circ C$, colocados em béqueres de vidro de 2000 ml e pesados em balança eletrônica. As amostras foram depois cobertas com H_2O_2 30 % e colocadas sobre placa aquecedora a $70^\circ C$. Manteve-se agitação com bastão de vidro e adição de H_2O_2 até o acabamento da reação, indicado pelo cese da efervescência e da formação de espuma. Em alguns casos, a amostra permaneceu por vários dias em solução para maior segurança do final da reação. Uma vez acabada a reação, os béqueres foram preenchidos com água destilada e o líquido passado por filtros de papel. O material filtrado foi secado em estufa a $50^\circ C$ por uma noite e possíveis materiais restantes foram retirados com ajuda de peneira.

Para a remoção dos carbonatos aproximadamente 15 g de cada amostra foram colocados em béqueres de vidro de 100 ml e pesados em balança eletrônica. As amostras foram cobertas com HCl 10%. Manteve-se agitação com bastão de vidro e, caso fosse necessário, adição de HCl até o acabamento da reação. Uma vez acabada a reação, os béqueres foram preenchidos com água destilada e o líquido passado por filtros de papel. O material filtrado foi secado em estufa a $50^\circ C$ por uma noite.

A análise de distribuição de tamanho das classes granulométricas terrígenas foi realizada com o instrumento Mastersizer 2000 da empresa Malvern Analytical, por meio do envio das amostras para o Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LCT/POLI/USP). O princípio utilizado pelo equipamento baseia-se na difração provocada pelas partículas num feixe de raios laser,

produzindo um padrão de espalhamento de baixo ângulo do campo de partículas (Malvern Instruments, 2007, p. 21). Foi utilizada a unidade de dispersão Hydro 2000MU, com meio dispersante água deionizada e duas até cinco gotas de hexametáfosfato de sódio 40% para defloculação do material pelítico. A concentração de sólidos (obscorescência) foi estabelecida entre 0 e 10 % e a velocidade da bomba de 2500 rpm. Cerca de 15 g do sedimento pré-tratado foram peneirados em malha de 1 mm, sendo, portanto, analisadas as frações até o tamanho areia muito grossa. A fração total passante em massa pela malha foi percentualmente calculada, o que permitiu ter, por diferença, uma estimativa da porcentagem do total de areia muito grossa e cascalho. O sedimento peneirado foi depois disperso e medido.

Para os sítios do Estudo de caso 1 foi realizada também o peneiramento em malhas de aberturas 2 e 1 mm com o principal objetivo de caracterizar o sinal antrópico macroscópico dos abrigos por meio da obtenção das inclusões (entre as faixas areia muito grossa e cascalho) nos sedimentos, que se somam aos artefatos e vestígios plotados e peneirados em campo (para o sítio Abrigo Maximiano essa possibilidade não existia), para estudar junto com os sinais microarqueológicos. O peneiramento foi realizado a seco em amostras de 250 ml de sedimento, pois esse foi o volume máximo do que se dispunha para o sítio Abrigo Roncador. Realizou-se o cálculo da densidade (relação massa/volume de sedimento), tanto do material coletado em campo quanto em laboratório, para cascalho, carvão e ossos (Chim, 2018).

O tratamento e apresentação dos resultados seguiu três estratégias: 1) Análise da distribuição na tabela Momento 4.xls do LabSed/IGc/USP, onde os dados dos relatórios da difração a laser foram inseridos segundo faixas granulométricas, obtendo-se as porcentagens relativas das classes de Udden-Wentworth e utilizando-se o método dos momentos de Pearson (Swan; Clague; Luternauer, 1979) para as estatísticas descritivas em phi (ver Tabelas 6 e 7) na escala logarítmica de Krumbein (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose); 2) Comparação da dispersão dos dados por quadras por meio de diagramas de caixa (*boxplots*), que forneceram de forma sintética os valores mínimos, primeiros quartis, mediana, terceiros quartis, máximos e *outliers*, e dos testes não paramétricos de Wilcoxon (duas quadras) e de Kruskal-Wallis (três ou mais quadras) realizados com o pacote *ggpubr* (Kassambara, 2020); 3) Comparação dos dados em profundidade, por meio de diagramas estratigráficos gerados com o pacote *tidypaleo* (Dunnington, 2021); 4) Obtenção das curvas de distribuição granulométrica para o exame

da moda, por meio da construção de histogramas e seus respectivos gráficos de linha (*line charts*). As curvas obtidas foram exatamente as mesmas do que as geradas pelo software associado ao instrumento.

A análise de tamanho de partículas com difração a laser tem sido questionada quando comparada com os métodos habituais em granulometria (Loizeau et al., 1994; Beuselinck et al., 1998; Pye; Blott, 2004). Algumas das críticas, e.g. a subestimação de partículas angulosas pelo instrumento assumir formas esféricas, não são exclusivas do método e residem em problemas mais gerais, no mencionado caso, na maneira em que a forma é usada como parâmetro de tamanho (Winkelmolen, 1982). No estudo de amostras de TPA, Arroyo-Kalin (2008, p. 103-104, Figura 41) detectou a formação de pseudo-silte no banho do instrumento, devido à agregação das partículas de argila e inclusões, o que conferia uma alta variação às medições repetidas para uma mesma amostra. Neste trabalho, além das cautelas consideradas nos pré-tratamentos, decidiu-se testar a reprodutibilidade na obtenção das curvas de distribuição, em particular no sítio Abrigo Maximiano, onde esperava-se uma seleção mais baixa. Três alíquotas de uma mesma amostra para cada fácies foram sujeitas à análise com intervalos de 5-10 minutos. Os resultados indicaram, no geral, uma boa replicabilidade nas distribuições (APÊNDICE 1).

Tabela 6 – Escala de classes granulométricas usada nesta pesquisa

Classe da partícula	Faixa de tamanho	Equivalente em phi
Matacão	>256 mm	<-8
Bloco ou calhau	64 mm – 256 mm	-6 até -8
Seixo	16 mm – 64 mm	-4 até -6
Seixo	4 mm – 16 mm	-2 até -4
Grânulo	2 – 4 mm	-1 até -2
Areia muito grossa	1000 – 2000 µm	0 até -1
Areia grossa	500 – 1000 µm	1 - 0
Areia média	250 – 500 µm	2 - 1
Areia fina	125 – 250 µm	3 - 2
Areia muito fina	63 – 125 µm	4 - 3
Silte grosso	31 – 63 µm	5 - 4
Silte médio	16 – 31 µm	6 - 5
Silte fino	8 – 16 µm	7 - 6
Silte muito fino	4 – 8 µm	8 - 7
Argila	<4 µm	>8

Tabela 7 – Classes de seleção granulométrica e suas equivalências em desvio padrão (Folk, 1974)

Seleção	Desvio padrão em phi
Muito boa	<0,35
Boa	0,35 – 0,50
Moderadamente boa	0,50 – 0,71
Moderada	0,71 – 1,00
Baixa	1,00 – 2,00
Muito baixa	2,00 – 4,00
Extremadamente muito baixa	>4,00

4.5.4 Parâmetros químicos básicos: carbono orgânico do solo (COS), carbonatos e pH

Estudo de caso 1: objetivou-se compreender: a) no caso do COS, os efeitos dos agentes biológicos (e.g. plantas, fauna do solo) que contribuem aos processos pós-deposicionais/pedogenéticos e permitem entender diferenças entre setores dos abrigos e entre os dois sítios, mas também dos seres humanos, que introduzem carvão e diferentes resíduos orgânicos nos depósitos (Costa; Kern, 1999; Sousa et al., 2015; Kolb, 2017; Lowe et al., 2018); b) no caso dos carbonatos, o efeito da contribuição antropogênica aos depósitos, principalmente no Abrigo do Alvo (de onde não há blocos intatos), sob a forma de cinzas calcíticas (calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio) produzidas na queima de plantas, mas também da fração carbonática dos ossos (ver seções 3.3.1 e 3.3.2). Em princípio, além de algumas carapaças de caramujo detectadas na escavação, não haveria outra fonte de adição de CaCO_3 nos dois sítios, devido às suas características litológicas, mas isso foi submetido à comparação com amostras externas. A determinação do pH teve o objetivo de estabelecer condições atuais de acidez ou alcalinidade que têm um grande efeito na estabilidade dos ossos (Gordon; Buikstra, 1981; Karkanas et al. 2000, 2002; Berna et al. 2004).

Estudo de caso 2: A análise COS teve o mesmo objetivo que no caso anterior. A determinação dos carbonatos no Maximiano, além de indicar a possível contribuição das cinzas foi fundamental para quantificar o aporte das conchas de moluscos. Além disso,

por estar inserido num meio cárstico, considerou-se informativo sobre o aporte geogênico endógeno, derivado da dissolução da rocha do abrigo. O teor de carbonatos foi considerado, portanto, um indicador genérico do aporte dos minerais carbonáticos, devido a que uma quantificação específica das cinzas de calcita pseudomorfa foi efetuada (seção 4.5.2). Como no caso 1, o estudo do pH visou compreender as condições preservacionais dos diferentes materiais presentes no abrigo, que além dos ossos de fauna inclui remanescentes humanos e material malacológico (Weiner, 2010).

Para determinação do COS as amostras foram enviadas para o Laboratório de Análise Química do Solo, Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (LSO/ESALQ/USP). Empregou-se o procedimento de extração de Walkley-Black modificado por Camargo et al. (2009, p. 18-19), que envolve oxidação da MO via úmida com solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em ácido sulfúrico (H_2SO_4), com determinação por titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal. O carbono quantificado é aquele presente em materiais orgânicos de fácil oxidação (e.g. resíduos de animais e de plantas), não sendo contabilizado a fração do carbono dos materiais carbonatados (i.e. inorgânico). O cálculo do teor de COS se efetua por meio da fórmula

$$\%C = \frac{(10 - V_2 \times f \times 0,5) \times 0,4}{p} \quad (3)$$

onde V_2 é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, f é o fator da relação entre o dicromato e o sulfato ferroso amoniacal e p é a massa da amostra. O teor de MO foi calculado como o valor obtido na equação (3) multiplicado pelo número 1,725 (Camargo et al., 2009, p. 19), conhecido como o fator de Van Bemmelen. O fator de conversão habitualmente usado na literatura é de 1,724, apesar de ser um número altamente questionado (ver Nelson; Sommers, 1996; Pribyl, 2010). No entanto, como sugerido por Nelson e Sommers (1996), o apropriado é sempre utilizar o fator provido pelo laboratório que foi, neste caso, o de 1,725 do protocolo de Camargo et al. (2009).

Para determinação dos carbonatos, utilizou-se o procedimento da perda por ignição ou LOI, pela sua sigla em inglês (*loss on ignition*). A LOI consiste num método simples, rápido e barato, utilizado em muitas ciências, da pedologia à paleolimnologia,

para determinação do carbono orgânico e do teor de carbonatos (a rigor, do carbono inorgânico dos carbonatos, ver mais abaixo) em amostras de sedimento (Dean, 1974; Stein, 1984; Nelson; Sommers, 1996; Heiri; Lotter; Lemcke, 2001; Birks; Birks, 2006; Kolb, 2017). O princípio do método baseia-se na análise térmica diferencial, que estabelece que: a MO, quando exposta à ignição num forno mufla, começa ser queimada por volta dos 200°C e é totalmente queimada aos 550°C; o CO₂ do CaCO₃ começa ser evoluído por volta dos 800°C, sendo completamente evoluído a partir dos 850°C (Dean, 1974; Santisteban et al., 2004). O método vem sendo utilizado na geoarqueologia nas últimas décadas, tanto em sítios a céu aberto quanto em abrigos e cavernas (e.g., Arroyo-Kalin, 2008, 2009; French; Sulas; Madella, 2009; Milek; Roberts, 2013; Inglis et al., 2018; Lowe et al., 2018; McAdams et al., 2020). Existem numerosos protocolos de LOI, derivados de diversas comparações com outros métodos e com diferentes tipos de solo/sedimento. Nesta pesquisa, foi empregado o protocolo de Heiri, Lotter e Lemcke (2001), amplamente citado, que está fundado numa extensiva comparação inter-laboratorial e na análise de diferentes contextos e variáveis.

As análises de LOI foram realizadas pelo autor no laboratório do Grupo de Estudos Arqueométricos do IPEN - CNEN/SP. Entre 3 e 5 g de amostra macerada e peneirada segundo o procedimento a ser destacado na seção 4.5.5.2, foram pesados em balança eletrônica de precisão 0,1% para determinação da massa úmida. Tanto a amostra quanto um cadinho vazio de porcelana foram levados à estufa numa temperatura de 105°C por 24 horas para secagem d'água higroscópica. A amostra foi retirada da estufa e levada para o dessecador até atingir uma temperatura ambiente. A massa seca inicial da amostra e do cadinho a 105°C foi então determinada e, na sequência, o cadinho contendo a amostra foi inserido na mufla e submetido a uma temperatura de 550°C durante quatro horas para combustão da MO. Terminado o processo, a amostra foi levada para o dessecador e teve a massa determinada. A LOI 550°C foi então calculada segundo a equação (4):

$$LOI\ 550^{\circ}C\ (\%) = \left(\frac{Ms\ 105^{\circ}C - Ms\ 550^{\circ}C}{Ms\ 105^{\circ}C} \right) * 100 \quad (4)$$

onde $Ms\ 105^{\circ}C$ é a massa seca inicial (em gramas) da amostra a 105°C, e $Ms\ 550^{\circ}C$ é a massa seca da amostra (em gramas) após a combustão a 550°C.

Em seguida, a amostra foi levada à mufla, após ter atingido uma temperatura de 950°C, por um período de duas horas para evolução do CO₂ do CaCO₃. Finalizada a queima e após deixada em dessecador, a amostra teve mais uma vez a massa determinada. A LOI 950°C foi calculada de acordo com a equação (5):

$$LOI\ 950^{\circ}C\ (\%) = \left(\frac{Ms\ 550^{\circ}C - Ms\ 950^{\circ}C}{Ms\ 105^{\circ}C} \right) * 100 \quad (5)$$

onde *Ms* 550°C é a massa seca da amostra (em gramas) após a combustão a 550°C, *Ms* 950°C é a massa seca da amostra (em gramas) após a combustão a 950° e *Ms* 105°C é, novamente, a massa seca inicial (em gramas) da amostra a 105°C. O material remanente no cadinho após a queima, como porcentagem da massa seca inicial, é conhecido como resíduo ou LOI Res nesta pesquisa (Santisteban et al., 2004).

É preciso fazer duas considerações adicionais sobre o método utilizado: 1) a combustão aos 550°C pode ocasionar a perda tanto d'água estrutural de alguns argilominerais e óxidos, quanto do carbono inorgânico de alguns minerais, influenciando na porcentagem da LOI 550°C (Dean, 1974; Heiri; Lotter; Lemcke, 2001); 2) o cálculo do teor de carbonatos pode, em tese, ser realizado a partir da LOI 950°C, considerando as massas moleculares das diferentes frações envolvidas (e.g. do CO₂ liberado, do CaO restante). No primeiro caso, preferiu-se utilizar, para determinação do COS, apenas o método de Walkley-Black modificado, já citado. No entanto, como a LOI 550°C foi utilizada para o cálculo da LOI 950°C, decidiu-se comprovar a relação entre a primeira e a perda efetiva do carbono orgânico antes da segunda queima, sendo a correlação com o COS medido, sempre positiva, alta e significativa, maior no caso do sítio Abrigo Roncador ($R^2 = 0,94$, $p = 0,00015$), seguido pelo Abrigo do Alvo ($R^2 = 0,87$, $p = 2,5e-11$) e o Abrigo Maximiano ($R^2 = 0,87$, $p = 5,8e-11$) (ver os resultados nas seções 5.1.3, 5.2.3 e 6.5). Já no segundo quesito, preferiu-se não realizar o cálculo da porcentagem da LOI para teor de carbonato, reportando os dados como LOI 950°C, como é prática frequente na literatura geoarqueológica (Milek; Roberts, 2013; McAdams et al., 2020). Em todo caso, foi levado em consideração que a LOI é apenas um método qualitativo, e que deve ser utilizado com cautela segundo o tipo de sedimento analisado (Santisteban et al., 2004).

A análise de pH foi também realizada no LSO/ESALQ/USP, com base no método descrito em Teixeira, Campos e Saldanha (2017a, p. 199-202). A determinação foi efetuada em água e em solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L⁻¹ em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5.

A análise dos resultados envolveu: 1) Comparação dos dados em profundidade, por meio de diagramas estratigráficos gerados com o citado pacote *tidypaleo* (Dunnington, 2021); 2) Comparação da dispersão dos dados por quadras por meio de *boxplots* e dos testes não paramétricos de Wilcoxon (duas quadras) e de Kruskal-Wallis (três ou mais quadras) realizados com o citado pacote *ggpubr* (Kassambara, 2020).

4.5.5 Elementos majoritários e análise composicional multi-elementar

O objetivo geral dessas análises na pesquisa foi o de se determinar as concentrações de elementos de diversos grupos da tabela periódica e de outras formas elementares (fósforo disponível para as plantas e cátions em solução), com o intuito de compreender variações geoquímicas atribuíveis a diferentes origens, tanto antrópicas quanto não antrópicas.

Estudo de caso 1: procuraram-se diferenças na composição de elementos majoritários, minoritários e traços das amostras do sítio Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador como base para a determinação de distintas histórias deposicionais e pós-deposicionais. Foram medidos os elementos majoritários P, Ca, Mg e Mn, por serem indicadores habituais de contribuições humanas, e os elementos Al, Si e Ti por assinalarem o aporte geogênico. No caso do elemento P, foi medido tanto o teor total, como P₂O₅, quanto o P disponível para as plantas (biodisponível), que inclui o P na solução do solo e a fração lábil do P inorgânico (Holliday; Gartner, 2007, p. 313; Kolb, 2017, p. 19). No caso dos elementos Ca, K e Mg, foram medidos os teores totais e as formas trocáveis no solo (Ca²⁺, K⁺ e Mg²⁺)²⁸. Alguns elementos no nível de traço, que incluem elementos terras raras, foram

²⁸ Há mais uma justificativa para a medição do P disponível e as bases trocáveis, para além das formas totais. Eles são tipicamente medidos em análises feitas por cientistas do solo e agrônomos/as trabalhando no Brasil em solos antrópicos como as TPA (e.g. Costa; Kern, 1999; Costa et al., 2009; Glaser; Birk, 2012), mas também em abrigos e cavernas (Vasconcelos et al., 2013; Sousa et al., 2015). A medição nesta pesquisa permite uma comparação com esses trabalhos que são, até hoje, mais numerosos.

medidos junto com outros elementos como o Fe, Na e K, para se determinar grupos composicionais que apontem para unidades estratigráficas com sinal genético comum.

Estudo de caso 2: objetivou-se detectar diferenças na composição de elementos majoritários, minoritários e traços entre fácies da parte mais interna e da mais exposta às intempéries, que pudessem ser indicativas de distintas origens (e.g., geogênica vs. antropogênica). Aplicou-se a mesma estratégia do que no Estudo de caso 1.

4.5.5.1 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos

A análise de P disponível foi realizada no LSO/ESALQ/USP com base na solução extratora Mehlich-1, seguindo-se método descrito em Teixeira, Campos e Saldanha (2017b, p. 203-208). O procedimento consistiu, de forma simplificada, na adição de HCl 0,05 mol L⁻¹ e de H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ a aproximadamente 10g de solo, na agitação, decantação e posterior adição de solução de molibdato de amônio e ácido ascórbico como redutor. Realizou-se, posteriormente, uma leitura da densidade ótica para determinação do P, por meio de colorimetria em espectrofotômetro UV-Vis. Os cálculos realizados detalham-se em Teixeira et al. (2017b, p. 206).

As determinações dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e K⁺ foram também realizadas no LSO/ESALQ/USP. Utilizou-se nos três primeiros casos solução extratora de KCl 1 mol L⁻¹, conforme método descrito em Teixeira et al. (2017, p. 209-224). De forma breve, o procedimento consistiu na adição de solução de KCl 1 mol L⁻¹ a aproximadamente 10g de solo, na agitação, e preparação de três alíquotas de 25 ml da parte sobrenadante da solução para determinação do Ca, Mg e Al trocáveis. Para a quantificação dos elementos Ca e Mg trocáveis foi utilizada espectrometria de absorção atômica, enquanto o Al trocável foi calculado por meio de titulometria. As equações encontram-se em Teixeira et al. (2017, p. 213, p. 223-224). A determinação do K⁺ foi realizada com base na solução extratora Mehlich-1, como no caso do P disponível, conforme método descrito em Teixeira et al. (2017, p. 224-232). Após a extração, efetuou-se a leitura em fotômetro de chama e foram aplicados os cálculos descritos em Teixeira et al. (2017, p. 226-228).

Para análise dos teores totais de elementos majoritários de interesse, empregou-se a técnica de Fluorescência de Raios X (XRF, por suas siglas em inglês). A XRF baseia-

se na excitação dos elementos de uma amostra com raios X (geralmente provindos de um tubo de raios X) para provocar a ejeção dos elétrons das diferentes camadas dos átomos e o posterior preenchimento dos espaços vacantes com elétrons das camadas mais afastadas dos núcleos atômicos (Shackley, 2011, p. 16-17; Endo, 2017, p. 25-29). As perdas de energia produzidas pelos elétrons nessas transições (devido ao fato de as camadas mais externas terem ligações mais energéticas) são emitidas na forma de radiação fluorescente ou simplesmente de raios X característicos, de energia bem conhecida para cada elemento, que são capturados num detector e medidos (Endo, 2017). A técnica apresenta diversas vantagens, dentre elas, o fato de ser não destrutiva da amostra (dependendo da forma de preparo da amostra), a rapidez da análise e a facilidade de uso (Shackley, 2011, p. 8-9). Em parte devido a essas vantagens como pelo fato de determinar de forma rápida elementos indicativos da ação humana (e.g. P, Mg, Ca, K) a XRF ocupa um lugar de destaque na geoarqueologia de processos de formação, tanto com o uso de instrumentos de bancada como com os portáteis e as mais recentes abordagens microcontextuais (e.g., Villagran; Giannini; De Blasis, 2009; Araujo et al., 2013; Brandão, 2018; Braadbart et al., 2020; McAdams et al., 2020; Marcazzan; Miller; Conard, 2022).

A XRF foi realizada por meio do envio das amostras para o citado LCT/POLI/USP. Cerca de 30 g de cada amostra foram moídos, peneirados e fundidos com tetraborato de lítio para obtenção de pérolas moldadas homogêneas. Os teores dos óxidos Al_2O_3 , CaO , MgO , MnO , P_2O_5 , SiO_2 e TiO_2 foram obtidos em espectrômetro de fluorescência de raios X modelo Zetium da marca Malvern Panalytical, por meio da comparação com materiais de referência certificados.

Os resultados foram analisados por meio dos mesmos dois procedimentos mencionados na seção anterior, i.e., a comparação dos dados em profundidade, com diagramas estratigráficos, e a comparação da dispersão dos dados por quadras com *boxplots* e testes não paramétricos de Wilcoxon (duas quadras) e de Kruskal-Wallis (três ou mais quadras). No caso da XRF, foram realizados diagramas de dispersão (*scatter plots*) para examinar as relações entre a SiO_2 , tomada como componente terrígeno dominante, e os elementos informativos sobre contribuições humanas aos sedimentos, por meio dos pacotes do R *ggplot2* (Wickham, 2016), *dplyr* (Wickham et al., 2023) e *ggpubr* (Kassambara, 2020). Por fim, para uma comparação das variáveis comuns analisadas nos sítios do Estudo de caso 1, realizou-se uma análise de componentes principais (PCA, pela sua sigla em inglês). A PCA é um procedimento multivariado de ordenação que

transforma um conjunto de dados possivelmente correlacionados para determinar a direção e magnitude da variância máxima, obtendo um conjunto menor ou igual de variáveis não correlacionadas denominadas “componentes principais” (Glascock, 1992, p. 17; Jolliffe, 2002). As análises foram realizadas com os pacotes de R *FactoMineR* (Lê; Josse; Hudson, 2008) e *factoextra* (Kassambara; Mundt, 2020) com projeção das variáveis e dos indivíduos (amostras) em gráficos de *biplot*, editados com *ggplot2* (Wickham, 2016) e *ggpubr* (Kassambara, 2020).

4.5.5.2 Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (INAA, por suas siglas em inglês)

A INAA é uma técnica química quantitativa que se baseia no bombardeamento, com nêutrons produzidos num reator nuclear de pesquisa (dentre outras fontes possíveis), dos elementos presentes numa amostra para formar isótopos radioativos artificiais que são identificados e medidos (Verma, 2007; Bode, 2017; Munita; Glascock; Hazenfratz, 2019). A versão instrumental da análise, a INAA, não requer de procedimentos de preparação nem separação química da amostra, como sim acontece com outras formas. A radiação gama emitida por cada radioisótopo no processo é capturada por um detector de germânio hiperpuro e analisada por espectrometria (ver APÊNDICE 2). Dentre as vantagens que a técnica apresenta encontram-se a facilidade de preparo das amostras, o pequeno tamanho de amostra requerida, a análise inteira da amostra (não apenas de um setor) e a precisão e exatidão na medição de vários elementos no nível de traço (Bishop, 1992; Verma, 2007; Bode, 2017; Glascock, 1992, 2019).

Algumas das desvantagens da INAA podem explicar, em parte, o seu pouco frequente uso na geoarqueologia de processos de formação dos depósitos. Dentre elas, destacam-se a não detecção do elemento P devido a sua seção de choque muito pequena (Verma, 2007, p. 268), indicador habitual de aporte antrópico, e a cada vez menor disponibilidade de reatores de pesquisa no mundo (Speakman; Glascock, 2007; Bishop, 2017). Devido à sua habilidade para caracterizar comportamentos geoquímicos diferentes, a principal aplicação na arqueologia é o estudo da proveniência das pastas cerâmicas, obsidiana e outros materiais (Glascock, 1992, 2019; Speakman; Glascock, 2007; Munita et al., 2020). É justamente essa possibilidade de *fingerprint* diferenças num grão mais fino o que justifica o uso de técnicas que medem elementos minoritários e traço no estudo de

sedimentos arqueológicos (Linderholm; Lundberg, 1994; Wilson; Davidson; Cresser, 2008; Gallelo et al., 2013). Essa mesma justificativa, e as vantagens acima resenhadas, motivaram o uso da INAA nesta pesquisa.

A preparação, contagem e a análise inicial foram realizadas pelo autor no laboratório do Grupo de Estudos Arqueométricos do IPEN - CNEN/SP, sob a coordenação do Prof. Dr. Casimiro S. Munita.

As amostras foram submetidas a um procedimento de preparo para geração de um pó uniforme e de textura fina. Amostras com massa aproximada de 1 g foram maceradas com almofarizes e pistilos de ágata. Depois de utilizados, os almofarizes e pistilos foram lavados com detergente e enxaguados com água deionizada, sendo posteriormente aplicada, na concavidade de cada almofariz, uma solução de água ultrapura Milli-Q® com aproximadamente 5 ml de ácido nítrico (HNO₃). Após um período de 24 horas, a solução foi retirada dos almofarizes e ambas as partes foram submetidas a uma nova lavagem com água ultrapura Milli-Q®. Depois de maceradas, as amostras foram passadas em peneiras de polímero com abertura de 100 *mesh* ou 149 µm e o pó resultante foi guardado em recipientes de polietileno, rotulados com o código correspondente. As peneiras foram também submetidas a um processo de lavagem após cada uso, com uma escova de cerdas macias, aplicação de detergente e enxágue com água ultrapura Milli-Q®. O pó resultante de cada preparo foi levado à estufa numa temperatura de 105°C por 24 horas para secagem prévia à preparação das amostras para irradiação.

Aproximadamente entre 100 e 120 mg de cada amostra foram pesados em balança Shimadzu Libror de precisão 0,0001%, dentro de invólucros de polietileno (Figura 22a), os quais foram, em seguida, colocados em folhas de celofane e selados com seladora. Os invólucros foram envoltos em folhas de papel alumínio (Figura 22b). Uma série de seis a sete amostras preparadas, juntamente com, aproximadamente, 120 mg do material de referência *Standard Reference Material – NIST-SRM 1633b - Constituent Elements in Coal Fly Ash* e do material certificado (RM) *ISE-2015-1* (International Soil-Analytical Exchange, 2015), independentemente pesados, selados e envoltos, foram arranjadas em forma de pilha e envoltas numa outra folha de alumínio. Essa pilha (contendo seis/sete amostras e dois padrões) foi colocada num invólucro cilíndrico de alumínio (“coelho”) e enviada para irradiação (Figura 22c, d).

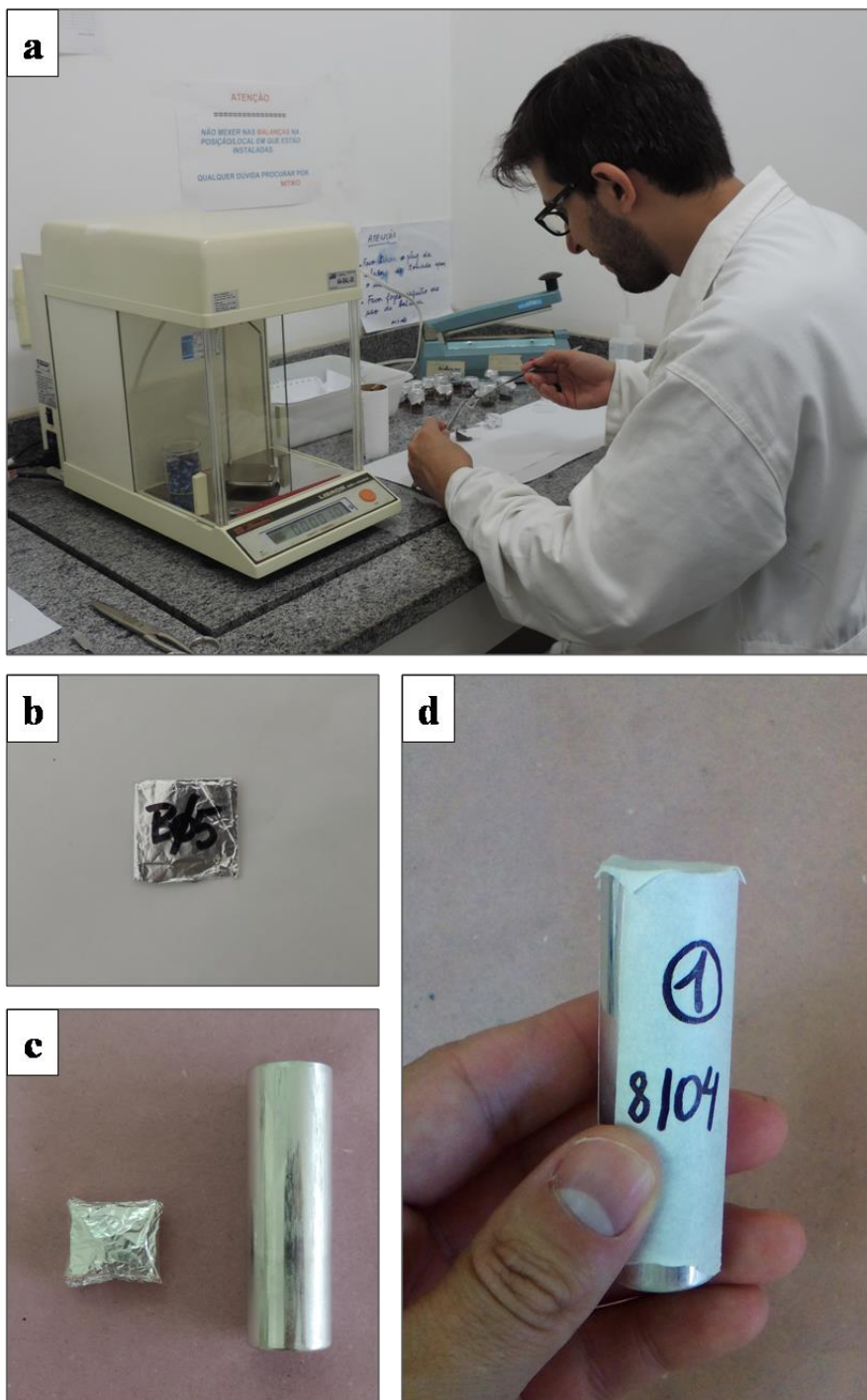


Figura 22 – Preparação de amostra para irradiação. Uma fração do pó é inserida num invólucro de polietileno e pesada (a), envolta em alumínio (b), e depois arranjada com outras amostras (c, esquerda) dentro de um invólucro cilíndrico de alumínio (“coelho”) (c, direita; d). Fotos: Nicolás Batalla.

As amostras foram submetidas a irradiação por 8 horas no Reator IEA - R1 do IPEN - CNEN/SP (no Centro do Reator de Pesquisas ou CERPq), sob um fluxo de nêutrons térmicos da ordem de $1,33 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Depois de irradiado, o invólucro de alumínio foi aberto, as amostras retiradas do seu papel alumínio, inseridas

individualmente em cápsulas de polímero e deixadas em castelinhos de chumbo por um período de cinco a sete dias.

As medidas da atividade gama induzida pela irradiação foram realizadas usando um detector de germânio hiperpuro, num espectrómetro de raios gama modelo GX1925 da empresa Canberra. A resolução do equipamento é de 1,90 keV no pico de 1332,5 keV do ^{60}Co , acoplado ao analisador multicanal S-100 MCA com 8192 canais.

As amostras foram medidas duas vezes: a primeira após cinco a sete dias de decaimento, para determinar os elementos K, La, Lu, Na, Nd, Sm, e Yb e, após 25-30 dias para determinar os elementos Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Sc, Ta, Th e Zn (Munita, 2005). O tempo da contagem foi de 1200 ou 1800 segundos no primeiro caso, e de 3600 segundos no último caso. Os espectros foram analisados usando o programa *Genie 2000 - NAA Processing Procedure*, desenvolvido pela Canberra.

A estratégia de análise dos dados obtidos por meio da INAA envolveu uma sequência típica para a discriminação de grupos composicionais (Glascok, 1992, 2019; Munita et al., 2020). Em primeiro lugar, realizou-se um controle de qualidade analítico, a partir do estudo dos dados obtidos para as amostras do material de referência (RM) *ISE-2015-1* para determinar tanto a precisão, i.e. a reprodutibilidade da análise ou grau de concordância entre valores obtidos de maneira repetida em objetos semelhantes, quanto a exatidão ou proximidade de uma medição elementar à sua concentração na amostra (Bishop, 1990). A análise da precisão permite estabelecer quais das variáveis (elementos) medidas nas amostras de sedimento do sítio devem ser preservadas e quais descartadas das futuras análises. Para identificação de dados discrepantes (*outliers*) nas concentrações elementares do RM, foi utilizado o método de determinação com base na distribuição do desvio relativo, ou distribuição de r (Nalimov, 1963, p. 58), segundo a equação

$$r_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad (7)$$

onde r_i é a distribuição do desvio relativo para o valor mínimo ou máximo obtido para o elemento (a variável), x_i é o valor (mínimo ou máximo), \bar{x} é a média da amostra, s é o desvio padrão amostral, e n o número de casos. Os valores experimentais (ou valores encontrados) foram comparados com os valores tabelados (APÊNDICE 1/Tabela2) para

um nível de significância de 0,05. A premissa é que se o valor do $r_{\text{máximo}}$ e o valor do $r_{\text{mínimo}}$ forem inferiores do que o valor tabelado se considera que não há valores anômalos.

Em segundo lugar, a análise dos resultados envolveu: 1) Comparação visual das concentrações elementares transformadas a logaritmo decimal de diferentes quadras e setores por meio de diagramas de aranha gerados com os pacotes de R *ggplot2* (Wickham, 2016), *dplyr* (Wickham et al., 2023) e *ggpubr* (Kassambara, 2020); 2) Identificação de grupos composicionais mediante análise de cluster (*cluster analysis*) hierárquico com o método de Ward e empregando distância euclidiana quadrática, que considera a similaridade a partir da soma dos quadrados dos erros da variância mínima, tomando cada agrupamento como centro e movendo o centróide para a posição média em caso de fusão de grupos, realizado com o pacote *dendextend* (Galili, 2015); 3) Diferenciação dos grupos obtidos pela análise de cluster por meio de análise discriminante linear (LDA, pelas siglas em inglês), técnica de redução da dimensionalidade amostral que se baseia na construção de funções discriminantes que maximizam o escore total de espécimes de cada grupo ao tempo que minimizam o escore total dos que pertencem ao resto dos grupos (Munita et al., 2005, p. 169-170), por meio dos pacotes *ggplot2* (Wickham, 2016), *MASS* (Venables; Ripley, 2002), *ellipse* (Bates; Watts, 1988; Murdoch; Chow, 1996) e *ggpubr* (Kassambara, 2020).

4.5.6 Análises moleculares por espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (espectroscopia FTIR, por suas siglas em inglês)

Estudo de caso 1: a finalidade foi a de conhecer os materiais cristalinos, amorfos e orgânicos que permitam entender as assinaturas sedimentológicas e multi-elementares das fácies dos dois abrigos e dos pontos *off-site*; no caso do sítio Abrigo Roncador, foi também importante para comparar com os dados micromorfológicos. A ênfase esteve na possível detecção de minerais autigênicos, como é o caso de alguns fosfatos caracterizados com essa técnica em sítios abrigados e já sintetizados na seção 3.3.4, que pudessem explicar condições diferentes de estabilidade para o material ósseo nos sítios. A caracterização dos argilominerais também teve importância na detecção de sinais de alteração térmica (Berna, et al., 2007; Forget et al., 2015).

Estudo de caso 2: o objetivo principal do uso da espectroscopia FTIR é o mesmo que no Estudo de caso 1. No sítio Abrigo Maximiano, porém, a ênfase esteve em entender a ampla variedade de materiais introduzidos pelas atividades humanas, como as cinzas calcílicas e os ossos, para os quais a técnica tem uma provada boa resolução.

A espectroscopia FTIR permite a identificação de materiais inorgânicos e orgânicos (compostos e misturas) numa amostra por meio da detecção e medição da quantidade de luz absorvida na região de infravermelho do espectro eletromagnético (comprimentos de onda de entre 700 nm e 1 mm, ou ao redor de 50 até 5000 cm^{-1} números de onda) (Berna, 2017; Monnier, 2018). Diferentes grupos funcionais (oxidrilas, amidas, carbonatos, fosfatos) possuem vibrações moleculares em frequências específicas na faixa de infravermelho, o que permite a geração de um interferograma do feixe de luz infravermelha que atravessa a amostra, que é depois convertido para um espectro mediante um cálculo matemático conhecido como transformada de Fourier (Smith, 2011). O método mais estendido para preparo de amostras sólidas é a amostragem de transmissão, que envolve inserir a amostra em, ou misturá-la com, um material transparente ao infravermelho para criar um disco que será após atravessado pelo feixe. O brometo de potássio (KBr) é utilizado com frequência como meio transparente ao infravermelho em análises em modo de transmissão (Weiner, 2010).

Neste trabalho, pastilhas foram preparadas por meio da mistura de dezenas de microgramas de sedimento e até 50 mg de KBr. As amostras foram inicialmente maceradas com almofariz e pistilo de ágata para obtenção de um pó uniforme. Em seguida, o pó foi transferido com ajuda de uma pequena espátula para um disco inserido num suporte metálico circular e, uma vez coberto com tampa metálica, foi submetida a uma pressão de 1,8 toneladas numa prensa manual. O disco com a fina pastilha formada pela alta pressão foi então inserido no suporte de amostras do instrumento. As amostras foram analisadas em modo de transmissão em espectrômetro FTIR modelo Thermo Scientific Nicolet iS5. Os espectros foram coletados na região do médio infravermelho (ou infravermelho vibracional), entre 4000 e 400 cm^{-1} , registrando-se 32 escaneios numa resolução de 4 cm^{-1} . Um espectro de fundo foi coletado antes do escaneio da amostra para controle do efeito d'água e do dióxido de carbono (Weiner, 2010, p. 278). Para cada amostra, entre dois e seis subamostras, tanto do mesmo pó preparado ou de um novo, foram analisadas para controle da variabilidade e do ruído de fundo do espectro. O

software utilizado para processamento dos espectros foi o *Omnisc 9.6.251* desenvolvido pela Thermo Scientific.

Para a interpretação dos espectros, utilizou-se a livraria *Infrared Standards Library* do Kimmel Center for Archaeological Science, do Weizmann Institute of Science, do Israel, publicada por Weiner (2010) e disponível em acesso aberto em: <https://centers.weizmann.ac.il/kimmel-arch/infrared-spectra-library>.

4.5.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (SEM, por suas siglas em inglês) com Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS, por suas siglas em inglês)

Esta técnica foi utilizada unicamente no Estudo de caso 2. O objetivo do seu uso foi o de determinar a presença e composição de elementos majoritários de componentes da micromassa em microfácies de camadas lenticulares e lâminas que não puderam ser amostradas para mineralogia e/ou que se apresentaram altamente obliteradas pelo teor orgânico (ver seção 6.2).

A SEM baseia-se na irradiação com um feixe de elétrons de uma área específica da amostra, em duas direções perpendiculares simultâneas cobrindo áreas quadradas ou retangulares num padrão de varredura conhecido como *raster*, que permite a geração de uma imagem de uma alta resolução de entre 1 e 10 nm (ver Egerton, 2005). Os microscópios eletrônicos de varredura possuem habitualmente detectores de elétrons secundários, que são os ejetados dos átomos da amostra como resultado do espalhamento inelástico na interação com o feixe de elétrons incidente, e detectores de elétrons retroespalhados (BSE, pelas siglas em inglês), que são os ejetados por espalhamento elástico num ângulo maior de 90 graus a maiores profundidades de penetração da amostra. Devido à fração dos elétrons primários ejetados como BSE ser proporcional ao número atômico, esse modo é utilizado para gerar imagens com contraste de tons de cinza devidos à composição química da amostra (Egerton, 2005, p. 137-138). Os sistemas SEM são habitualmente equipados com sistemas de microanálise EDS, que recebem a diferença de energia produzida na ejeção dos elétrons de diferentes camadas no processo de substituição dos espaços vacantes, na forma de espectros de raios-X característicos dos átomos presentes. Isso permite o mapeamento elemental das superfícies sujeitas à varredura.

Nesta pesquisa, a análise por SEM/EDS foi realizada em dois dos blocos impregnados (H e I) com resina de poliéster para micromorfologia. As análises foram realizadas no LCT/POLI/USP pela Dra. Liz Zanchetta, com acompanhamento do autor. Os blocos foram cortados em fatias de espessuras menores e, na sequência, foram impregnadas com resina epóxi transparente Epofixa da Struers. Três seções foram polidas em politriz da Struers, modelo Tegramin 30.

As observações foram efetuadas em microscópio eletrônico de varredura da marca Thermo Fisher Scientific, modelo Quanta 650 FEG. Foram utilizados dois detectores de EDS, tecnologia SDD, da marca Bruker, dos modelos XFlash 4030 e XFlash 6-60. O software analisador foi o Esprit, v.2, também da Bruker.

5 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 1

O presente Capítulo descreve os resultados dos distintos indicadores analisados para os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador. Para ambos os sítios foi realizada uma sistematização dos dados de campo, com apresentação das seções estratigráficas e das plantas escavadas. Na sequência, são apresentados os resultados das análises laboratoriais, começando pela microscopia (apenas observação de microvestígios no caso do Alvo e apenas micromorfologia no Roncador), seguindo pelos Parâmetros químicos básicos, os elementos majoritários, a INAA e, por fim, o FTIR.

5.1 Sítio Abrigo do Alvo

Conforme mencionado, o sítio Abrigo do Alvo foi o único para o que se dispunha de amostras de sedimento ao começo da pesquisa, com a exceção de algumas das amostras analisadas do sítio Abrigo Maximiano. De acordo com o também referido, devido ao fato dessas coletas terem sido realizadas em planta ao invés de na seção vertical, foi necessário relacionar as primeiras (as UP) com as unidades estratigráficas (U) reconhecidas na segunda, para se ter amostras comparáveis com as coletas de colunas verticais realizadas no sítio Abrigo Roncador. Os procedimentos seguidos foram detalhados na seção 4.1.1.

A Figura 23 apresenta a seção vertical do Abrigo do Alvo, desde a parede até a área externa, abarcando a seção N das quadras G12, H12, I12 e J12. Por sua vez, o setor do abrigo onde fora coletada a amostra de colúvio e destacado na Figura 24. Foi identificado, de acordo com as descrições e fotografias disponíveis de campo, um total de 16 unidades estratigráficas (incluindo as subunidades), sendo 12 delas visíveis na seção. O desenho aqui apresentado incorpora duas modificações às camadas identificadas em campo para a quadra G12: acrescentou-se uma unidade de pouco menos de 4 cm no topo (U1), visível nas fotografias e que foi relacionada com a primeira planta escavada; eliminou-se uma pequena camada um pouco mais escura vista na porção leste e na quadra H12, sendo ela considerada parte da U10 para simplificar a leitura. A presença do matacão desprendido do teto do abrigo entre as quadras H12 e I12 (ver Figuras 23, 26 e 27) dificultou a observação de continuidades estratigráficas laterais entre as quadras interiores (G12 e H12) e as exteriores (I12 e J12). Por esse motivo, decidiu-se atribuir números diferentes às unidades estratigráficas, até pelo menos a U8, sobre a que se assenta o

matação. Essa unidade foi dividida em três subunidades, a U8a no setor interno e a U8b e U8c no setor externo, estas últimas distinguidas por diferenças sutis em termos de cor e abundância de serrapilheira. Já a abundância de clastos caídos do teto e a presença de radículas, mas sem diferenças de cor, suscitaram a separação das unidades U12a e U12b no setor externo.

As características texturais observadas em campo não foram muito diferentes dentre as unidades reconhecidas, sendo o principal critério de distinção em alguns casos (além da cor), a presença de muito carvão, sedimentos cinzentos e esbranquiçados (possivelmente com cinzas derivadas da queima de plantas) e de serrapilheira. A Tabela 8 apresenta a descrição das unidades estratigráficas identificadas na seção W - E e a sua relação com as UP escavadas. Apresenta-se, ainda na Tabela 8, a descrição da UE1 do colúvio.

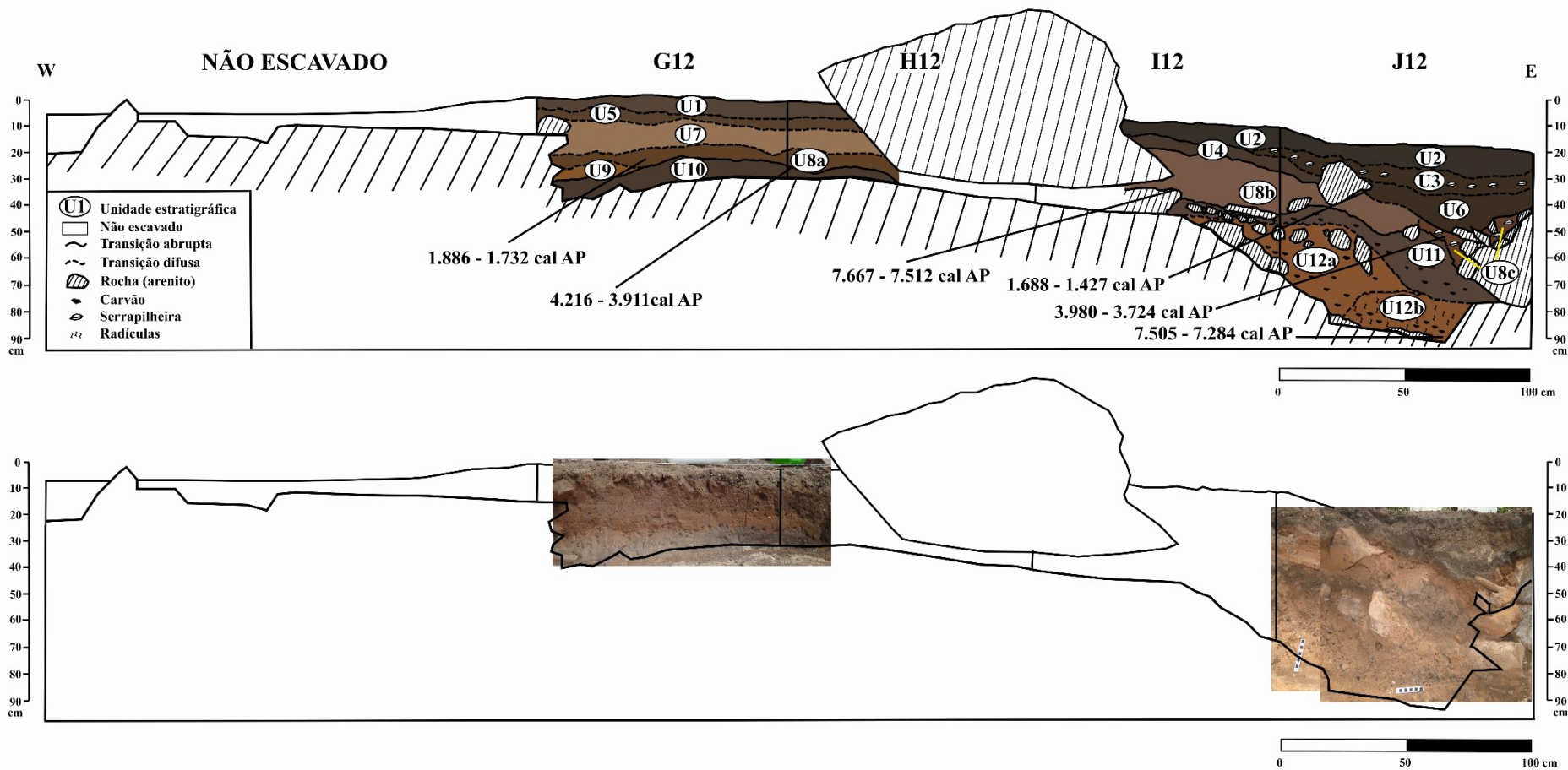


Figura 23 – Desenho da seção estratigráfica (superior) transversal e fotografias disponíveis (inferiores) do sítio Abrigo do Alvo, com destaque para a seção N das quadras G12, H12, I12 e J12. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 8. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

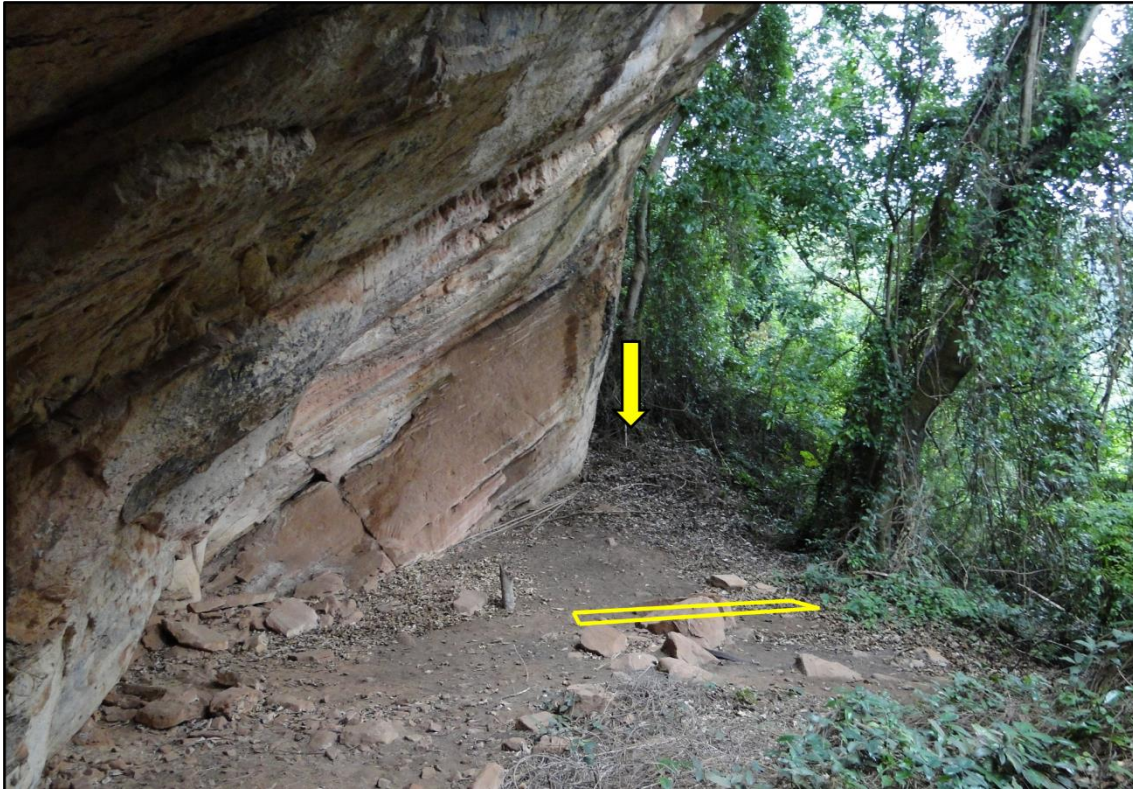


Figura 24 - Amostragem do colúvio no sítio Abrigo do Alvo. A seta amarela indica o ponto de coleta, no material coluvionar que desce na porção norte do abrigo. O retângulo amarelo destaca a localização da trincheira que liga as quadras G12 até J12. Vista desde o S. Foto: Astolfo G. M. Araujo e equipe.

A maioria das unidades estratigráficas descritas em seção vertical teve uma representação dentre as amostras coletadas em planta, cuja descrição e destaque dos componentes macroscópicos (antropogênicos e não antropogênicos) recuperados em campo são realizados no APÊNDICE 3. Nas Figuras 25, 26, 27, 28, 29 e 30 apresentam-se desenhos e fotografias das principais plantas escavadas nas quadras G12, H12, I12 e J12.

Em termos de aporte antropogênico (i.e, da potencial origem antrópica de alguns depósitos, conforme definida nas seções 1.2.1 e 3.2), são destacáveis, com base nas observações da equipe de campo, quatro situações:

- a) Indícios de queima próximo à base do abrigo, na quadra G12 e quadra H12: sob a forma de alta frequência de carvão, de sedimentos acinzentados e esbranquiçados e de fragmentos de sementes e madeira carbonizada que fazem parte da U10, tanto na base de G12 (UP4, Figura 25) quanto numa feição particular denominada U15 (Figura 26, UP4, Nível 2) e na subjacente base de H12 (sem

amostra específica, mas reconhecida na base da UP 2, Nível 3, Figura 26) e por embaixo do matacão;

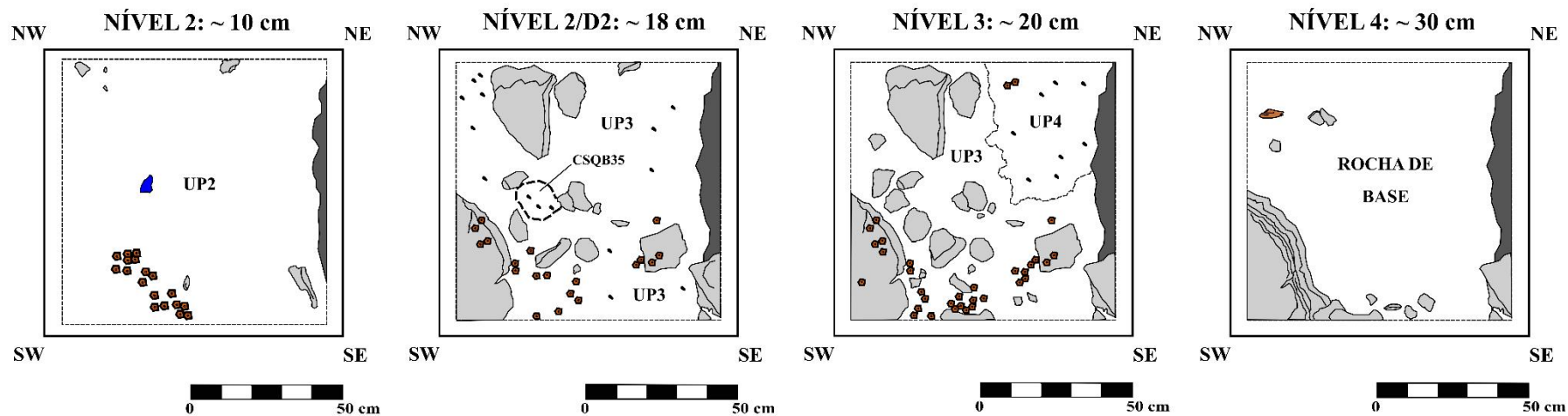
b) Indícios de possível estrutura de combustão na quadra G12: com alta frequência de fragmentos pequenos de carvão na U7, principalmente em G12 (UP3, Nível 2) mas também em H12 (UP2, Nível 2, Figura 26). Um setor de forma circular na transição entre a U7 e a U8a (por volta dos 18,9 cm de profundidade) em G12 (Figura 25) chamou a atenção pela presença de sedimentos acinzentados e avermelhados e alta frequência de carvão, e envolveu a coleta de uma amostra ocasional (CSQB35), aqui também analisada;

c) Indícios de queima e outras atividades no começo da sedimentação do abrigo, na base da quadra J12 (Figuras 29 e 30a): com alta frequência de carvão e material lítico na U12b (UP7) e na U12a (UP5 e UP6), só diferenciadas em campo por uma maior presença de rocha alterada da base do abrigo na primeira;

d) Indícios de queima na porção superior da quadra J12 (Figura 28): com presença de “manchas de cinzas” (sedimentos acinzentados/esbranquiçados) de entre aproximadamente 5 e 19 cm na base da U2 e na U3 (ambas UP1, níveis 1 e 2 respectivamente), de sedimentos escuros com carvão e de casca de madeira queimada na U3.

Tabela 8 – Unidades estratigráficas reconhecidas em seção vertical no sítio Abrigo do Alvo e na amostragem de colúvio (UE1).

Unidade estratigráfica	Profundidade (cm)	Descrição	Unidades correspondentes reconhecidas em planta (UP, nível e quadra)
U1	0 - 3,7	Arenosa (fina). Bruno-escuro (7.5 YR 3/2) e bruno-forte (7.5 YR 4/6). Com calhaus de arenito. Solta. Transição inferior difusa e plana. Com serrapilheira.	UP1, G12 UP1, H12
U2	1,3 – 8,3	Arenosa (fina) com matéria orgânica. Preto (10 YR 2/1). Solta. Transição inferior difusa e ondulada. Com serrapilheira.	UP1, I12 UP1, Nível 1, J12
U5	3,7 – 5,3	Arenosa (fina). Bruno-escuro (7.5 YR 3/3). Solta. Transição inferior difusa e plana.	UP2, G12 UP2, Nível 1, H12
U4	8,3 - 28,3	Arenosa (média) Bruno muito escuro (7.5 YR 2.5/2). Solta. Transição inferior abrupta e ondulada.	UP3, Nível 1, I12 UP2, J12
U3	16,3 - 31,3	Arenosa (média) com matéria orgânica. Bruno muito escuro (10 YR 2/2). Solta. Com sedimento acinzentado/esbranquiçado. Transição inferior difusa e ondulada. Com muita serrapilheira	UP2, Nível 1, I12 UP1, Nível 2, J12
U6	24,3 – 42,3	Arenosa (média) com matéria orgânica. Bruno muito escuro (10 YR 2/2). Com sedimento acinzentado/esbranquiçado. Solta. Transição inferior abrupta e ondulada.	UP1, Nível 3, J12
U7	5,3 – 16,3	Arenosa (fina). Bruno (7.5 YR 5/4). Com sedimento acinzentado e avermelhado e muito carvão. Solta. Transição inferior difusa e ondulada.	UP3, Nível 2, G12 UP2, Nível 2, H12
U8a	16,3 - 23,3	Arenosa (fina). Bruno-escuro (7.5 YR 3/4). Solta. Transição inferior com U9 difusa e ondulada e com U10 abrupta e ondulada.	UP3, Nível 3, G12 UP2, Nível 3, H12
U8b	19,3 - 43,3	Arenosa (média). Bruno-avermelhado (5 YR 4/3 e 5 YR 4/4). Solta. Transição inferior abrupta e ondulada.	UP3, Níveis 2-4, I12 UP3, Níveis 3-4, J12
U8c	36,3 – 55,3	Arenosa (média). Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4). Solta. Transição inferior abrupta e ondulada. Com muita serrapilheira.	UP4, J12
U9	19,3 – 26,3	Arenosa (fina). Bruno-escuro (7.5 YR 4/6). Solta. Transição inferior abrupta e ondulada.	-
U10	18,3 – 36,3	Arenosa (média). Bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4). Com sedimento acinzentado/esbranquiçado e carvão. Solta. Em contato com base do abrigo.	UP4, G12 Base de H12
U11	31,3 – 61,3	Arenosa (média). Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2). Com muito carvão. Solta. Transição inferior difusa e ondulada.	UP3, Nível 5, I12 UP3, Níveis 5-7, J12
U12a	36,3 - 61,3	Arenosa (fina e média). Vermelho-amarelado (5 YR 4/6). Solta. Com muito carvão. Transição inferior difusa e ondulada.	UP5-UP6, J12
U12b	61,3 – 86,9	Arenosa (fina e média). Vermelho-amarelado (5 YR 4/6). Com muito carvão. Solta. Em contato com base do abrigo. Com radículas.	UP7, J12
UE1	0 - 10	Arenosa (fina). Bruno-escuro (7.5 YR 3/2). Solta. Com poucas raízes.	-



SEM FOTO



Figura 25 – Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das principais plantas escavadas na quadra G12, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D2” no Nível 2 indica a segunda decapagem desse nível. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

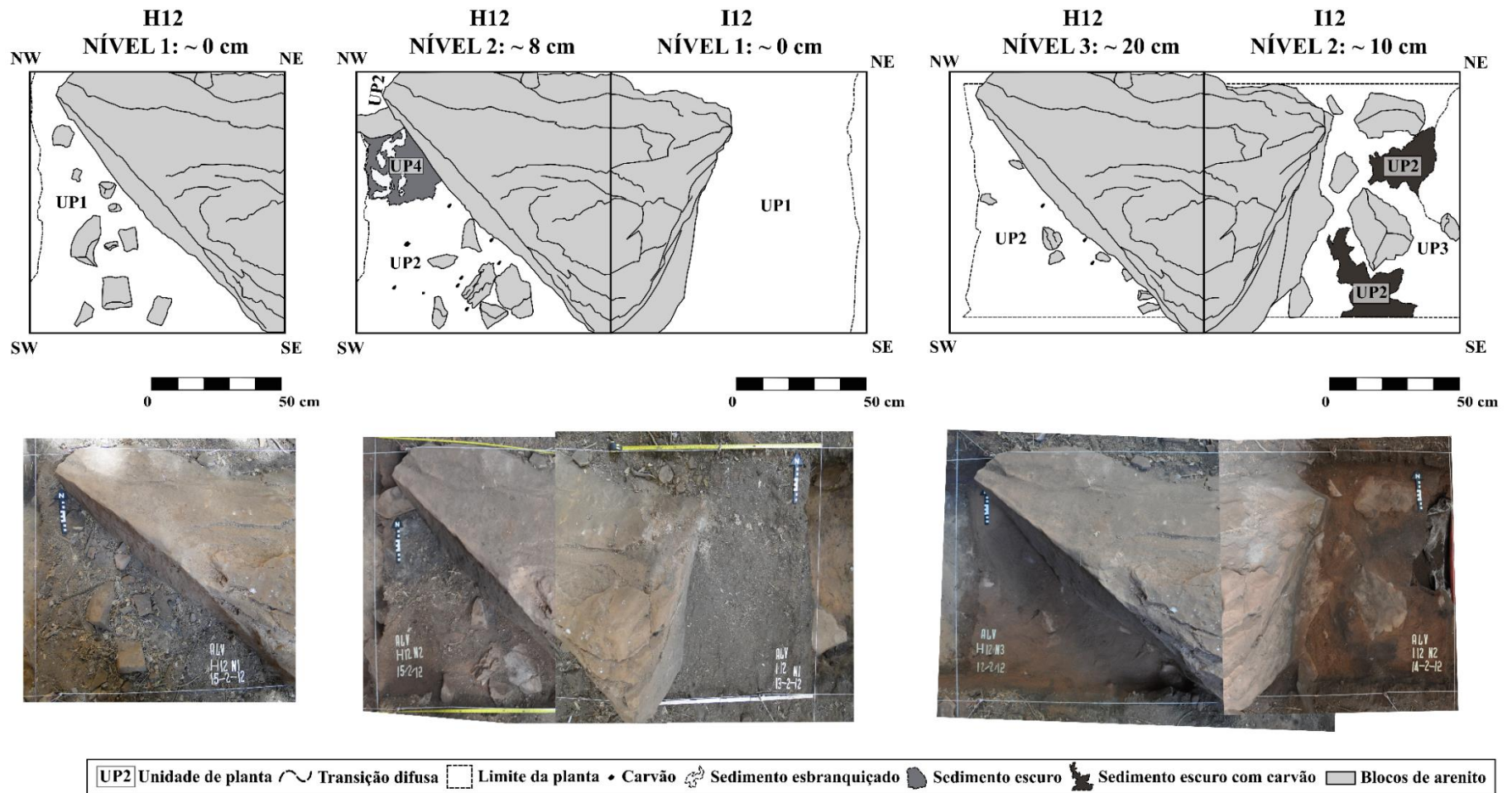


Figura 26 – Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas escavadas nas quadras contíguas H12 e I12, em cotas semelhantes, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe e de Nina Hochreitter (foto de planta I12/Nível 2).

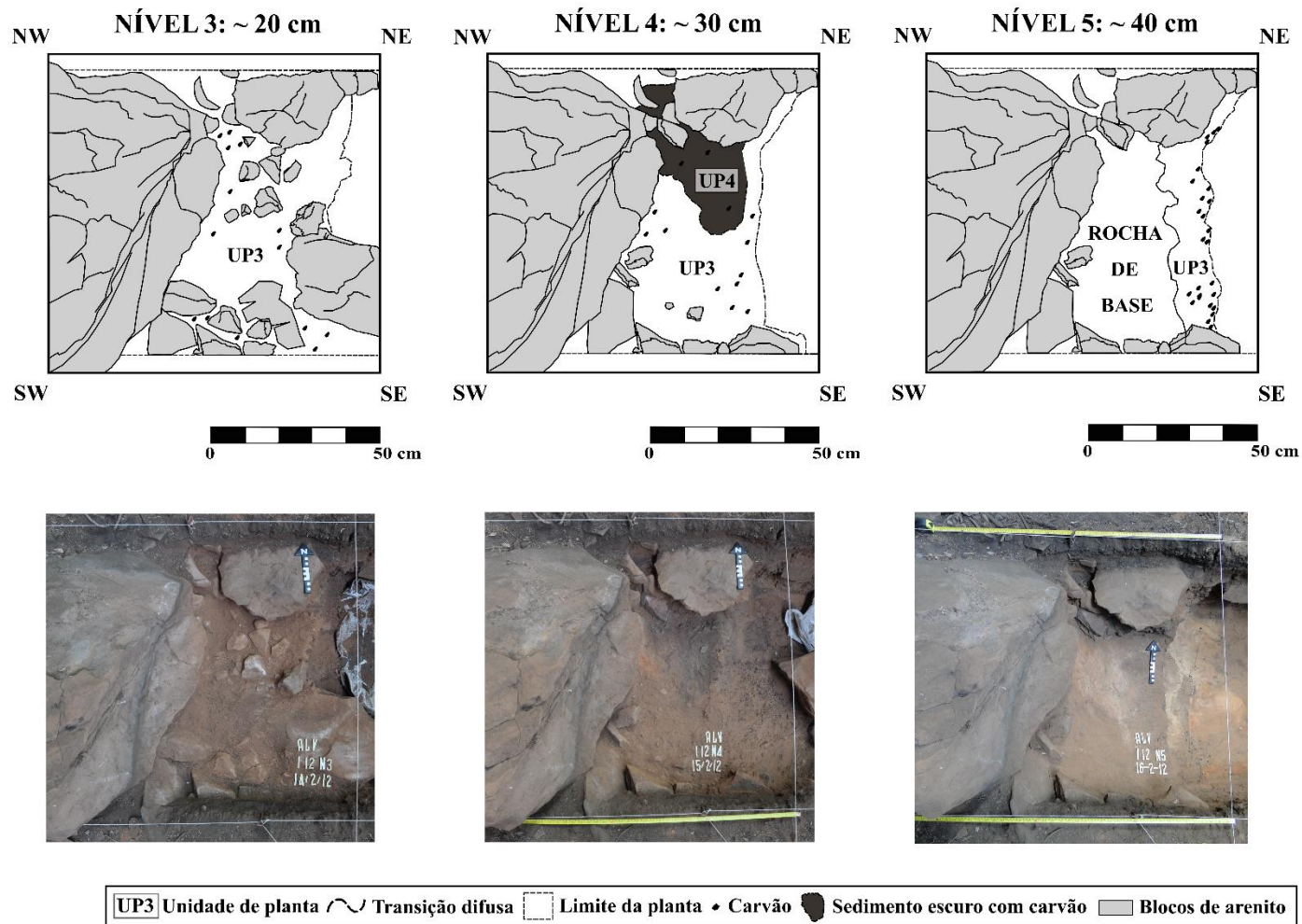


Figura 27 – Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das plantas inferiores escavadas na quadra I12, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Nina Hochreitter.

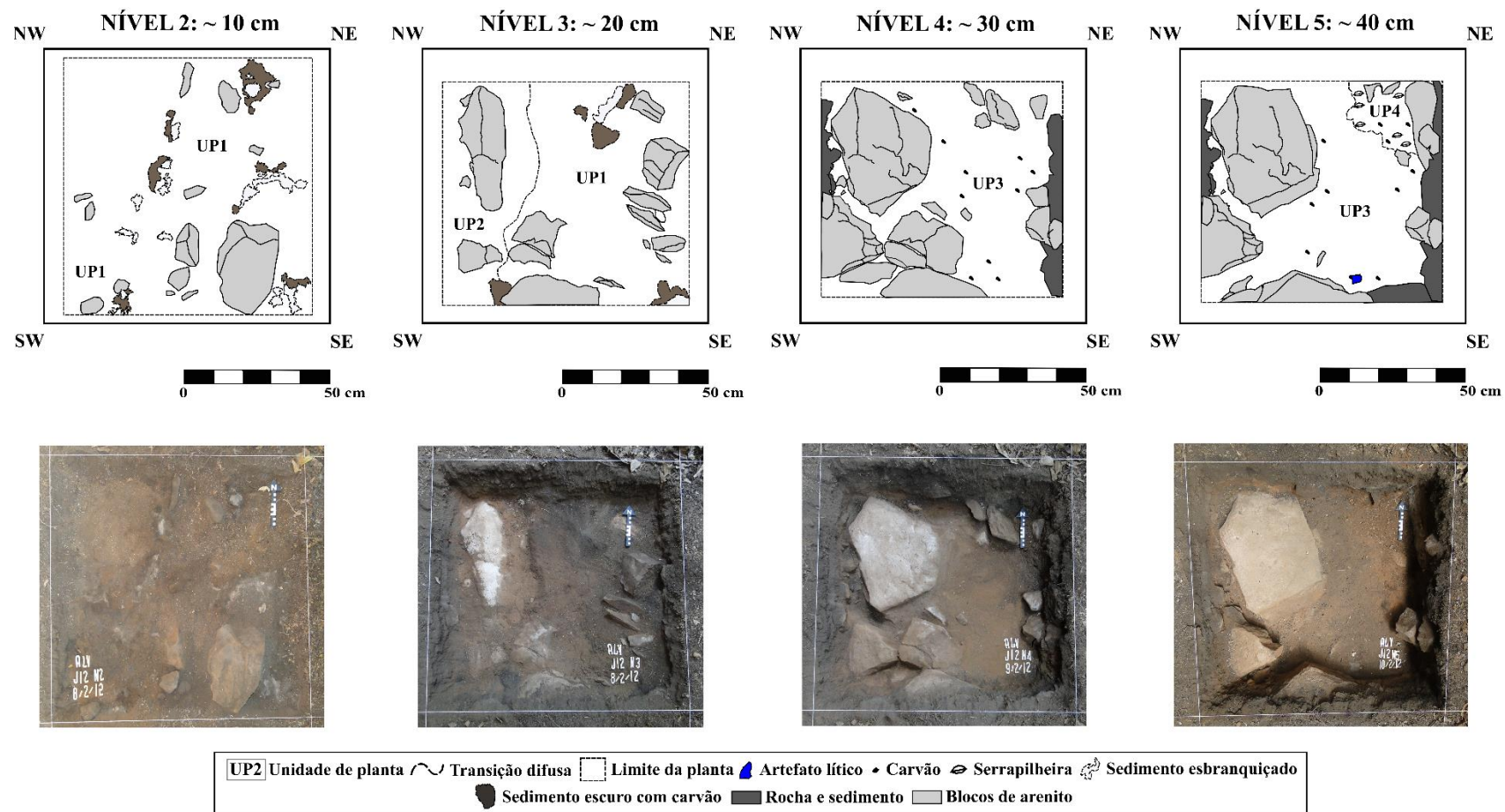


Figura 28 - Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas superiores escavadas na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

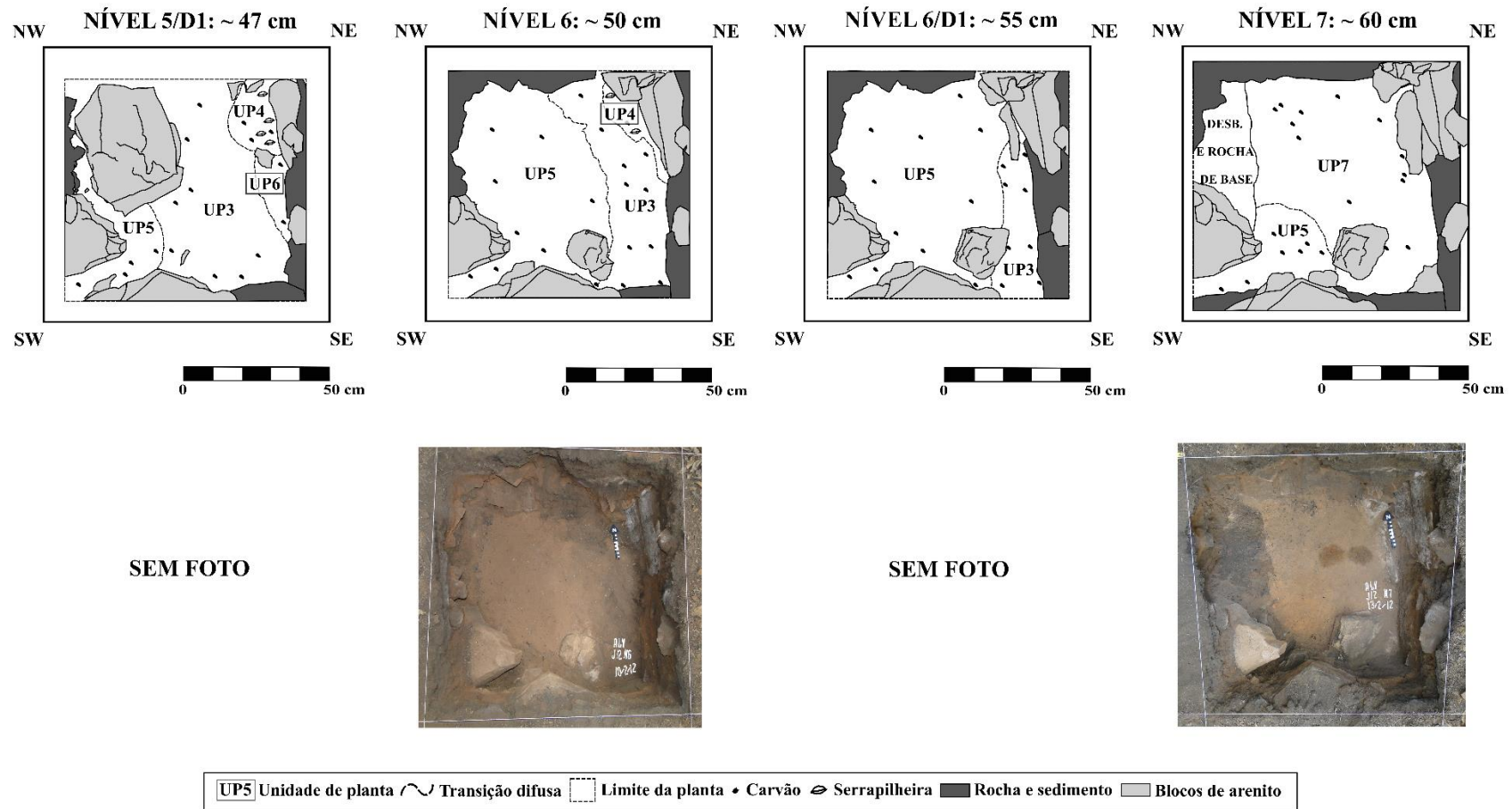


Figura 29 - Desenho esquemático (superior) e fotografias (inferior) das principais plantas inferiores escavadas na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D1” nos níveis 5 e 6 indica a primeira decapagem desses níveis. “Desb.” no Nível 7 indica desbarrancamento. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

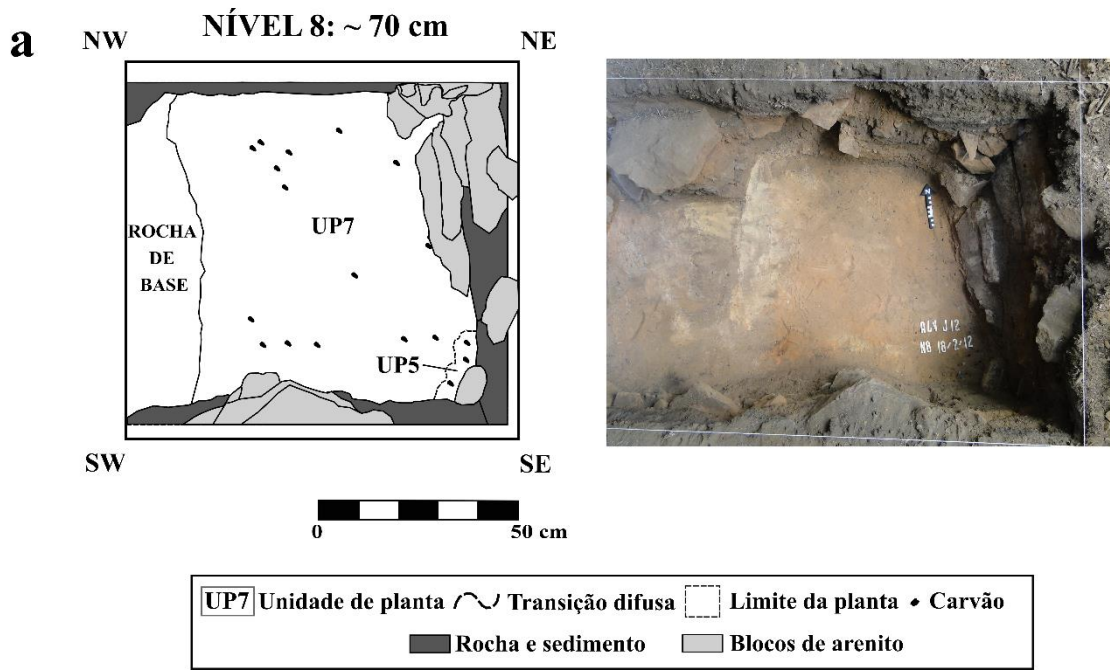


Figura 30 - Desenho esquemático (a, esquerda) e fotografia (a, direita) da última planta escavada na quadra J12, com destaque para as UP identificadas. Note-se os blocos visíveis nas seções N e E que formam uma “armadilha” sedimentar e um “degrau” na rocha da base do abrigo visível nas plantas das quadras I12 e J12 (b). Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe (foto de planta a, direita) e de Nina Hochreitter (foto das plantas em b).

5.1.1 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio

Dentre o total das amostras analisadas para detecção e quantificação das cinzas de calcita derivadas da queima de material vegetal (N = 13, sem se considerar as triplicatas nem amostra do solo externo), foram encontrados os cristais em apenas quatro delas: as CSQB10 (U7) e CSQB11 (U15) na quadra H12, e as CSQB19 (U3) e CSQB34 (U6) na quadra J12. Na contagem em triplicatas realizada nas últimas três amostras, obteve-se um erro médio alto, de 66,32%. Os dados totais são apresentados no APÊNDICE 4.

As contagens tiveram uma média de 119.837,34 microvestígios por grama de sedimento, oscilando entre 41.989,45 e 269.310,40, com o mínimo obtido na U7 e o máximo na feição denominada U15, ambos na quadra H12. O valor mais próximo da média foi encontrado na U3, com 109.800,80 de grãos por grama.

É chamativa a não detecção destes microvestígios na quadra G12, onde, conforme assinalado na seção 5.1, foram encontrados em campo sedimentos avermelhados com alta frequência de carvão na transição entre a U7 e a U8a que motivaram uma coleta ocasional. Seguindo-se o mesmo raciocínio, as cinzas sim foram observadas na U7 da contigua quadra H12 e na sobrejacente feição U15, de sedimento escuro enriquecido em carvão (ver Figura 26, Nível 2/UP4). Da mesma forma, na U3, que apresentara em campo sedimentos acinzentados/esbranquiçados, carvão e fragmentos de casca de madeira, também foram encontrados microvestígios.

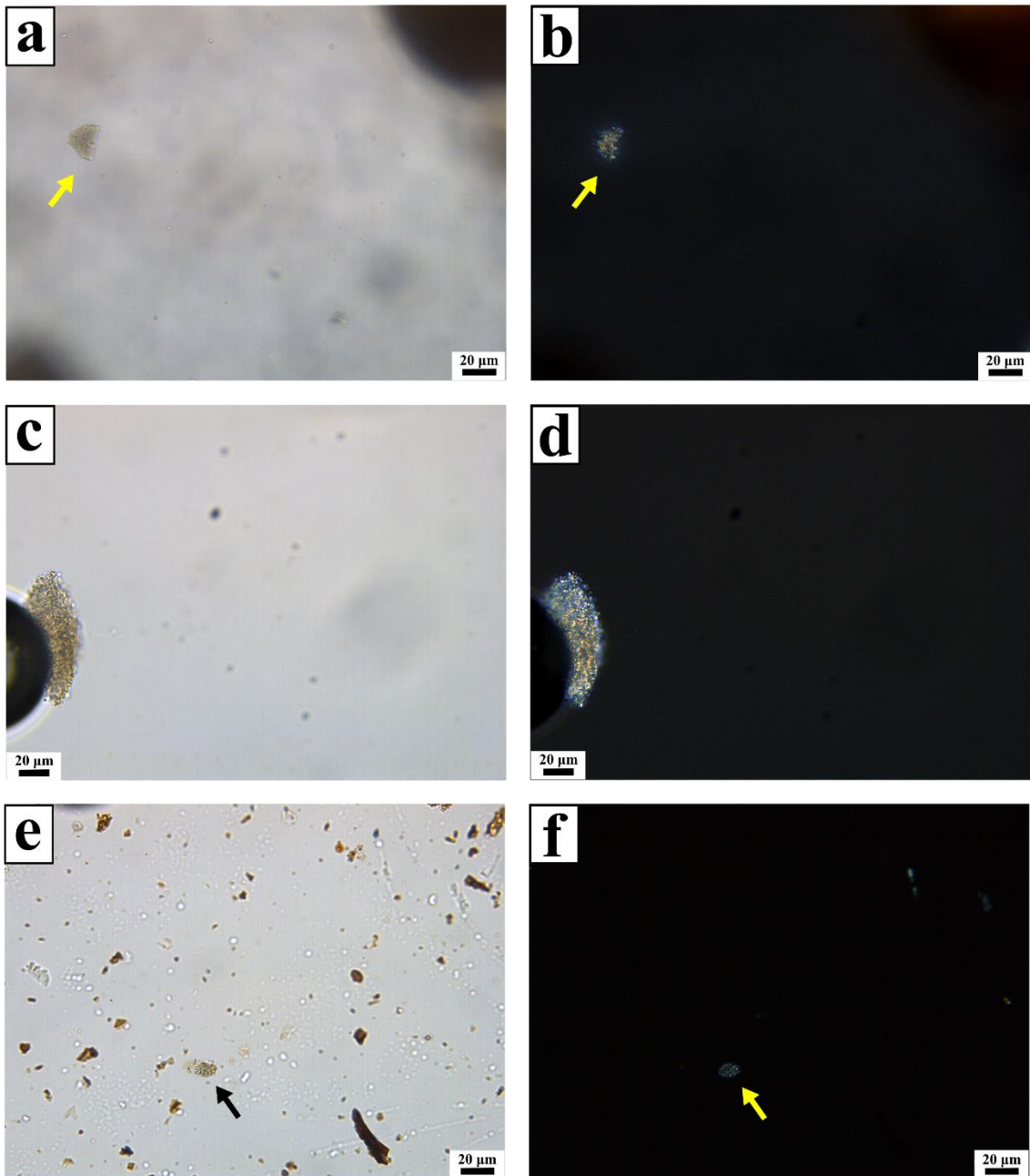


Figura 31 – Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados no sítio Abrigo do Alvo. Na amostra CSQB11 (U15), exemplo de um grão geminado (*twinned*), em PPL (a, seta preta) e XPL (b, seta amarela). Aparecem grãos também na amostra CSQB19 (U3), neste caso um rômbo embaixo de uma bolha de ar de laminação, em PPL (c) e XPL (d). Por fim, são também encontrados na amostra CSQB34 (U6), em PPL (e, seta preta) e XPL (f, seta amarela).

5.1.2 Granulometria da fração terrígena

O diâmetro médio das partículas das 27 amostras analisadas, incluindo o material pelítico, varia entre 2,16 (areia fina) a 3,11 (areia muito fina) ϕ , com um desvio padrão de 0,97 até 1,99 ϕ (seleção moderada a baixa) e uma assimetria de 1,49 até 4,05 ϕ (APÊNDICE 5). Em termos percentuais médios, a classe areia fina é a dominante, com um 43,67 % do volume de grãos, seguida pela areia média (34,31 %), a areia muito fina (9,78 %), o silte (7,84 %), a areia grossa (3,57%) e a argila (0,82 %). Na peneiragem de laboratório (N = 23), a fração cascalho (terrígeno) oscila entre 0,74% e 28,61% da massa, encontrados na U10 (base da quadra G12) e na U8b (base da quadra I12), respectivamente. Os maiores valores de cascalho, entre 19,74 e 28,61%, são observados nas contíguas unidades U8b e U8c.

Nas Figuras 32, 33, 34 e 35 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras arrançadas por unidade estratigráfica. Num exame visual primário, é destacável a quase exclusiva unimodalidade na areia fina para as unidades estratigráficas das quadras internas, G12 e H12 (Figura 32), e distribuições bimodais silte/areia fina na maioria das unidades das quadras mais influenciadas pelo meio externo, I12 e J12 (Figuras 33, 34 e 35). Em efeito, os pelíticos (argilas e silte) são relativamente mais comuns no setor externo (N = 19, 4,44 – 20,08%), com um pico na U4 (na quadra I12) e na U6 (na quadra J12), do que no setor interno (N = 7, sem a amostra CSQB35, 1,91 – 7,90%) (APÊNDICE 5 e Figura 37). Para além das tendências gerais, a amostra com maior teor de pelíticos (20,59%) foi a amostra ocasional CSQB35, coletada na U7 da quadra G12 por apresentar grande concentração de fragmentos de carvão (APÊNDICE 5 e Figura 25). Quando comparadas as medianas do diâmetro médio entre o setor interno (N = 8) e o externo (N = 19) não foram encontradas diferenças significativas (W = 81, p = 0,811). No entanto, a razão pelíticos/areias sim apresentou diferenças significativas entre os dois setores (W = 121, p = 0,0181), sendo maior no externo.

Enquanto nas quadras internas os teores de areia grossa variam entre 0,46 e 2,30% (N = 8), as porcentagens aumentam no setor mais influenciado pelo meio externo para valores entre 0,81 e 16,74% (N = 19), sendo o primeiro encontrado na base da quadra I12, na U8b, e o último valor obtido quase no topo da quadra J12, na U3 (aos 4,9 cm de profundidade) (ver Figura 37). Por fim, uma tendência ao aumento da areia média coerente com a profundidade é observada no sítio (Figura 37).

Ao se considerar a amostra coletada no colúvio da porção norte se percebe a presença de uma moda na faixa areia fina (diâmetro médio = 2,41 phi), coincidente com a tendência das amostras do sedimento arqueológico, e a ausência de uma moda nas frações do silte, que contrasta com a maioria das amostras do sítio (Figura 36).

Em termos genéticos, quando analisada a distribuição vertical (Figura 37 e APÊNDICE 5), a maior frequência do total das classes de areia na base das quadras escavadas, na U10 (base da quadra G12, CSQB06, com 98,09% do volume), na U8b, praticamente na base da quadra I12 (CSQB18, 95,03%), e nas U12a (CSQB25, 93,91%) e U12b (CSQB32, 93,93%), base da quadra J12, parece apontar para a desagregação inicial ou atrito do arenito da base e dos blocos caídos do teto, a partir da formação da “armadilha” sedimentar (Figura 30, a e b) que assinala o começo da sedimentação no sítio (observada por Araujo, 2012, p. 183-187; ver também Abbott, 1997; Sifogeorgaki et al., 2020).

Um aporte geogênico coluvionar arenoso também é pensável desde o começo da sedimentação do sítio, conforme indicado pela distribuição unimodal na areia fina da amostra CSQB76 (Figura 37). A presença de picos de areia grossa na U3 (CSQB19) e na U8c (CSQB24) e de teores de cascalho de ao redor do 20% nesta última pode estar assinalando uma desagregação local incipiente de blocos caídos do teto (ver Figura 28, Nível 2 e Nível 5/UP4 e Figura 29, Nível 5/D1/UP4) formando pequenas “armadilhas”. Diferenças significativas no desvio padrão ($W = 118,5$, $p = 0,02562$) entre as unidades internas e as mais influenciadas pelo exterior, com valores maiores nas últimas (mas todas, com exceção da U6, de seleção baixa), podem apontar para uma seleção levemente melhor dos grãos na parte interna devido a um maior aporte contínuo e homogeneizante de areia fina do atrito do teto/paredes (Donahue; Adovasio, 1990; Finley, 2007). Mas também pode indicar a ausência (ou menor presença) no setor interno do efeito “mal selecionador” que está ocorrendo no setor exposto, e que pode ter causas antrópicas no aporte do silte (ver abaixo).

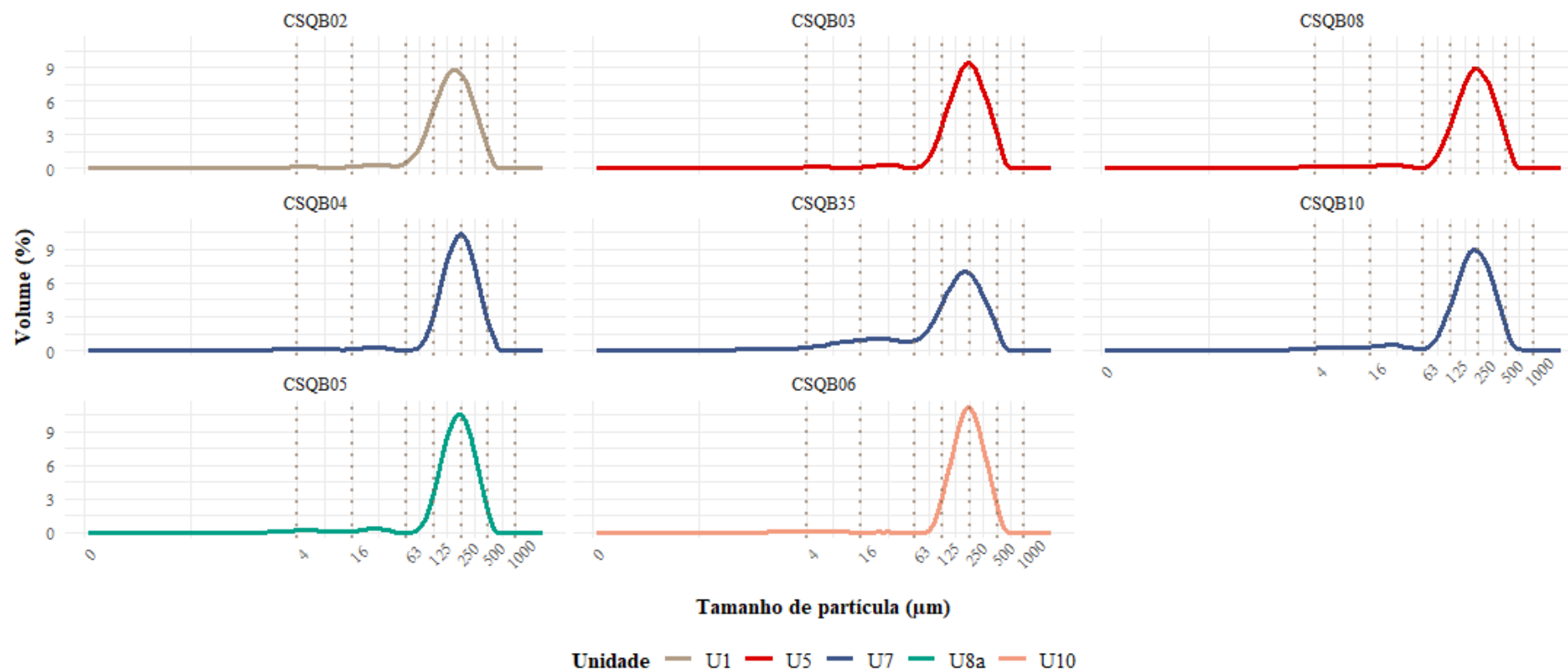


Figura 32 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas das quadras interiores (G12 e H12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se o carácter basicamente unimodal da distribuição na faixa areia fina para todas as unidades estratigráficas interiores, com um incremento marcado no silte na CSQB35, U7.

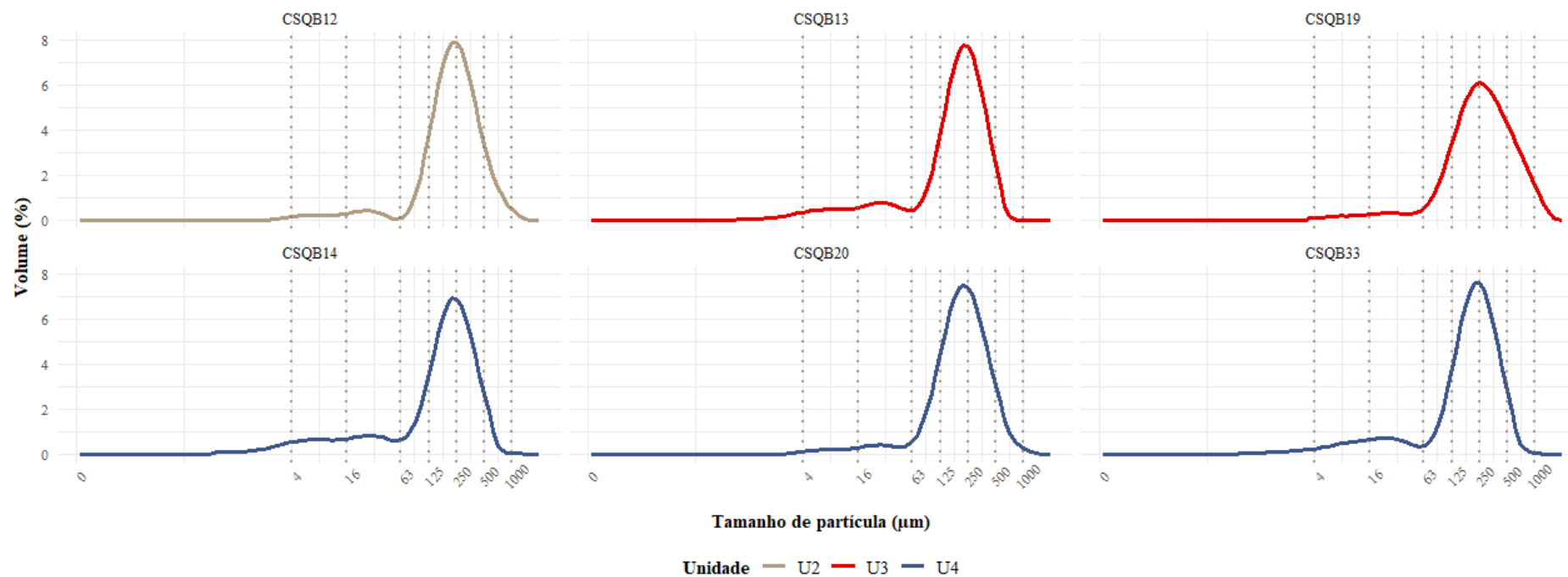


Figura 33 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas superiores das quadras exteriores (I12 e J12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 μm), silte muito fino e fino (4 – 16 μm), silte médio e grosso (16 – 63 μm), areia muito fina (63 – 125 μm), areia fina (125 – 250 μm), areia média (250 – 500 μm) e areia grossa (500 – 1000 μm). Apesar da notória moda predominante na areia fina para todas as amostras, há também marcadas diferenças. Note-se a presença de mais uma moda na faixa silte médio/grosso na parte mais interna da U3 (CSQB13, na quadra I12) que não está presente na porção externa (CSQB19, na quadra J12), e um aumento nas faixas silte da U4 com exceção de uma amostra (CSQB20, na quadra J12).

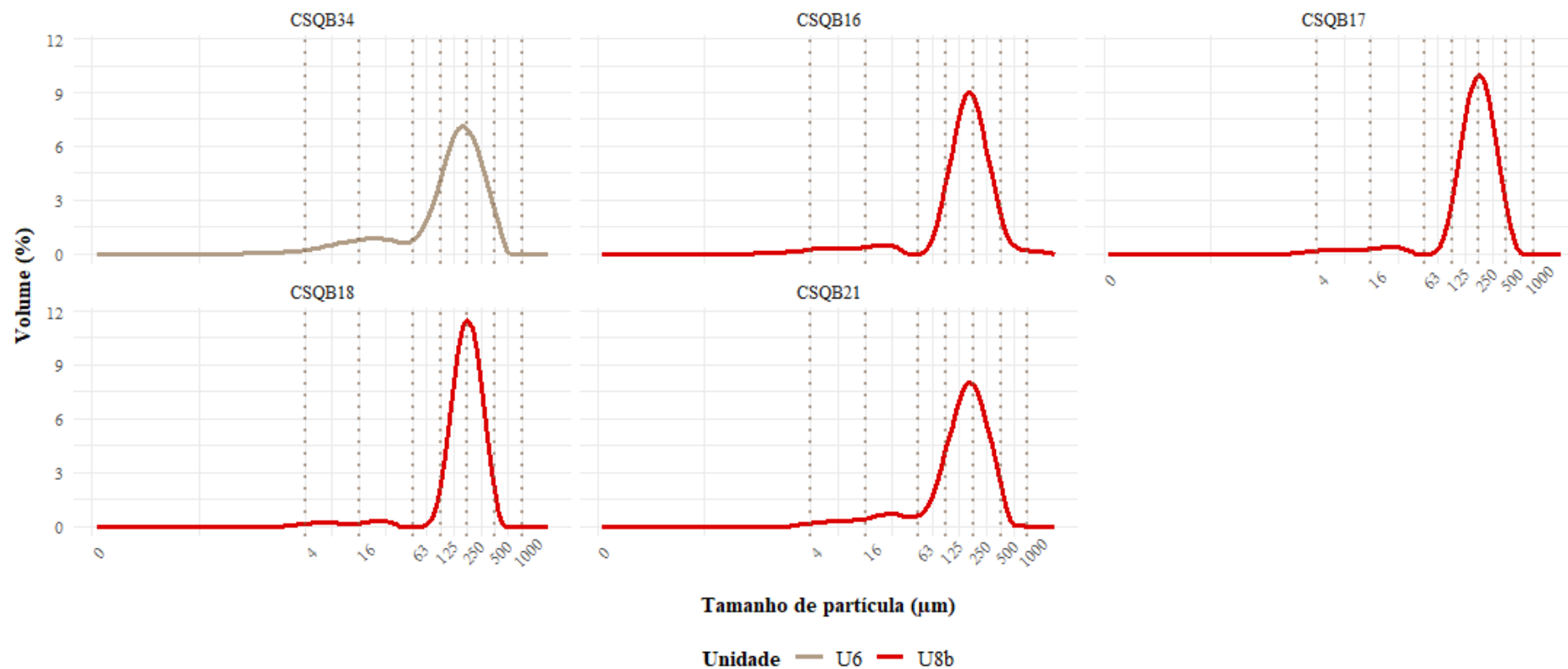


Figura 34 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas intermédias das quadras exteriores (I12 e J12) do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a leve bimodalidade da U6 nas faixas areia fina e silte médio/grosso e o carácter maiormente unimodal da U8b, com um aumento na proporção de areia fina respeito dos pelíticos.

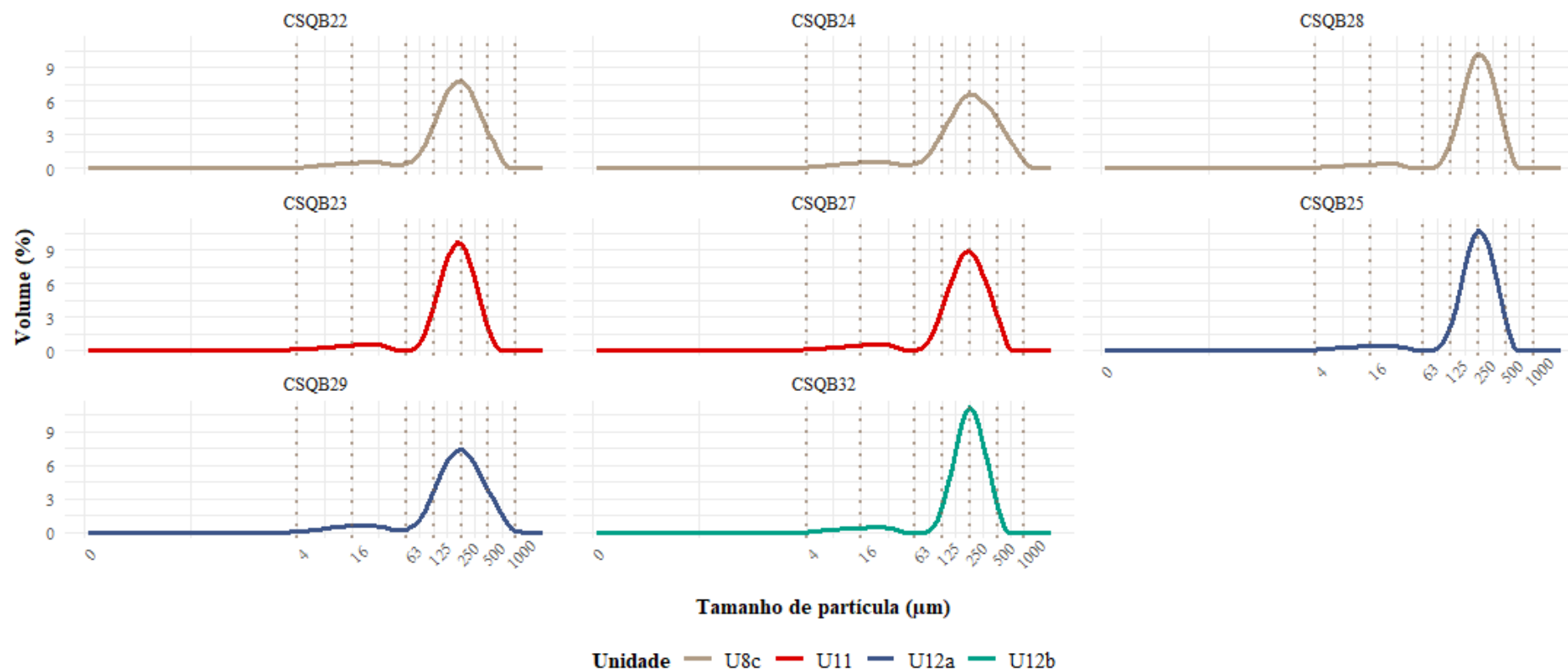


Figura 35 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas inferiores da quadra J12 do sítio Abrigo do Alvo. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a unimodalidade generalizada na faixa areia fina, com uma moda destacada no silte na U11 e U12a (amostra CSQB29).

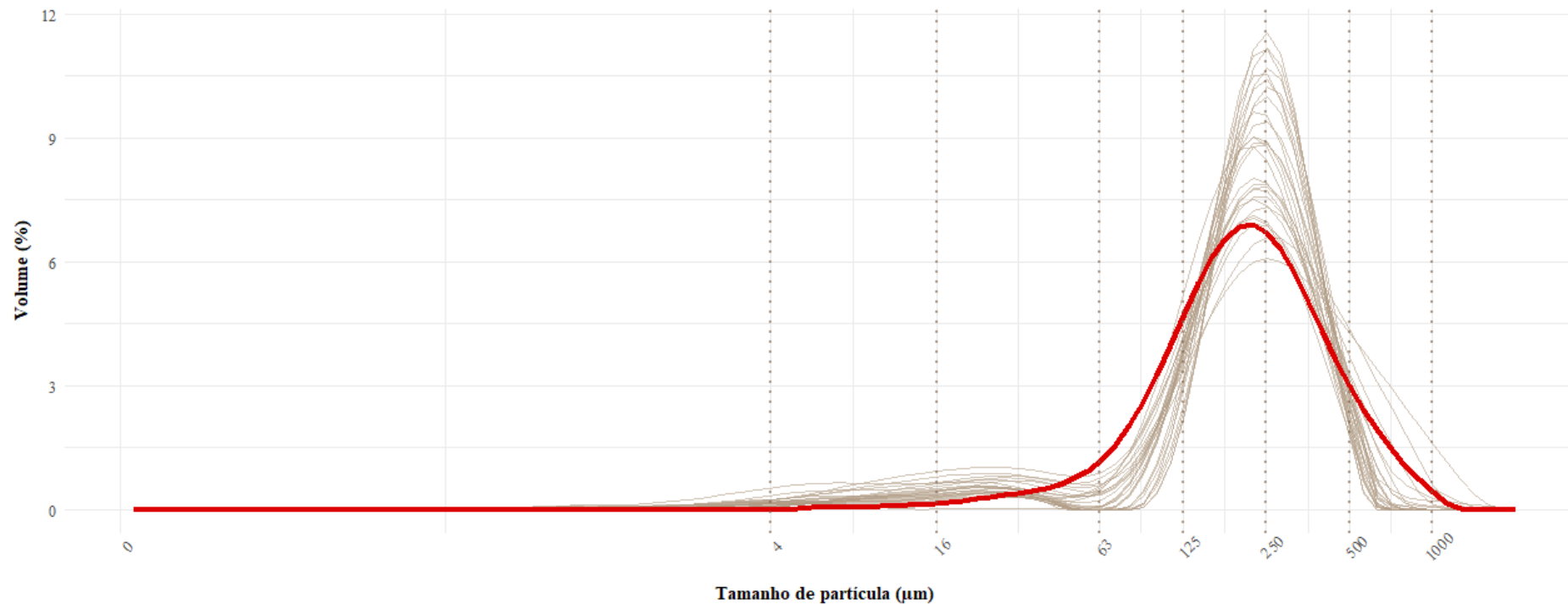


Figura 36 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica do sítio Abrigo do Alvo (N = 27) com a amostra de colúvio (CSQB76, destacada em vermelho). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se, como principal diferença, a ausência de uma moda nas frações do silte para a amostra de colúvio, que sim está presente na maioria das amostras do sedimento arqueológico.

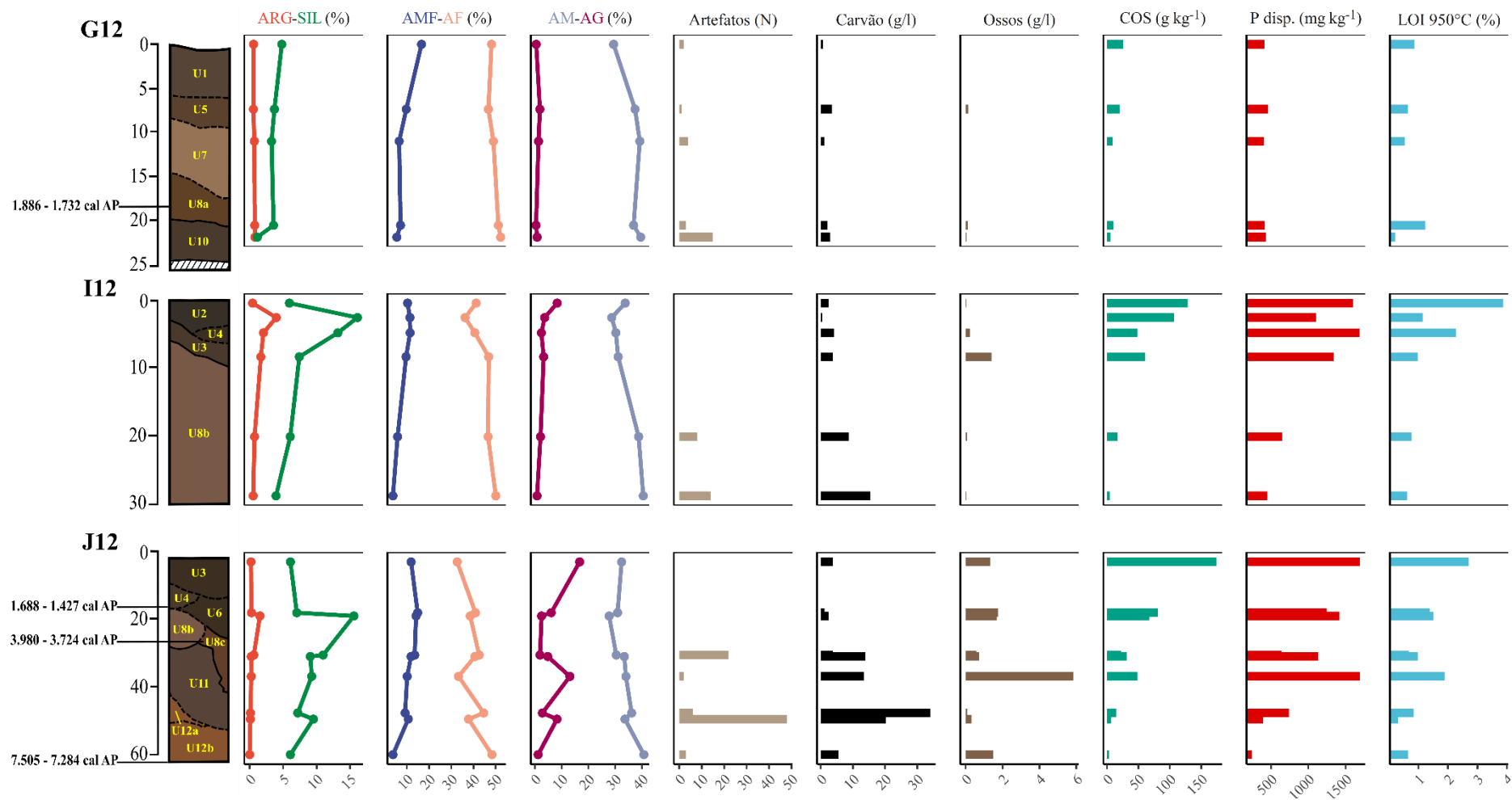


Figura 37 – Seção estratigráfica esquemática N das quadras G12, I12 e J12 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 1), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), artefatos líticos, carvão, ossos, COS, P disponível e LOI 950°C.

No que diz respeito dos materiais pelíticos, além do aporte genérico da argila potencialmente derivada da alteração do próprio arenito do abrigo, o maior aporte dessa fração nas unidades U3 (sobretudo, quadra I12, amostra CSQB13), U4 e U6, poderia estar relacionado com processos pedogenéticos na área mais exposta aos fatores exógenos, sobretudo com a translocação de argilominerais (Birkeland, 1984; Kühn; Aguilar; Miedema, 2010). Mas, tanto a ausência de análise da cerosidade nas amostras (ver Santos et al., 2015, p. 33) quanto a falta de observação micromorfológica dos revestimentos de argila em torno dos grãos de areia, como foram observados no Abrigo Roncador (ver seção 5.2.1), impedem realizar essa interpretação. A não detecção da fração argila na amostra de colúvio poderia desestimá-lo, em princípio, como potencial fonte desse material.

Já no caso da fração silte, que confere um aspecto bimodal à maioria das distribuições granulométricas das quadras I12 e J12, além da contribuição geogênica na desagregação mecânica do material parental e do transporte coluvionar, há de se considerar o potencial aporte antropogênico. Em efeito, devido ao seu tamanho principal na fração silte, os fitólitos (Cabanes, 2020; Piperno, 2006; Vrydaghs; Devos; Petó, 2017) e agregados silicosos (Schiegl et al., 1994) derivados da queima de plantas poderiam estar contribuindo à gênese da U3, onde foram observadas, em campo, casca de madeira queimadas e “manchas” de sedimento esbranquiçado (ver Figura 28, Nível 2), potencialmente derivadas de feições de combustão. Esses materiais poderiam também estar por trás do maior teor de silte encontrado na amostra ocasional da U7. Não é possível descartar, entretanto, antes de uma análise microarqueobotânica, o potencial aporte não antrópico dos fitólitos (e.g. da vegetação local).

5.1.3 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH

Os resultados da determinação de COS, LOI 950°C e pH são apresentados no APÊNDICE 6. Os teores de COS nas amostras onde o indicador foi medido (N = 34, que inclui a amostra da quadra E10), tiveram uma média de 40,70 g kg⁻¹, com um mínimo de 2,90 g kg⁻¹ na U12b, base da quadra J12, e um máximo de 174,49 g kg⁻¹ na U3 da mesma quadra. Os carbonatos, medidos nas quadras da trincheira (N = 34) por meio da LOI 950°C (sem fator de conversão), com uma média de 1,31%, tiveram um valor mínimo de 0,21% na U10, praticamente na base da quadra G12 (ver Figura 25, Nível 3/UP4), e

máximo de 4,62% na U15, uma feição particular na base da quadra H12 (ver Figura 26, Nível 2/UP4).

Por sua parte, os valores observados de pH estiveram entre 6 e 7,8, no caso do medido em água, e entre 5,9 e 7,4 no medido em KCl, indicando transição para meio básico²⁹. Os mínimos foram obtidos, respectivamente, na U8a e na U7 da quadra G12, enquanto os máximos foram encontrados nas porções superiores das quadras da parte mais externa, na U2 da quadra I12 e na U3 da quadra J12.

Em termos da distribuição espacial, os teores de COS aparentam apresentar uma maior dispersão no setor mais influenciado pelo meio externo (Figura 38a). Assim, enquanto nas quadras internas, incluindo a E10, encontram-se teores entre 3,48 e 84,06 g kg⁻¹ (N = 11), as porcentagens aumentam nas quadras I12 e J12 para valores entre 2,90 e 174,49 g kg⁻¹ (N = 23). Estatisticamente, no entanto, as diferenças não são significativas entre as medianas dos dois setores da trincheira (Figura 38a). Dentro do setor interno, é notório o aumento na concentração horizontal do COS de pouco mais do triplo na U1, da quadra G12 (CSQB02, com 25,51 g kg⁻¹) para a H12 (CSQB07, com 84,06 g kg⁻¹). Já em termos estratigráficos, nota-se, com umas poucas exceções, uma diminuição dos teores com a profundidade, tanto na quadra G12 (Figura 37) quanto nas quadras I12 e J12 (Figura 37), sendo claros os picos nas U2 (CSQB12, com 128,70 g kg⁻¹) e U3 (CSQB19, com 174,49 g kg⁻¹) no topo das últimas. Um pico de 48,70 g kg⁻¹ é destacável aos 37,10 cm da superfície da quadra J12 (Figura 37), na U8c (CSQB24).

No caso da LOI 950°C, também é destacável a aparente maior dispersão dos dados nas quadras I12 e J12, embora com evidentes *far outliers* nos dois setores (Figura 38b). Valores de LOI de entre 0,213 e 4,618% (N = 11) encontram-se no setor interno, enquanto no mais exposto os valores flutuam entre 0,310 e 3,868% (N = 23), não havendo, como no caso do COS, diferenças significativas entre as medianas (Figura 38b). Em termos verticais (Figura 37), nota-se um decréscimo do topo à base na quadra G12, só interrompido por um pequeno pico na U8a (CSQB05, com 1,231%). Um descenso coerente com a profundidade ocorre também na quadra I12 (Figura 37) e na J12, com um leve pico na U8c, entre aproximadamente os 31 e 37 cm.

O pH também não apresentou diferenças significativas entre setores, apesar de se perceber uma dispersão central (intervalo interquartis) maior num deles, desta vez, no

²⁹ Com um pH acima de 5,3 a 5,5 não há disponibilidade de Al trocável, importante componente da acidez potencial do solo (Lindsay; Walthall, 1996; Echert; Cavalli-Molina, 2001).

interno (Figura 38c-d). A variação vertical é muito leve e por isso decidiu-se não plotar na Figura 37. Os valores mais altos sempre se encontram no topo das quadras, com a exceção das U7 (CSQB10, 7,2 e 7,1, água e KCl) e U15 (CSQB11, 7,7 e 7,2), na quadra H12, que indicam meio alcalino nas unidades basais (APÊNDICE 6).

Os dados da amostra de colúvio, quando comparados com os das amostras arqueológicas de sedimento, indicam teores de COS, LOI 950°C e pH em água que estão dentro das dispersões centrais (Figura 38a-c), e um pouco por acima do terceiro quartil no caso do pH em KCl (Figura 38d).

Em termos de origem, o comportamento do COS parece indicar os efeitos da pedogênese (ao menos incipiente), com teores maiores nas unidades superficiais que vão diminuindo em profundidade, sendo claro esse panorama na porção do abrigo mais exposta aos fatores exógenos. Essa observação é acorde com o que fora encontrado em pesquisas geoarqueológicas em abrigos em arenito e outros não carbonáticos expostos (i.e. de pouca superfície abrigada sob o teto) do mundo (Abbott, 1997; Lowe et al., 2018; Martínez; Mazzanti; Bernasconi, 2015). O colúvio, com teores dentro das dispersões dos dados do abrigo, poderia estar tanto aportando parte desse sinal orgânico (e.g. sob a forma de agregados de solo) ao sítio quanto ser ele mesmo afetado por uma pedogênese incipiente (Finley, 2007).

Origens não pedogênicas dos teores de COS, poderiam também estar por trás da formação de alguns picos (Sousa et al., 2015). Não foi encontrada uma correlação positiva significativa com a densidade de restos carbonizados ($N = 23$, $R^2 = -0,35$, $p = 0,1$), um dos aportes antrópicos expressivos do abrigo. De fato, o carvão parece seguir em profundidade um comportamento contrário ao do COS (Figura 37), com um pico nas unidades basais U11 e U12a da quadra J12. No entanto, a ausência dessa relação já foi detectada em abrigos arenosos afetados por bioturbação e outros processos pós-deposicionais, onde outras relações, e.g. do COS com o elemento P (ver seção seguinte) e os artefatos, e indicadores microarqueológicos assinalaram contribuições humanas (Lowe et al., 2018). Além disso, há de se considerar que carvões <1 mm não foram aqui quantificados.

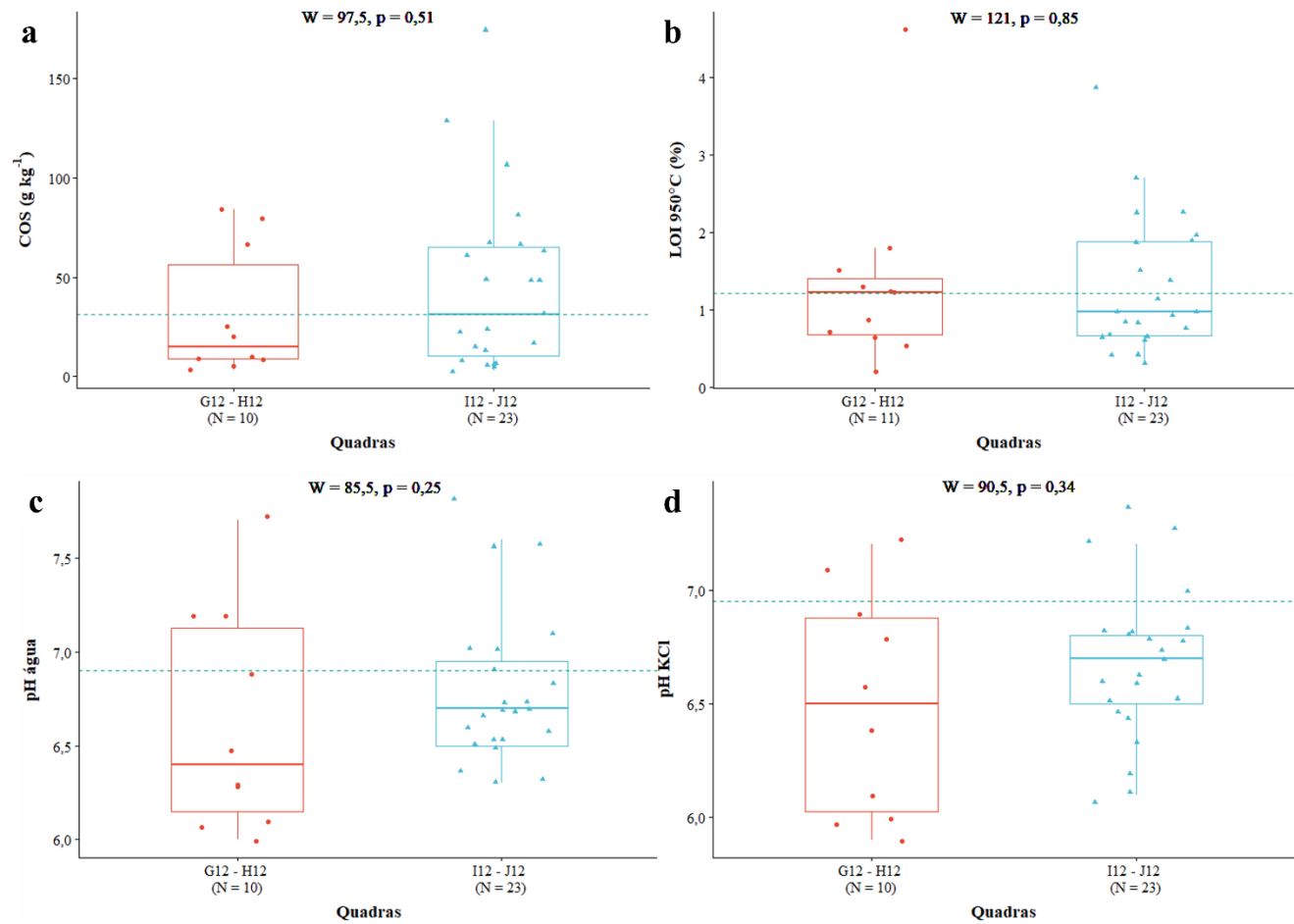


Figura 38 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W).

O comportamento da LOI 950°C no sítio parece estar influenciado por aportes biogênicos e antropogênicos. A presença de fragmentos de concha de gastrópodes, observada em campo (APÊNDICE 6) e detectada na peneiragem, pode explicar as maiores porcentagens do indicador nas unidades estratigráficas superiores das quadras G12, I12 e J12, onde esses vestígios se concentram. A fração carbonática dos ossos pode explicar o pico da U8c, que tem a maior densidade de restos ósseos (Figura 37). Não há, contudo, uma relação significativa entre as duas variáveis ($N = 23$, $R^2 = 0,15$, $p = 0,5$). Já os altos valores, tanto na base da quadra H12, numa feição circular com sedimento escuro e agregados de sedimento esbranquiçado (Figura 26, Nível 2/UP4), quanto na amostra do sedimento rico em carvão da U7 e no pico da subjacente U8a, ambos na quadra G12, podem ter uma origem antrópica sob a forma de cinzas calcíticas derivadas da queima de plantas (ver seção 5.1.1). Em tudo caso, é preciso lembrar que a LOI pode apresentar interferência da perda d'água estrutural de alguns argilominerais (Dean, 1974; Heiri; Lotter; Lemcke, 2001), sobretudo em sedimentos não calcáreos, pelo que é apenas usada de forma comparativa e qualitativa.

Por fim, há uma relação entre os carbonatos e o pH, conforme indicado por correlações positivas significativas com a LOI 950°C, mesmo que não altas (pH em água: $N = 33$, $R^2 = 0,53$, $p = 0,0015$; pH KCl: $N = 33$, $R^2 = 0,61$, $p = 0,00017$). Isso pode estar apontando para as boas condições de preservação da fração carbonática de ossos e dos contextos esbranquiçados com presença de cinzas.

5.1.4 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos

No APÊNDICE 6 apresentam-se os resultados dos teores do elemento extraível P disponível, e dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ obtidos para o sítio. Os valores do cátion Al^{3+} estiveram por abaixo do limite de detecção (algo esperado, por conta do pH, ver seção 5.1.3). Os resultados da análise dos óxidos MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , CaO e TiO_2 por meio de XRF de amostras das quadras G12 e J12 e amostra de colúvio são apresentados no APÊNDICE 7. Para o óxido MnO a maioria dos valores estiveram por abaixo do limite de detecção e, portanto, não foi usado na análise.

Quando consideradas todas as amostras analisadas ($N = 34$, incluindo a amostra da quadra E10), os valores médios do elemento P disponível foram de $906,97 \text{ mg kg}^{-1}$,

com um mínimo de 247 mg kg⁻¹ obtido na U12b, base da quadra J12, e um máximo de 1.690 mg kg⁻¹ encontrado em duas locações da mesma quadra, tanto na U3, quanto na U8c.

No que diz respeito do cátion Ca²⁺, com uma média de 140,62 mmolc kg⁻¹, teve também seu valor mínimo, de 24 mmolc kg⁻¹, na U12b, e o máximo de 278 mmolc kg⁻¹ na U4 da mesma quadra (J12). Para o cátion Mg²⁺, foi obtido um valor médio de 51,47 mmolc kg⁻¹, com um mínimo de 13 mmolc kg⁻¹ encontrado duas vezes na base da quadra J12, nas U12a e U12b respectivamente; o valor máximo foi de 118 mmolc kg⁻¹, detectado na U5 da quadra H12. Por fim, para o cátion K⁺, a média esteve em 75,77 mmolc kg⁻¹, com valor mínimo de 13,80 mmolc kg⁻¹ também na U12b, e um máximo de 240,40 mmolc kg⁻¹ na feição particular representada pela U15, na quadra H12 (ver Figura 26, Nível 2/UP4).

Quando os resultados são pensados em termos da distribuição espacial (Figura 39), percebe-se uma aparente maior dispersão nas quadras I12 e J12 para o elemento P disponível (N = 23, 247 – 1.690 mg kg⁻¹) e o cátion Ca²⁺ (N = 23, 24 – 278 mmolc kg⁻¹) respeito das quadras G12 e H12 (N = 10, 417 – 1.582 mg kg⁻¹ e 57 – 257 mmolc kg⁻¹, respectivamente). No entanto, as diferenças entre setores nas medianas dos teores não foram estatisticamente significativas (Figura 39a-b). Como observado com o COS, destaca-se o aumento na concentração horizontal do elemento P disponível de pouco mais do triplo na U1, da quadra G12 (CSQB02, com 417 mg kg⁻¹) para a H12 (CSQB07, com 1.329 mg kg⁻¹), havendo também um aumento no caso do cátion Ca²⁺ embora numa dimensão menor ao duplo (de CSQB02 = 151 mmolc kg⁻¹ para CSQB07 = 216 mmolc kg⁻¹). O comportamento vertical do elemento P disponível apresenta-se variável, sendo relativamente homogêneo ao longo da quadra G12 (Figura 37), com um pico na U5 (CSQB03, com 463 mg kg⁻¹) e um leve aumento desde os 10,6 cm até a base. Nas quadras I12 e J12 (Figura 37) há uma tendência à diminuição com a profundidade, mas com a presença de picos pronunciados na U3, na U6 e na U8c. O cátion Ca²⁺, não plotado (ver APÊNDICE 6), diminui com a profundidade na parte interna, enquanto nas quadras I12 e J12 há aumentos pontuais na U4, na U8b e na U8c.

É no setor interno onde os cátions Mg²⁺ (N = 10, 16 – 118 mmolc kg⁻¹) e K⁺ (N = 10, 21,5 – 240,4 mmolc kg⁻¹) aparentam ter uma maior dispersão quando comparados com o externo (N = 23, 13 – 111 mmolc kg⁻¹ e 13,8 – 222,5 mmolc kg⁻¹ respectivamente), mas, novamente, as medianas não foram significativamente diferentes (Figura 39c-d). O

aumento expressivo nas amostras da U1 da quadra G12 para a H12 se repete com estes cátions, sendo de pouco mais do triplo para o K^+ (de 38,4 para 133 mmolc kg^{-1}) e do duplo para o Mg^{2+} (de 50 para 100 mmolc kg^{-1}). O relativo decréscimo dos cátions com a profundidade é mais visível nas unidades estratigráficas interiores e na quadra I12 (com um leve pico na U4 e tirando o contexto particular da U16), enquanto na J12 têm-se aumentos variáveis na U4 (CSQB20, com 105 mmolc kg^{-1} de Mg^{2+}), na U6 (CSQB34, de 127,9 mmolc kg^{-1} de K^+) e na U8c (CSQB28, de 90,8 e 60,3 mmolc kg^{-1} de K^+ e Mg^{2+}).

A amostra do colúvio exibe, nas quatro variáveis, teores por dentro das dispersões centrais das amostras arqueológicas (Figura 39a-d), com a exceção do cátion Ca^{2+} nas quadras G12-H12, que está acima do terceiro quartil.

No que diz respeito dos óxidos, o SiO_2 , composto geogênico majoritário nos depósitos de um abrigo arenítico, apresentou na quadra G12 um aumento com a profundidade, desde 82,1 até 92,6%, sendo esse aumento verificado do topo até por volta dos 31 cm (U8b) na quadra J12, embora começando por valores muito menores, de 56,1 para 83,4% (Figura 40). Após um leve descenso na U8c, a concentração aumenta na U11 até a base do abrigo. Nas Figuras 40a-b e 41 esse indicador geogênico é comparado com os óxidos de P, Ca e Mg, indicadores habituais de aportes antrópicos na literatura (seção 1.2.2). Apesar da variação dos teores ser baixa (P_2O_5 : 0,12 – 0,73%, CaO : 0,14 – 4,65%; MgO : 0,13 – 0,91%), observa-se que a U3 é a claramente mais enriquecida nos três elementos, enquanto as amostras das unidades interiores U1, U5, U7, U8a e das unidades basais U11, U12a e U12b são as que exibiram as menores concentrações. A UE1, do colúvio, e a U8c apresentam valores baixos a intermédios, enquanto na U4 e na U6 são intermédios a altos.

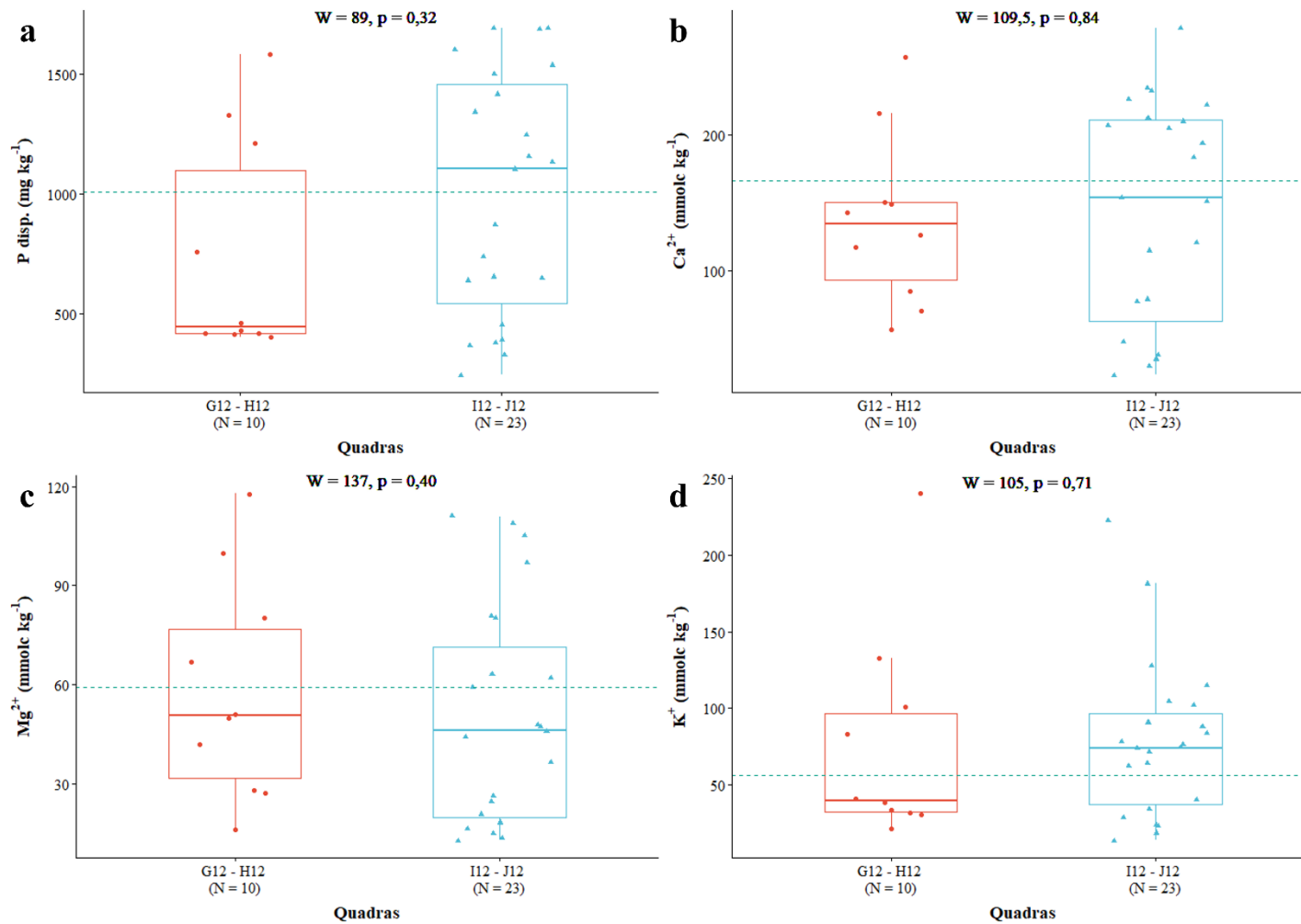


Figura 39 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo, em termos de P disponível (a), Ca^{2+} (b), Mg^{2+} (c) e K^+ (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W).

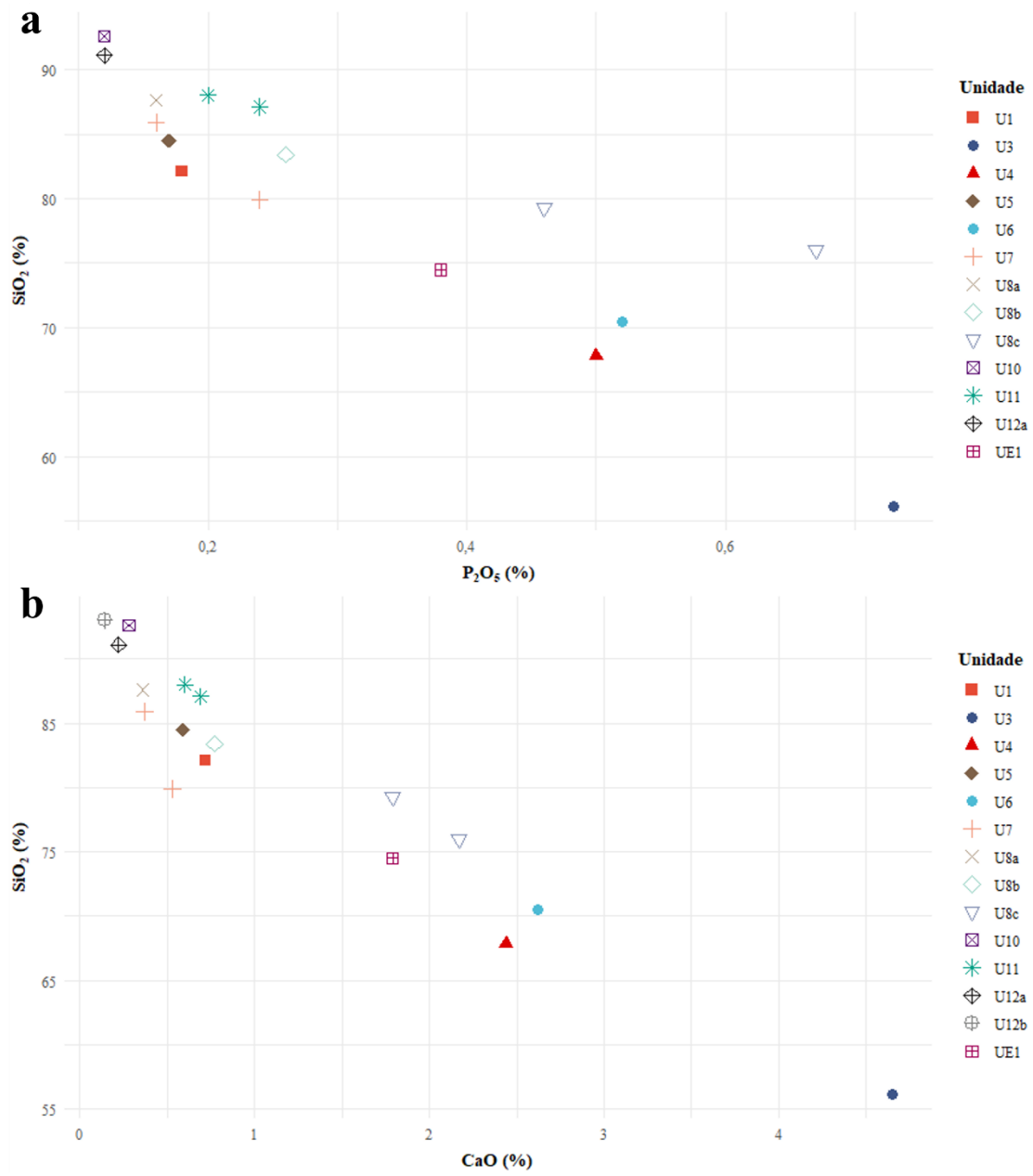


Figura 40 – Dispersão dos elementos majoritários P_2O_5 (a) e CaO (b) em relação ao SiO_2 em algumas (N = 17) amostras do sítio Abrigo do Alvo, segundo unidades estratigráficas das quadras G12 e J12 e do colúvio.

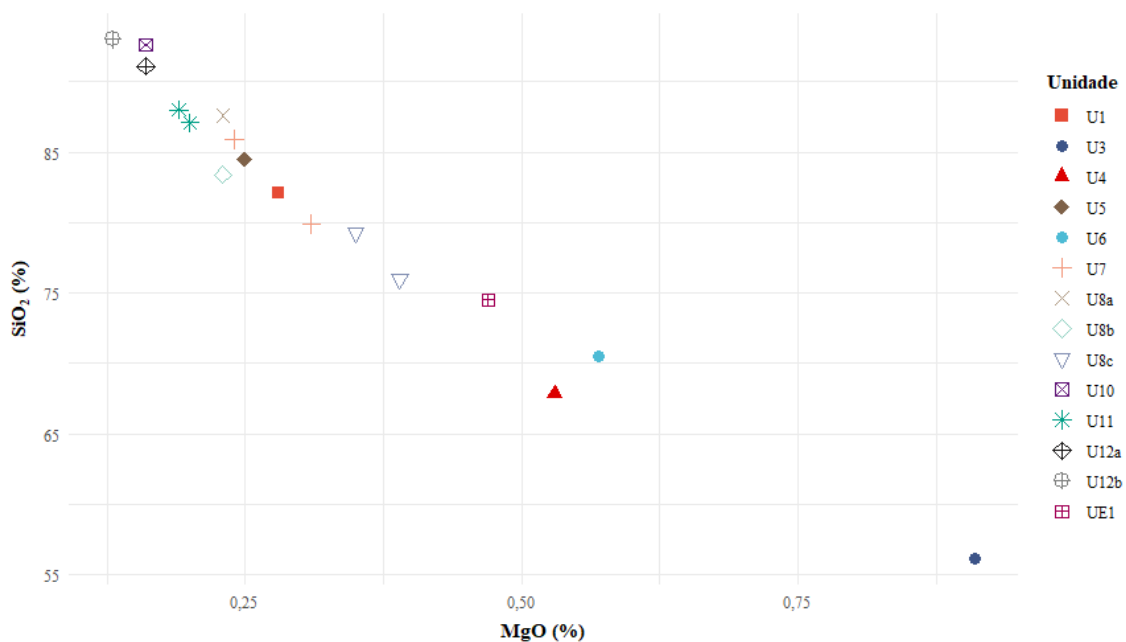


Figura 41 - Dispersão do elemento majoritário MgO em relação ao SiO₂ em algumas (N = 17) amostras do sítio Abrigo do Alvo, segundo unidades estratigráficas das quadras G12 e J12 e do colúvio.

Em termos de origem, tanto uma correlação significativa alta e positiva do COS com o P disponível (N = 34, $R^2 = 0,82$, $p < 0,001$) e o P₂O₅ (N = 15, $R^2 = 0,89$, $< 0,001$) quanto a presença de teores mínimos nas unidades basais do abrigo, de uma leve tendência à diminuição com a profundidade na quadra J12 e de um máximo na U3, quase no topo da mesma quadra poderiam fazer pensar numa contribuição biogênica num processo formador de solo para esse elemento, sob a forma de matéria orgânica vegetal maior no horizonte superior, sua posterior desintegração pela ação microbiana e consequente maior recepção/estabilização do elemento P (Holliday; Gartner, 2007; Weihrauch; Opp, 2018). No entanto, a detecção de picos em profundidade, incluindo um teor máximo de P disponível na U8c, poderia indicar um forte aporte antrópico do elemento P aos depósitos (Lowe et al., 2018). Como referência de base, o teor mínimo aqui obtido de P disponível, 247 mg kg⁻¹, está dentre os valores mínimos (~250 mg kg⁻¹) de vários dos registros do antropossolo por excelência do Brasil, i.e. as terras pretas amazônicas, estando a maioria dos valores por acima da média desses solos (Costa et al., 2009; Falcão et al., 2009; Glaser; Birk, 2012; Schaefer et al., 2004). É chamativa a ausência de uma correlação significativa com a densidade de carvão (P disponível: N = 23, $R^2 = 0,034$, $p = 0,88$; P₂O₅: N = 12, $R^2 = 0,37$, $p = 0,23$), sendo que este cumpre um papel importante na adsorção do elemento P (Falcão; Comerford; Lehmann, 2004).

Quanto às formas do elemento Ca, parece haver um comportamento semelhante ao do elemento P, com mínimos na base do abrigo, máximos no topo da quadra mais exposta, e alta e positiva correlação com o COS (Ca^{2+} : $N = 34$, $R^2 = 0,88$, $p < 0,001$; CaO : $N = 16$, $R^2 = 0,97$, $< 0,001$).

De fato, há uma alta e positiva correlação entre os elementos P e Ca (P disponível vs Ca^{2+} : $N = 34$, $R^2 = 0,81$, $p < 0,001$; P_2O_5 vs CaO : $N = 16$, $R^2 = 0,95$, $p < 0,001$), o que indicaria (antes de uma análise específica de fracionamento do P, e.g. Eidt, 1984; Vasconcelos et al., 2013) que as formas de P presentes nos depósitos são as ligadas ao Ca (P-Ca). Essas relações Ca-P-COS poderiam indicar uma forte contribuição antrópica sob a forma de atividades pirotécnicas (Milek; Roberts, 2013; Wilson; Davidson; Cresser, 2008). De fato, as relações das formas extraíveis dos elementos P e Ca com o K também trocável apontariam para o aporte das cinzas calcínicas (P disponível vs K^+ : $N = 34$, $R^2 = 0,87$, $p < 0,001$; Ca^{2+} vs K^+ : $N = 34$, $R^2 = 0,77$, $p < 0,001$). Mas, há de se considerar o papel dos ossos na relação entre os elementos P e Ca. De fato, há uma relação positiva significativa entre a forma total do primeiro e os ossos (P_2O_5 : $N = 12$, $R^2 = 0,84$, $p < 0,001$) e sugestiva entre estes últimos e a forma total do segundo (CaO : $N = 13$, $R^2 = 0,57$, $p = 0,042$)³⁰, o que pode colocar a fração inorgânica desses vestígios (a HAp) como fonte de dois dos indicadores habituais de contribuição humana aos depósitos.

Essa observação estaria também sustentada no comportamento do elemento Mg em profundidade, correlacionado com o COS ($N = 16$, MgO vs COS: $R = 0,87$, $p < 0,001$; $N = 34$, Mg^{2+} vs COS: $R = 0,85$, $p < 0,001$), com os elementos P ($N = 16$, MgO vs P_2O_5 : $R = 0,82$, $p < 0,001$) e Ca ($N = 16$, MgO vs CaO : $R = 0,86$, $p < 0,001$). Em termos de contextos pontuais de enriquecimento destacam-se sempre, além dos máximos na U3, a U4 e a U6 e, em menor medida, a U8c.

³⁰ A rigor, um *p-value* indica apenas a probabilidade de que uma síntese estatística de dados seja igual ou mais extrema do que o valor observado, sob um teste estatístico específico (Wasserstein; Lazar, 2016). Benjamin e Berger (2019) recomendam, de fato, usar um valor de 0,005 como limite, caso prefira-se usar ainda uma linguagem de significação estatística. Valores de *p* entre 0,05 e 0,005 devem ser chamados de “sugestivos”. Essa foi a recomendação seguida nesta Tese.

5.1.5 INAA

Os APÊNDICES 9, 10 e 11 apresentam os dados das concentrações elementares obtidas mediante INAA para todas as amostras (N = 36). O primeiro passo na avaliação sistemática dos resultados, prévio à análise por grupos composicionais, consistiu no controle de qualidade analítico (Munita; Glascock; Hazenfratz, 2019, p. 212), a partir do estudo dos dados obtidos para as amostras do material de referência (RM) *ISE-2015-1*. No APÊNDICE 8 são apresentados os valores encontrados para o RM, os valores refinados sem *outliers* e desvio padrão relativo (DPR) recalculado e os valores certificados para o material. Os elementos que apresentaram uma boa precisão, i.e. inferior a 10%, foram: Ce, Co, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Sc, Th e Yb. Os elementos Cr e Zn foram eliminados devido à alta dispersão dos dados. Além disso, o radioisótopo ^{65}Zn , com um pico de raios gama de 1.115,56 keV, apresenta interferência causada pelos picos dos radioisótopos ^{46}Sc , ^{152}Eu , ^{160}Tb e ^{182}Ta (IAEA, 1990, p. 247). O elemento Cs não foi analisado nos sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador devido a maioria dos valores obtidos estarem abaixo do nível de quantificação (APÊNDICE 8). Por fim, o elemento Ta foi removido pelas mesmas razões.

Na Figura 42 apresenta-se um diagrama de aranha com as concentrações de todos os elementos, incluindo os que foram removidos no controle de qualidade, transformadas a logaritmo de base decimal. Uma inspeção visual inicial das amostras permite observar as maiores concentrações em três das amostras das quadras internas G12 e H12. Seguem as amostras das quadras mais expostas I12 e J12, misturadas com a amostra do colúvio e, com menores concentrações, o restante das amostras interiores com a única amostra analisada da quadra E10, do fundo do abrigo.

A análise por agrupamento (*cluster analysis*) dos dados revelou um dendrograma com três grupos composicionais (Figura 43a). No grupo 1 há uma predominância de amostras de unidades estratigráficas superiores (e.g., U1, U2, U5, U7, U13), algumas delas enriquecidas em matéria orgânica do setor exposto (e.g., U3, U4, U6), basais (e.g., U10, U11, U12a) e do colúvio.

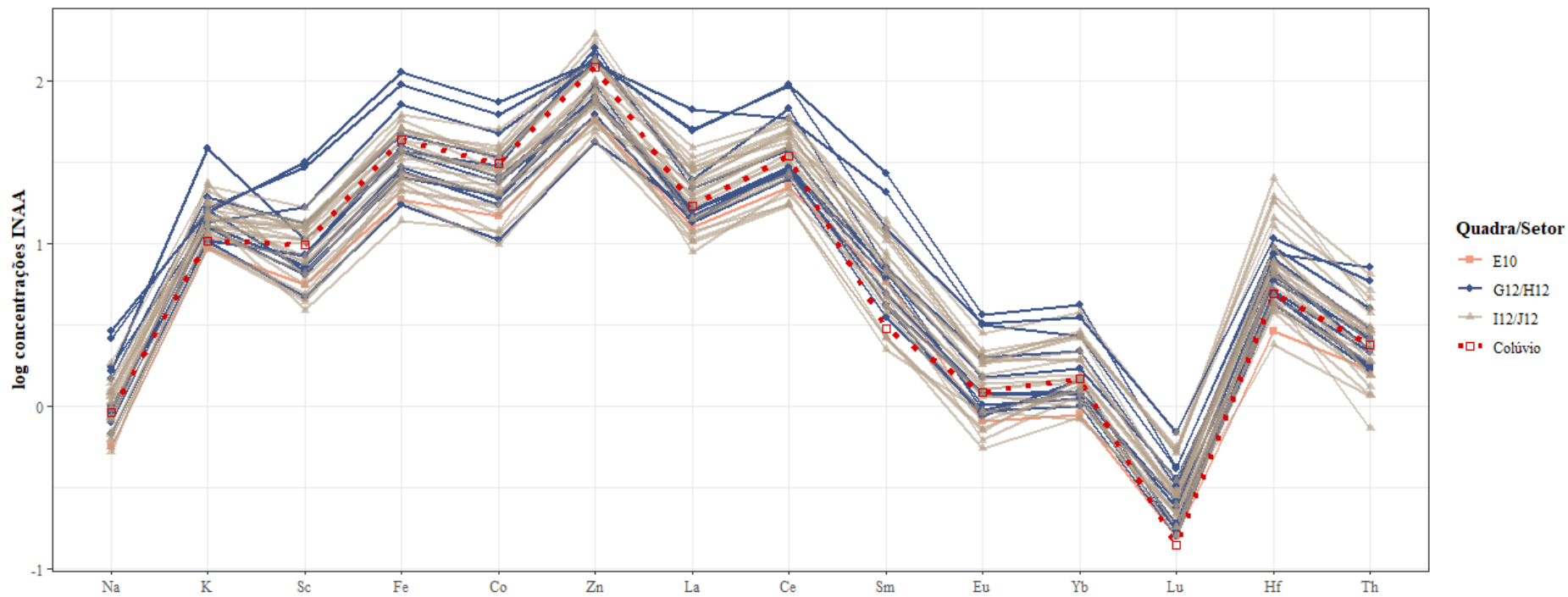


Figura 42 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo do Alvo, segundo amostras das quadras e amostra do colúvio.

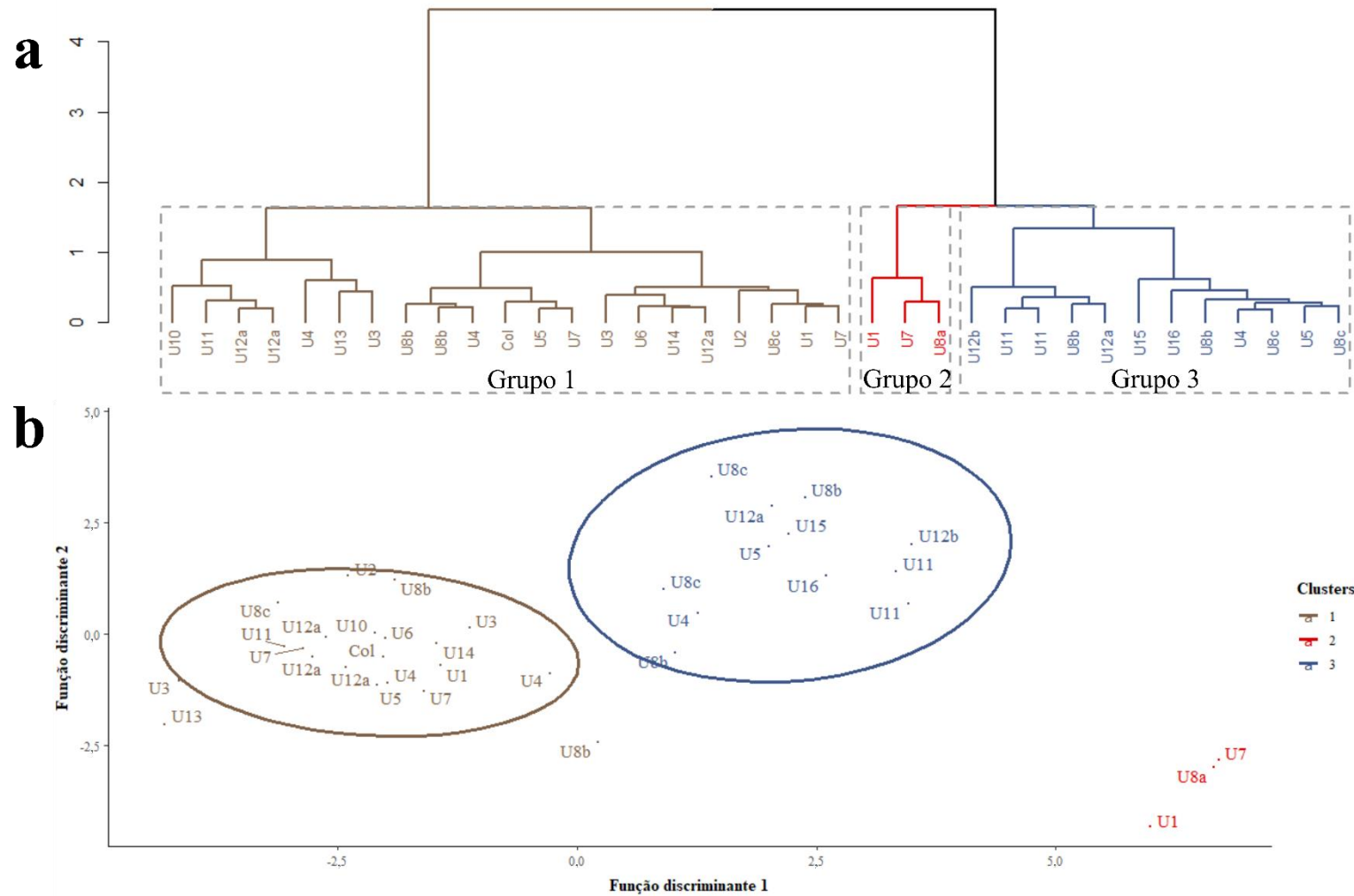


Figura 43 – Grupos (*clusters*) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo do Alvo e colúvio obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. Col = Colúvio.

O grupo 2 está conformado por apenas três amostras, uma da superfície da quadra G12, e as duas restantes procedentes da mesma quadra, do contexto com alta concentração de fragmentos de carvão (incluindo amostra ocasional CSQB35) e sedimento avermelhado na transição U7 com a U8a.

No grupo 3 percebe-se uma mistura de amostras de algumas unidades basais (e.g., porção superior das U11 e U12b, U12a) e de amostras de contextos específicos (e.g., U15 na base da quadra H12, U16 na quadra I12). A peculiaridade dessas amostras é que provêm de setores com alta frequência de restos vegetais carbonizados (ver Figura 37).

A análise discriminante linear (Figura 43b) permite observar a clara separação dos três grupos, sendo maior a distância entre o grupo 2 respeito dos grupos 1 e 3. Os últimos são separáveis num nível de confiança de 95%, embora com algumas amostras por fora das elipses. Devido às poucas amostras, a elipse não pôde ser calculada para o grupo 2.

Alguns padrões formativos podem ser observados a partir desses resultados. Assim, o grupo composicional INAA número 1 permite identificar um sinal predominantemente terrígeno e/ou pedogênico do sítio, reunindo unidades estratigráficas basais e superiores, algumas delas exibindo continuidade lateral só interrompida pelo matacão, como as U1 - U2 e U5 - U4. O grupo 2 apontaria para um sinal mais específico, talvez pirogênico mas com importante presença de argila, potencialmente em posição primária da transição U7/U8a, com a amostra da superfície da quadra G12 mais afastada (Figura 43a). Por fim, o grupo 3 indicaria também um sinal pirogênico que nucleia feições específicas com sedimentos escuros com carvão e manchas esbranquiçadas (para U15, ver Figura 26, quadra H12, Nível 2/UP4, para U16, Figura 27, quadra I12, Nível 2/UP2) junto com unidades ricas em carvão sem feições aparentes contendoras vistas em campo (Figura 23).

Ao serem consideradas as médias e desvio padrão das concentrações para os três grupos (Tabela 9), é possível observar que o grupo 2 foi o que apresentou a maior concentração na maioria dos elementos estudados, seguido pelo grupo 3 e, finalmente, o grupo 1. Os elementos K e Sc possuem, no entanto, valores menores no grupo 2 do que no grupo 3.

Tabela 9 – Média e desvio padrão das concentrações elementares (em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado) do sítio Abrigo do Alvo e amostra de colúvio, de forma total e segundo grupos composicionais identificados

Elemento	Total (N = 36)	Grupo 1 (N = 21)	Grupo 2 (N = 3)	Grupo 3 (N = 12)
Na (mg g^{-1})	1,13±0,53	0,82±0,19	2,42±0,61	1,35±0,23
K (mg g^{-1})	14,83±5,47	12,54±3,36	15,14±1,52	18,75±6,88
Sc	10,47±5,97	7,05±2,05	25,81±7,95	12,63±1,56
Fe (mg g^{-1})	39,81±20,75	27,64±8,10	92,45±20,67	47,96±7,90
Co	27,97±14,09	19,87±6,44	61,52±13,48	33,76±7,36
La	22,71±12,29	15,09±3,44	54,54±9,41	28,10±4,91
Ce	39,96±18,88	28,07±7,07	83,09±20,58	49,99±8,87
Eu	1,52±0,77	1,01±0,26	3,35±0,22	1,96±0,35
Yb	1,82±0,87	1,22±0,23	3,48±0,73	2,45±0,58
Lu	0,30±0,15	0,21±0,05	0,51±0,16	0,41±0,14
Hf	7,81±4,86	5,07±1,38	9,71±1,01	12,14±5,97
Th	2,77±1,50	1,88±0,58	5,67±1,59	3,60±1,26

5.1.6 Espectroscopia FTIR

Apresentam-se, na Tabela 10, os minerais detectados por meio de espectroscopia FTIR segundo unidades estratigráficas, junto com as bandas de absorvância indicativas encontradas e as referências usadas na interpretação. Na Figura 44 são apresentados os espectros de infravermelho característicos das quadras G12, I12 e J12 do sítio e da amostra de colúvio.

Os principais componentes do sítio são os argilominerais e o quartzo. Embora a espectroscopia FTIR não seja a técnica mais recomendada para discriminar argilominerais em misturas (Weiner, 2010), a presença de três bandas na região das oxidrilas, a 3695 cm^{-1} (estiramento simétrico no plano), a 3650 cm^{-1} (estiramento fora do plano) e a 3620 cm^{-1} (estiramento dos grupos OH interiores), indicam a presença de caulinita (Farmer, 1998; Madejová, 2003), junto com as bandas ao redor de 1030 cm^{-1} (estiramento Si - O), 530 cm^{-1} (dobramento Si - O - Al) e ao redor de 470 cm^{-1} (dobramento Si - O - Si). Já o quartzo é indicado pela banda ao redor do 1080 cm^{-1} e o duplet em torno dos $798\text{-}778\text{ cm}^{-1}$ (estiramento Si - O), e pela banda ao redor do 694 cm^{-1} (dobramento C - O) (Lippincott et al., 1958). Caulinita é o principal argilomineral encontrado em solos do Brasil (Melo et al., 2001). O predomínio de argilominerais sobre o quartzo é observado nas amostras da quadra J12 e no colúvio (U3, U6 e colúvio em Figura 44). A presença de fases amorfas de sílica é indicada pelos picos mais largos na região de estiramento Si - O ao redor de 1080 cm^{-1} encontrados nas amostras do setor interno (quadra G12, ver U7 e U8a na Figura 44) e pela banda ao redor do 1100 cm^{-1} (Weiner, 2010, p. 299).

Um problema de fundamental importância na análise de FTIR é o da detecção de alteração térmica dos sedimentos (Berna et al., 2007; Mentzer, 2014). Os únicos indícios claros de que ela ocorreu nos depósitos do abrigo foram encontrados em duas amostras, uma quase na base da quadra H12 (U7, amostra CSQB10), e outra na quadra J12 (U3, CSQB19, ver Figura 44). Eles foram interpretados com base nos experimentos de Berna et al. (2007) e consistem em: ausência dos picos diagnósticos das argilas na região das oxidrilas (i.e., ao redor dos 3691, 3650 e 3620 cm^{-1} na caulinita); movimento da banda típica ao redor de 1035 cm^{-1} para maiores números de onda, aqui para ao redor do 1070 cm^{-1} ; ausência da absorção por volta dos 530 cm^{-1} ou pouca definição do vale entre este e a banda ao redor dos 460 cm^{-1} . Consideradas de forma conjunta, essas variações podem indicar temperaturas de queima de, pelo menos, 500°C (Berna et al., 2007; Forget et al., 2015; Villagran et al., 2017). No entanto, a não realização de provas de queima de sedimento de fora do sítio neste trabalho suscitam cautela nesta interpretação e uma consequente consideração à luz dos outros indicadores analisados (ver Capítulo 7). Desta feita, não é possível também descartar a presença de sedimentos alterados por queima em outras unidades estratigráficas, cujos espectros possam ter ficado obliterados pelo fato de constituírem misturas com sedimentos não alterados (Berna et al., 2007, p. 366).

Tabela 10 – Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo do Alvo e amostra do solo externo.

Componente	Bandas de absorbância características (cm ⁻¹) encontradas	Unidades estratigráficas (U) e amostra (sem o “CSQ”)	Referências
Quartzo	Ombro 1082-1100, Duplet 795 a 797- 778 a 781, 693 a 695, 512 a 516	U5 (B02), U7 (B35), U8a (B05), U7 (B10), U8b (B18), U3 (B19), U4 (B20), U6 (B34), U8c (B22), UE1 (Colúvio, B76)	Lippincott et al. (1958); Weiner (2010)
Argilominerais (provável caulinita)	3691 a 3695, 3647 a 3657, 3619 a 3627, 3422 a 3424, 1029 a 1037, 530 a 535, 464 a 470, 423	U5 (B02), U7 (B35), U8a (B05), U8b (B18), U4 (B20), U6 (B34), U8c (B22), UE1 (Colúvio, B76)	Farmer (1998); Madejová (2003)
Argilominerais termicamente alterados	Sem bandas ao redor 3691, 3650, 3620, 1073 a 1076, banda única 454 a 464 (sem vale ao redor 530 e 470)	U7 (B10), U3 (B19)	Berna et al. (2007)
Ácido húmico	1617 a 1618	U5 (B02), U7 (B35), U8a (B05), U7 (B10), U8b (B18), U3 (B19), U4 (B20), U6 (B34), U8c (B22), UE1 (Colúvio, B76)	Weiner (2010)
Matéria orgânica	Duplet 2920 a 2922 – 2851, 1617 a 1618	U5 (B02), U7 (B10), U3 (B19), U4 (B20), U8c (B22), U6 (B34)	Weiner (2010)
Sílica amorfa (opala)	Banda larga ao redor 1080, 1108	U5 (B02), U7 (B35), U8a (B05), U8b (B18), U8c (B22)	Weiner (2010)

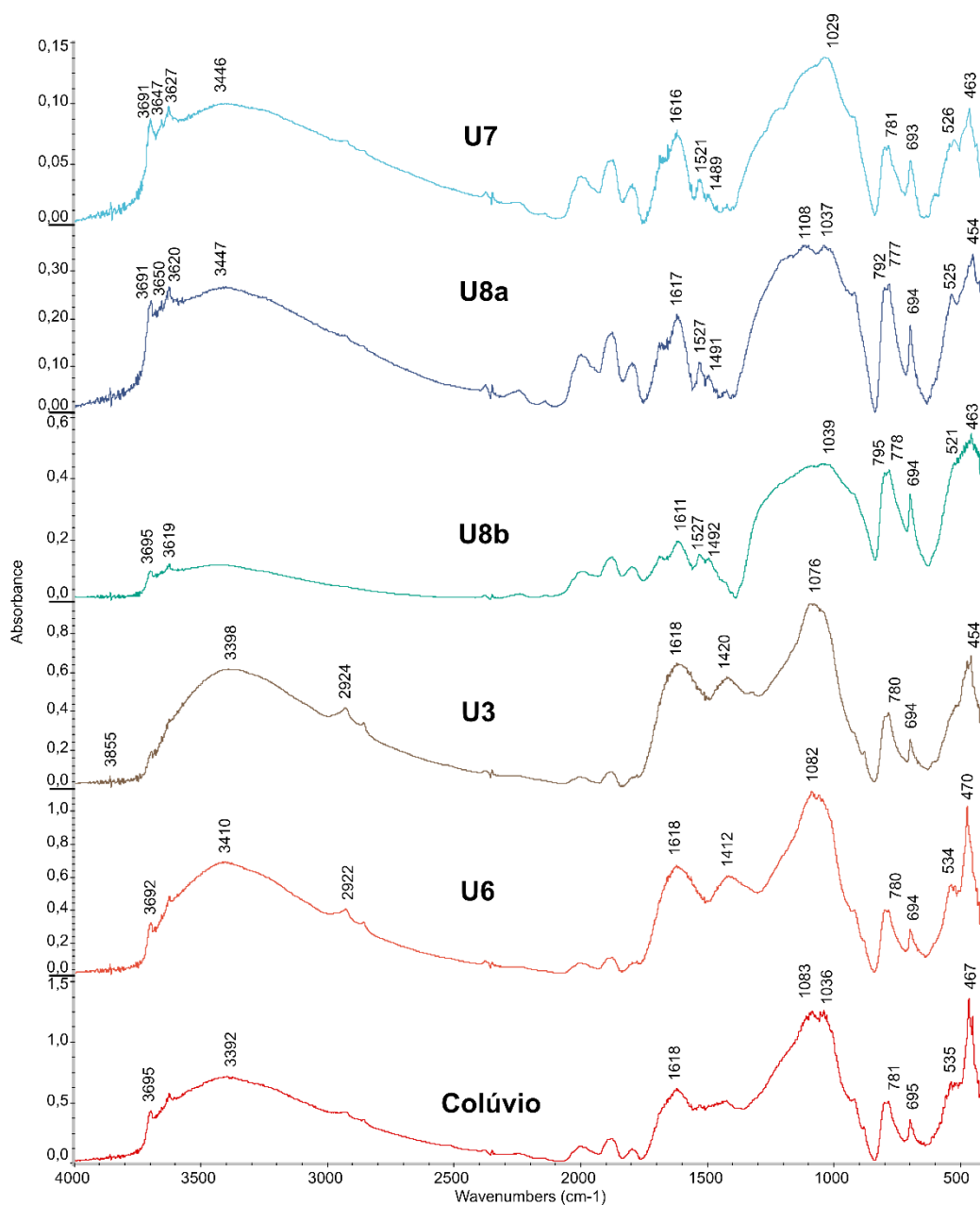


Figura 44 – Espectros FTIR das unidades estratigráficas U7 (amostra ocasional CSQB35), U8a, U8b, U3, U6 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo. Na U7, quadra G12, nota-se a presença de argilominerais (3691, 3650, 3620, 3446, 1029, 526, 463 cm^{-1}), também indicada (mesmo que não marcada) pela banda de deformação das OH ao redor de 915 cm^{-1} , quartzo (duplet em 781 cm^{-1} , banda 693 cm^{-1}), possíveis fases amorfas da sílica (banda larga ao redor 1080 cm^{-1}) e ácidos húmicos (duplet em 1616 cm^{-1}). Na subjacente U8a, notam-se os mesmos componentes, com maior presença de quartzo e possível presença de opala (1108 cm^{-1}). Maior presença de quartzo é notória na U8b. Na U3, o sumiço dos picos dos argilominerais na região das OH, a virada do pico 1030 cm^{-1} da argila para 1076 cm^{-1} , e a prática ausência do pico ao redor 530 cm^{-1} , assinalam alteração térmica. Na U6 há os mesmos componentes básicos com maior presença de argila, algo observado também no colúvio.

5.2 Sítio Abrigo Roncador

A Figura 45a apresenta a seção vertical NE da quadra C10 do Abrigo Roncador. Foi identificado, de acordo tanto com as descrições e fotografias disponíveis da campanha de 2017 quanto com as observações do autor em 2020, um total de quatro unidades estratigráficas (Figura 45b). A caracterização em campo permitiu observar uma alta homogeneidade entre as camadas, todas de areia fina e média, apenas diferenciáveis entre si, sendo o principal critério de distinção (além da cor), a presença de raízes, de silte e de cascalho. A Tabela 11 apresenta a descrição das unidades estratigráficas identificadas e a sua relação com as UP escavadas em 2017.

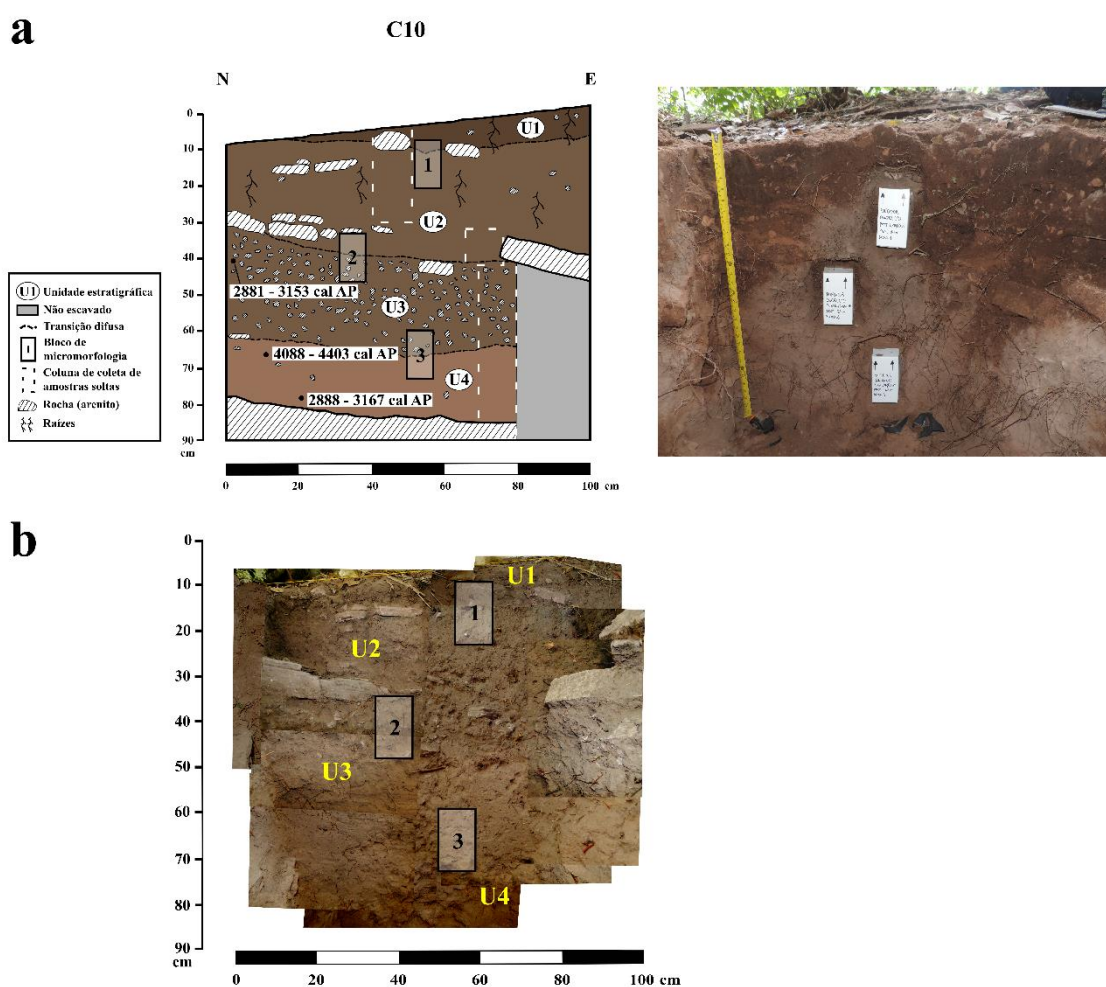


Figura 45 - Desenho (a, esquerda) e fotografia (a, direita) da seção estratigráfica NE da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. Indicam-se amostras coletadas e as idades radiocarbônicas calibradas. Mosaico fotográfico da seção conforme vista em 2017 (b), com destaque para unidades estratigráficas e blocos indeformados coletados. Ver descrição na Tabela 11. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Nicolás Batalla (a, direita) e de Astolfo G. M. Araujo e equipe (b).

Tabela 11 - Unidades estratigráficas reconhecidas em seção vertical (quadra C10) no sítio Abrigo Roncador

Unidade estratigráfica	Profundidade (cm)	Descrição	Unidades correspondentes reconhecidas em planta em 2017 (UP e nível)
U1	0 – 9,9	Arenosa (fina e média) com matéria orgânica. Bruno-escuro (7.5 YR 3/3). Com seixos (5%) e calhaus (3%) de arenito. Solta. Transição inferior difusa e plana. Com raízes comuns.	UP1, Nível 1
U2	9,9 – 40,7	Areia (fina e média) franca. Bruno (7.5 YR 4/3). Com seixos (10%), calhaus (5%) e matacões (1%) de arenito. Com carvão (5%). Macia. Transição inferior difusa e plana. Com muitas raízes.	UP2 UP3
U3	40,7 – 60,2	Arenosa (fina e média) pouco cascalhenta (8 a 15% cascalho). Bruno (7.5 YR 4/3). Com seixos (10%) e calhaus (3%) de arenito. Com carvão (10%). Macia. Transição inferior difusa e ondulada. Com poucas raízes.	UP4 UP5
U4	60,2 – 80,4	Arenosa (média). Vermelho-amarelado (5YR 4/6 e 5YR 5/6). Com seixos (3%) e calhaus (15%) de arenito mais próximos à base. Com carvão (5%). Ligeiramente dura. Transição inferior clara e ondulada.	UP6, Nível 7 UP7 UP9
Base do abrigo	80,4 – 106,4	Rocha base (arenito), com calhaus e matacões.	-

Na Figura 46 são apresentados os setores onde foram realizadas as amostragens externas ao abrigo, tanto no colúvio (a1, b-d) quanto no solo do tálus da serra (a2, e), respectivamente. A Tabela 12 mostra a descrição de campo das unidades estratigráficas externas correspondentes (UE1 de cada caso).

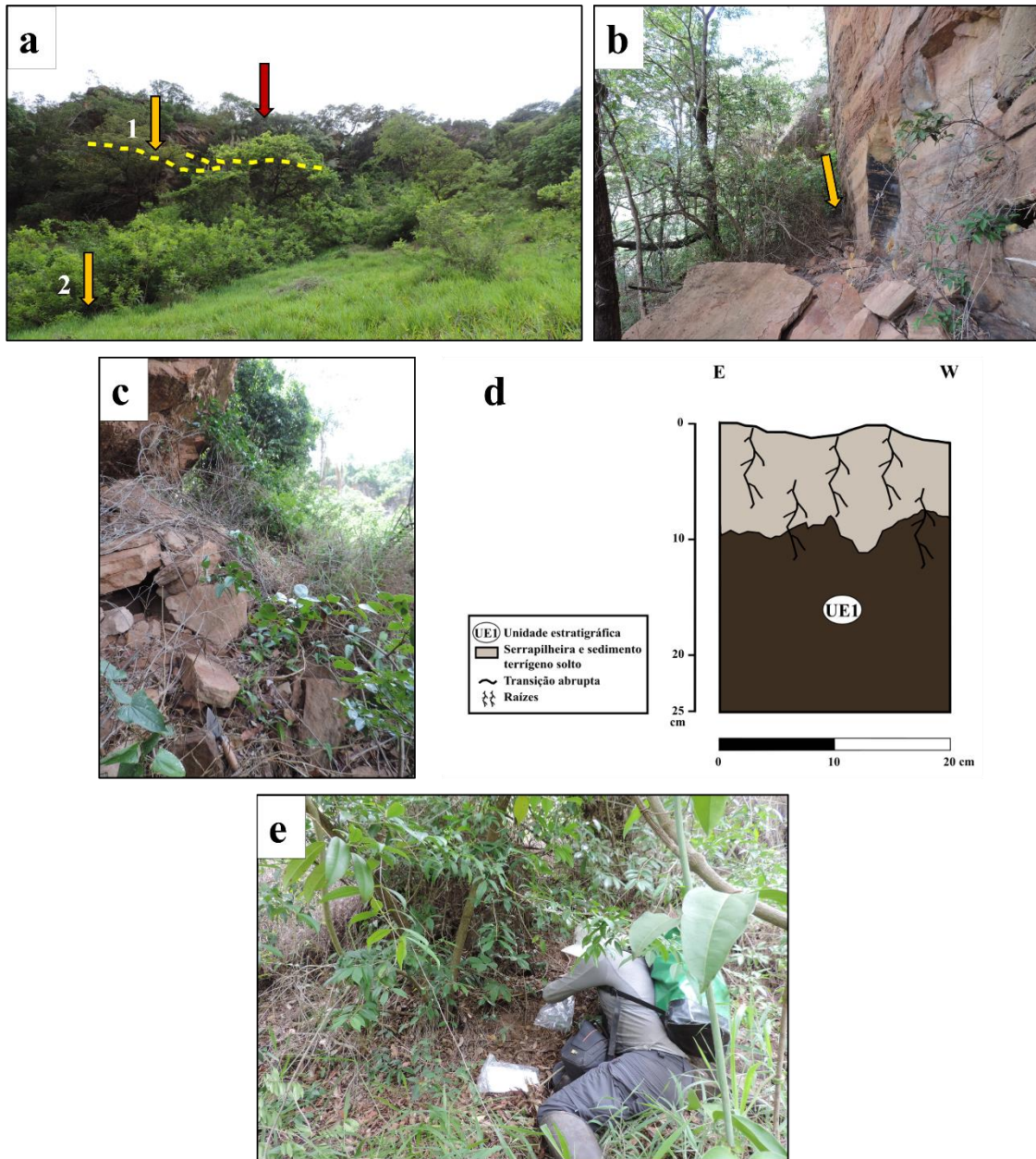


Figura 46 - Amostragem externa ao sítio Abrigo Roncador. A primeira coleta (a, seta laranja 1) foi realizada no colúvio a 25 m a E do abrigo (a, seta vermelha), no patamar onde se assenta o sítio (a, linha tracejada amarela). O material coluvionar (b, seta laranja), foi amostrado abaixo da serrapilheira e dos blocos e matações soltos (c-d). A segunda coleta (a, seta laranja 2) foi feita na superfície do solo a 30 m do abrigo, no sopé da encosta (e).

Tabela 12 - Unidades estratigráficas reconhecidas na amostragem externa ao sítio Abrigo Roncador

Ponto de amostragem	Unidade estratigráfica	Profundidade (cm)	Descrição
Colúvio	UE1	10 - 25	Arenosa (média) com matéria orgânica. Bruno muito escuro (10YR 2/2). Com seixos (2%) de arenito. Macia. Com muitas raízes.
Solo (Horizonte A)	UE1	0 - 10	Areia (média) franca. Bruno (7.5 YR 4/3). Com seixos (10%) de arenito e basalto. Solta. Com muitas raízes.

A descrição e destaque dos componentes macroscópicos (antropogênicos e não antropogênicos) recuperados em campo são realizados no APÊNDICE 12. Nas Figuras 47, 48, 49 e 50 apresentam-se desenhos e fotografias das plantas escavadas na quadra C10. Devido ao abrigo estar voltado a nordeste (ver Figura 9b) e a quadra não estar orientada num sentido N – S, por motivos de praticidade do registro durante a escavação a seta do norte na planta foi colocada apontando para o NW geográfico. Os setores que integram a seção amostrada nesta Tese correspondem, portanto, ao lado leste das Figuras 47 até 50.

Em termos de depósitos de origem antrópica, o Abrigo Roncador parece estar nas antípodas do Abrigo do Alvo. Em efeito, não foram observados em campo os potenciais indícios de feições de combustão que sim caracterizaram várias das UP registradas no Alvo. Contudo, em relatório de pesquisa, Araujo (2019b) destacou a ocorrência de sedimentos cinzentos nas camadas do sítio, que poderiam indicar a presença de cinzas derivadas da queima de madeira. O único indício de potenciais atividades pirotécnicas, documentado tanto durante a escavação (APÊNDICE 12) quando na visita do autor ao sítio, foram os fragmentos de carvão vistos nas U2, U3 e U4.

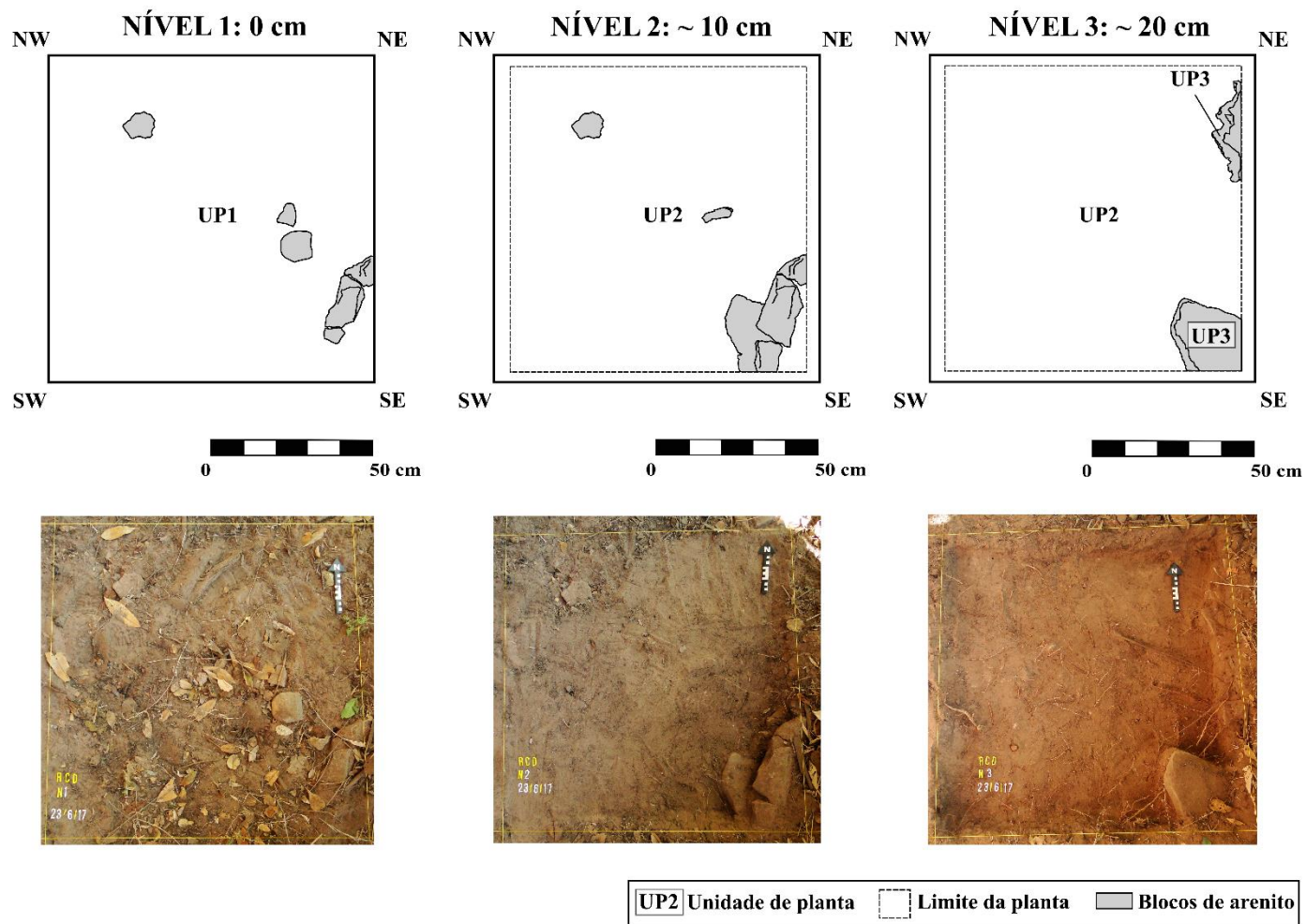
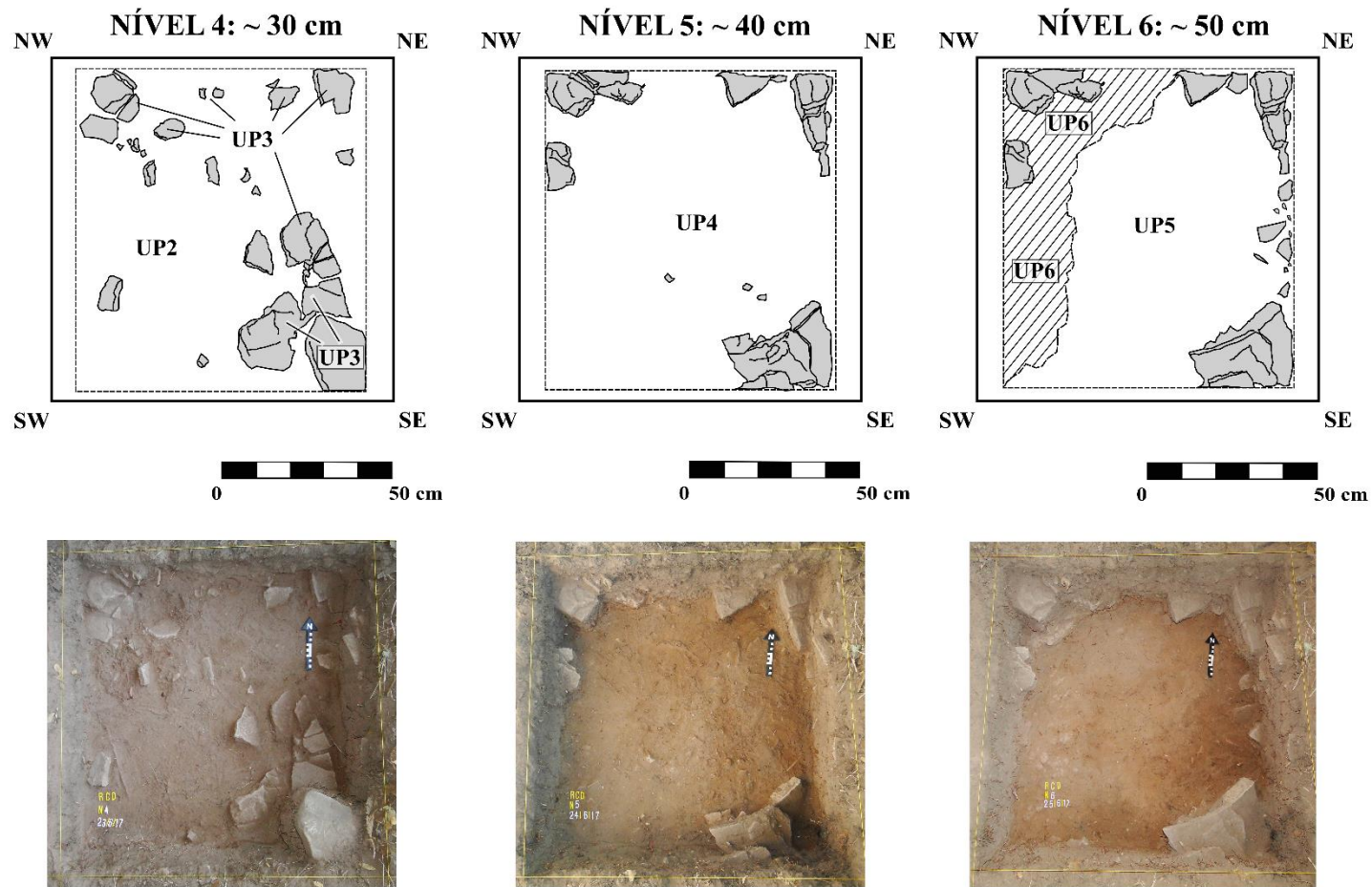


Figura 47 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas superiores escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.



UP3 Unidade de planta
 ~ Transição difusa
 □ Limite da planta
 ▨ Cascalho caído do teto/paredes
 ■ Blocos de arenito

Figura 48 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas intermédias escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

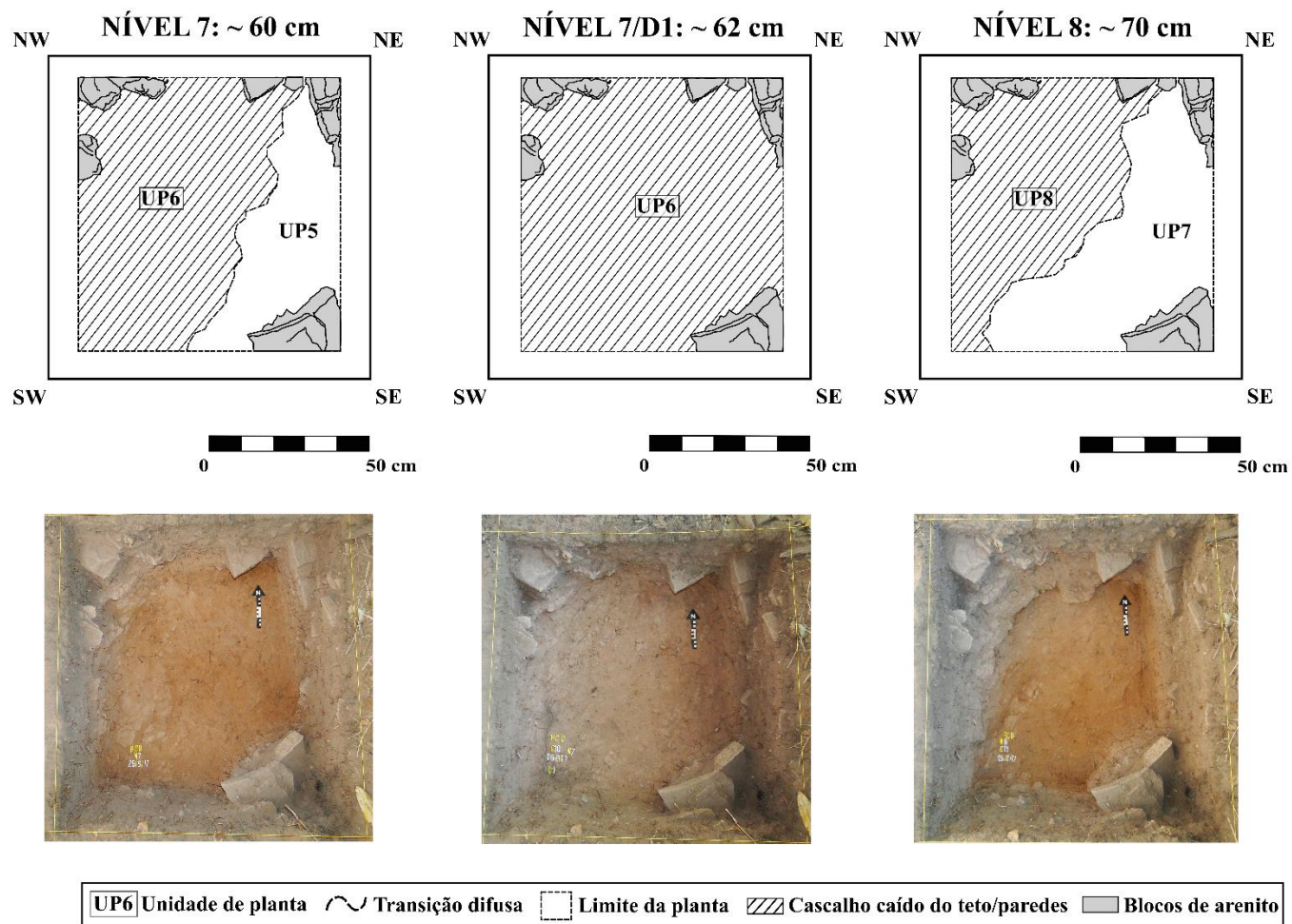


Figura 49 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas inferiores escavadas na quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A expressão “D1” no nível 7 indica a primeira decapagem desse nível. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

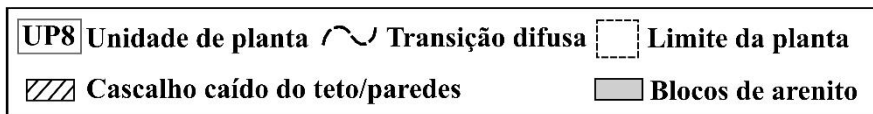
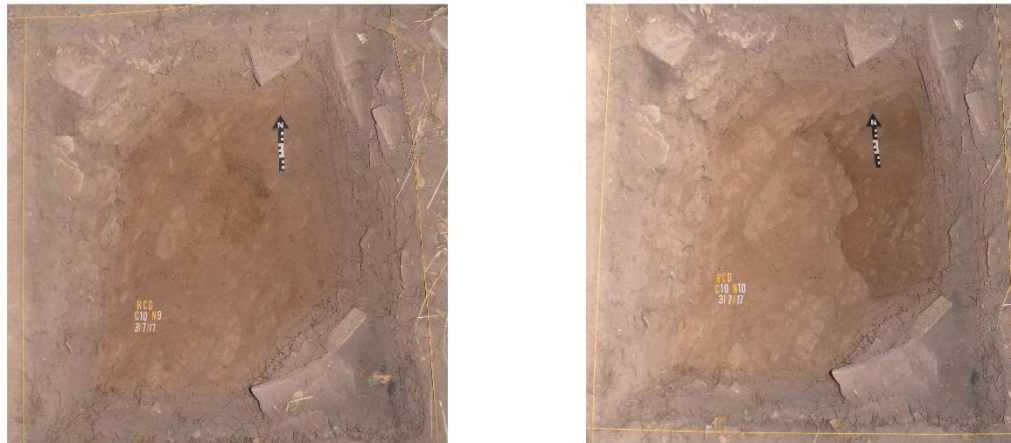
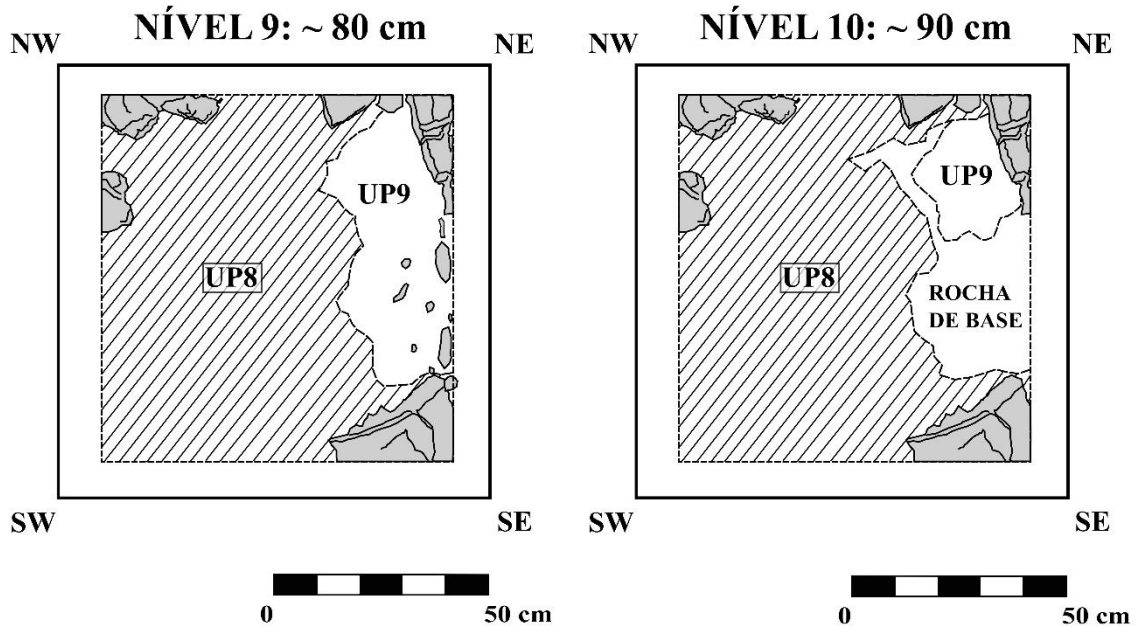


Figura 50 - Desenho esquemático (superior) e fotografia (inferior) das plantas escavadas na base da quadra C10, com destaque para as UP identificadas. A seta do norte da planta não corresponde ao norte geográfico. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

5.2.1 Micromorfologia

Como já indicado (Capítulo 4), foram coletados três blocos indeformados de sedimento neste sítio, cuja procedência estratigráfica foi apresentada na Figura 45a. A alta homogeneidade observada nas unidades estratigráficas da quadra C10 foi também encontrada no âmbito das observações meso e microscópicas. No APÊNDICE 13 apresentam-se os dados micromorfológicos das seções delgadas, onde se aprecia que foi identificada, em cada uma delas, apenas uma fábrica (Fb). Em efeito, não foi possível observar de forma clara as transições entre unidades estratigráficas vistas em campo na seção vertical da quadra. Na Tabela 13 são sistematizados os dados dos componentes da fração grossa. Nas Figuras 51 e 52 são apresentadas as seções delgadas escaneadas e principais fotomicrografias associadas.

O padrão principal do fundo matricial consiste numa microestrutura de grãos de quartzo tamanho areia muito fina a média, sempre acima do 40%, interligados a revestidos ou peliculados, com presença de fragmentos angulosos a subangulosos de arenito, e uma distribuição relacionada g/f gefúrica convexa a quitônica (Figura 51c-d). O aspecto mais chamativo da micromassa é a presença de MO sob duas formas: MO denominada de polimórfica (Buurman; Jongmans, 2005; De Coninck, 1980), como pellets excrementais porosos de 100 a 300 μm que ocorrem entre os grãos minerais, mas que localmente também formam agregados subarredondados milimétricos; MO denominada de monomórfica (De Coninck, 1980), como revestimentos (pedocaracteres intrusivos, Stoops, 2021, p. 146-149), junto com argila com silte ao redor dos grãos minerais (Figura 53e-f).

No topo da sequência, a seção delgada 1, que cobre a transição U1/U2, apresenta um 50-60% de grãos de quartzo e feldspato interligados e muito poucos (1%) fragmentos de arenito, com um 30-40% de vazios, a maioria (ao redor do 90%) de empacotamento simples, mas também com vesículas e canais. A micromassa é formada basicamente por pellets de MO polimórfica (Figura 51c-d, f-h) e por traços de argila com silte húmico (Figura 51e-f) e potencialmente partículas de microcarvão. Destaca-se a presença comum de resíduos de tecidos vegetais (Figura 51e, Figura 53a-d), fundamentalmente de raízes (16-30%) e fitólitos (2%) (Figura 53a-b). Fragmentos subarredondados de carvão tamanho areia fina (1%) foram também observados.

A seção delgada 2, que cobre a transição U2/U3, exhibe na fração mineral grossa uma leve menor proporção de grãos de quartzo (40%) e uma maior quantidade (25%) de fragmentos de arenito, em sua maioria de tamanho seixo (Figura 52a, c). Destaca também uma maior porosidade (40%), com leve aumento das vesículas e canais (que chegam até 10-20%) (Figura 52a-b), e agregados excrementais de MO polimórfica, internamente porfíricos, que chegam até os 5 mm de tamanho. Por fim, tecidos de raízes e fragmentos de carvão (Figura 52a, d) são levemente mais frequentes (5-10%).

A seção delgada 3 (Figura 52e-f), na transição da U3 para a U4, apresenta características semelhantes às observadas na seção 1 em termos de fração mineral grossa, mas há um aumento do espaço ocupado pelos vazios (ao redor do 50%) (Figura 52e, h). É destacável também a diminuição na abundância e tamanho dos agregados de MO polimórfica, sendo os menores de todas as seções (Figura 52i-j). Os fragmentos de carvão mantêm aqui a frequência, tamanho e forma dos observados na seção 2 (Figura 52e).

O principal pedocarácter observado é o revestimento, com MO monomórfica e muito pouca argila, em torno dos grãos minerais (Figura 53e-f). O segundo pedocarácter é o constituído pelos preenchimentos, que diminuem em frequência do topo (10%) à base (5%) da seção vertical, a maioria descontínuos soltos, mas há presença de marcas de passagem (Figura 52e). A presença dos revestimentos monomórficos e dos agregados excrementais polimórficos na micromassa leva a pensar num processo de iluviação, onde ocorre a translocação de humus com formas complexadas dos elementos Al e Fe ao longo do perfil ou seção vertical (Buurman; Jongmans, 2005; Wilson; Righi, 2010). A problemática pós-deposicional envolvida e suas implicações serão tratadas no Capítulo 7 (Discussão).

Tabela 13 – Características dos componentes minerais e de origem orgânica da fração grossa das amostras coletadas na seção NE, quadra C10

Componente	Descrição (tamanho, forma, arredondamento, seleção)	Distribuição e orientação básicas	Distribuição e orientação referenciadas	Alteração	Fb
Quartzo	Areia muito fina a média, equidimensional a oblata, subanguloso a bem arredondado, moderada a boa	Aleatória e aleatória	-	-	1/1, 2/1, 3/1
Feldspato	Areia fina, equidimensional a oblata, subanguloso a subarredondado, moderada a boa	Aleatória e aleatória	-	-	1/1, 2/1, 3/1
Fragmento de rocha (arenito)	Grânulo a seixo, equidimensional a oblata, anguloso a subanguloso, baixa a moderada	Aleatória e aleatória	Grãos internos em bandas paralelas bimodais à borda do fragmento de rocha	-	2/1, 3/1
	Grânulo a seixo, equidimensional a oblata, anguloso a subanguloso, baixa a moderada	Aleatória e aleatória	Grãos internos em bandas paralelas bimodais à borda do fragmento de rocha	Desagregação	1/1, 2/1
Carvão	50 µm - 9 mm, equidimensional a oblata, anguloso a subarredondado, sem seleção a muito baixa	Aleatória e aleatória	-	Dissolução	1/1, 2/1, 3/1
Fitólito	Areia muito fina, alongada espinhosa, anguloso, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	-	1/1
Resíduo de tecido vegetal	1 – 3 mm, prolata, subanguloso, sem seleção a muito baixa	Aleatória e aleatória	-	Fragmentação pela fauna do solo (<i>mashing</i>)	1/1, 2/1, 3/1

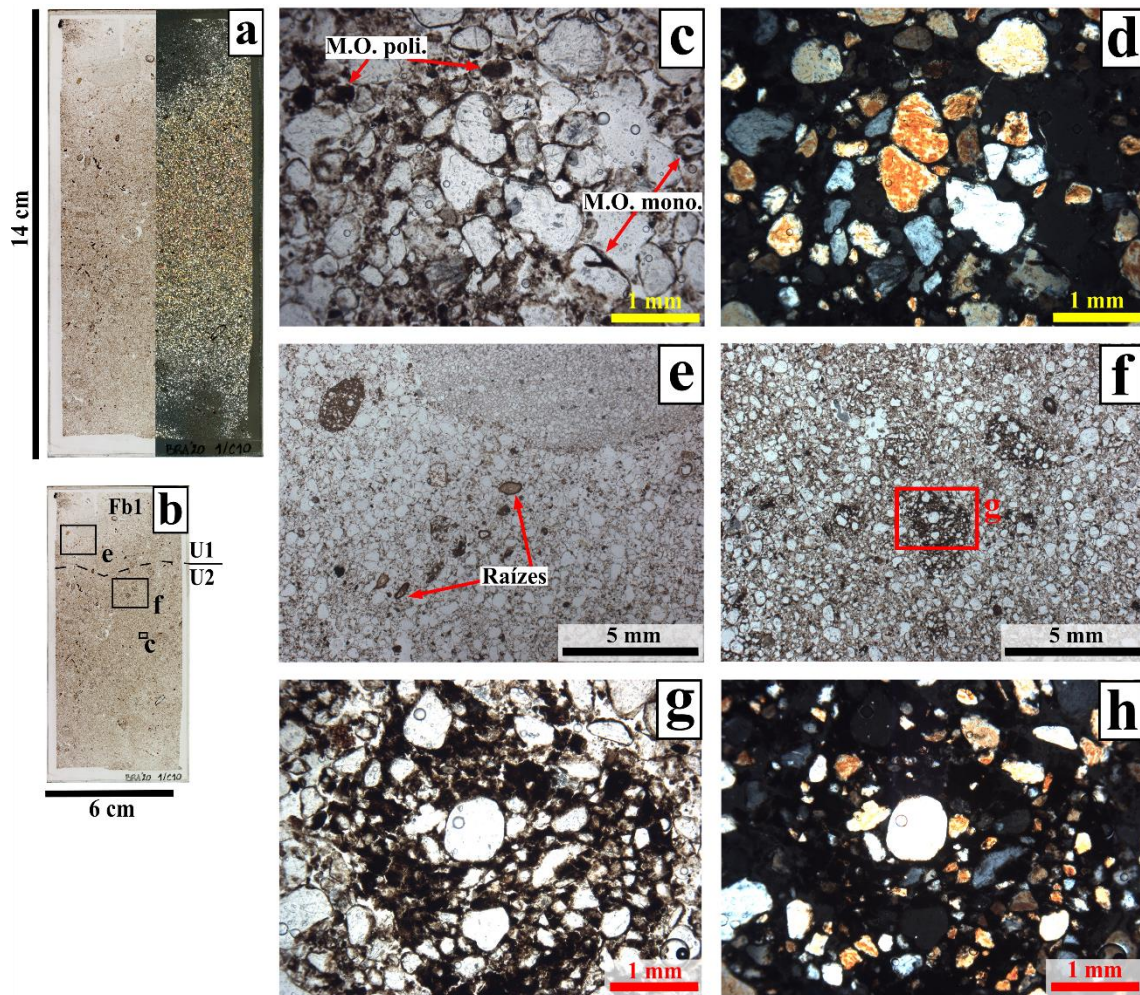


Figura 51 – Seção delgada 1 da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. O escaneio (a) em PPL (direita) e XPL (esquerda) permite ver a presença de basicamente areia e tecidos vegetais. A seção anotada (b) indica a única fábrica presente, transição entre as U e retângulos onde foram tiradas as fotomicrografias. Uma microestrutura de grãos de quartzo interligados em distribuição relacionada g/f gáfica convexa a quitônica, com frequentes excrementos de MO polimórfica e revestimentos de MO monomórfica, é observada em PPL (c) e XPL (d). Raízes e outros tecidos vegetais destacam na fração grossa (e, PPL). A MO polimórfica forma agregados maiores (f, PPL) com grãos minerais, internamente porfíricos (g, em PPL; h, em XPL).

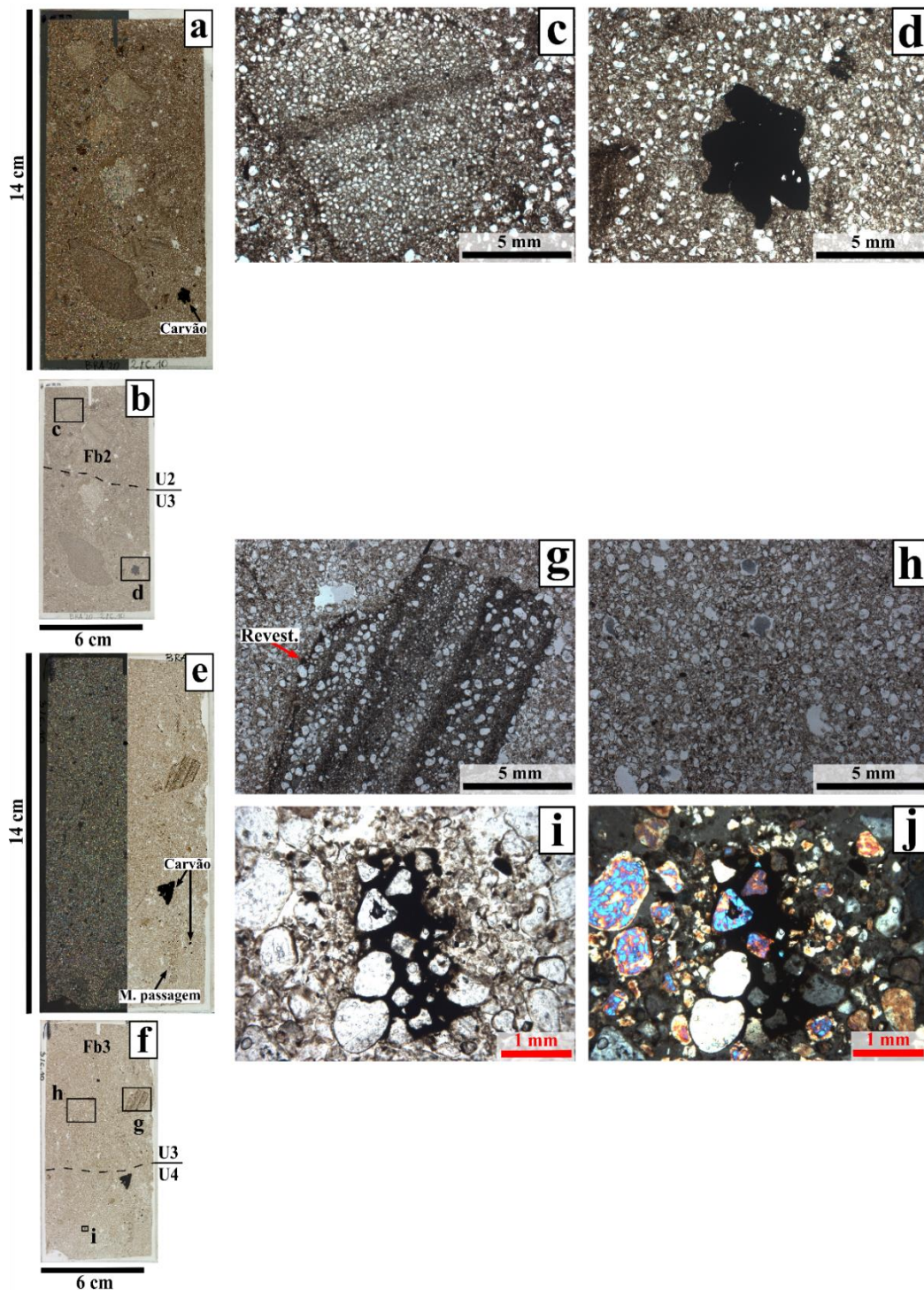


Figura 52 – Seções delgadas 2 e 3 da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. O escaneio da seção 2 (a), em XPL (direita) e PPL (esquerda), embora se trate de uma seção mais espessa do que 30 μm , permite ver a presença de fragmentos angulosos de arenito e carvão em meio à areia e presença de vesículas e canais. A seção anotada (b) destaca a presença da fábrica única apesar da transição entre U e as micrografias. Os grãos de quartzo se despreendem dos clastos de arenito (c, PPL) para formar a matriz do depósito. O carvão (d, PPL) apresenta-se degradado, com bordas arredondadas. O escaneio da seção 3 (e), em XPL (direita) e PPL (esquerda) permite ver a maior porosidade da sequência, com alguns canais preenchidos (marcas de passagem) e carvão. A seção anotada (f) apresenta o mesmo cenário de fábrica única. Revestimentos de MO são visíveis na borda do fragmento de arenito (g, PPL). Tanto o aspecto mais poroso (h, PPL) quanto a presença de excrementos e de agregados de MO polimórfica de menor tamanho (i, em PPL, j, em XPL) são característicos desta fábrica (Fb3).

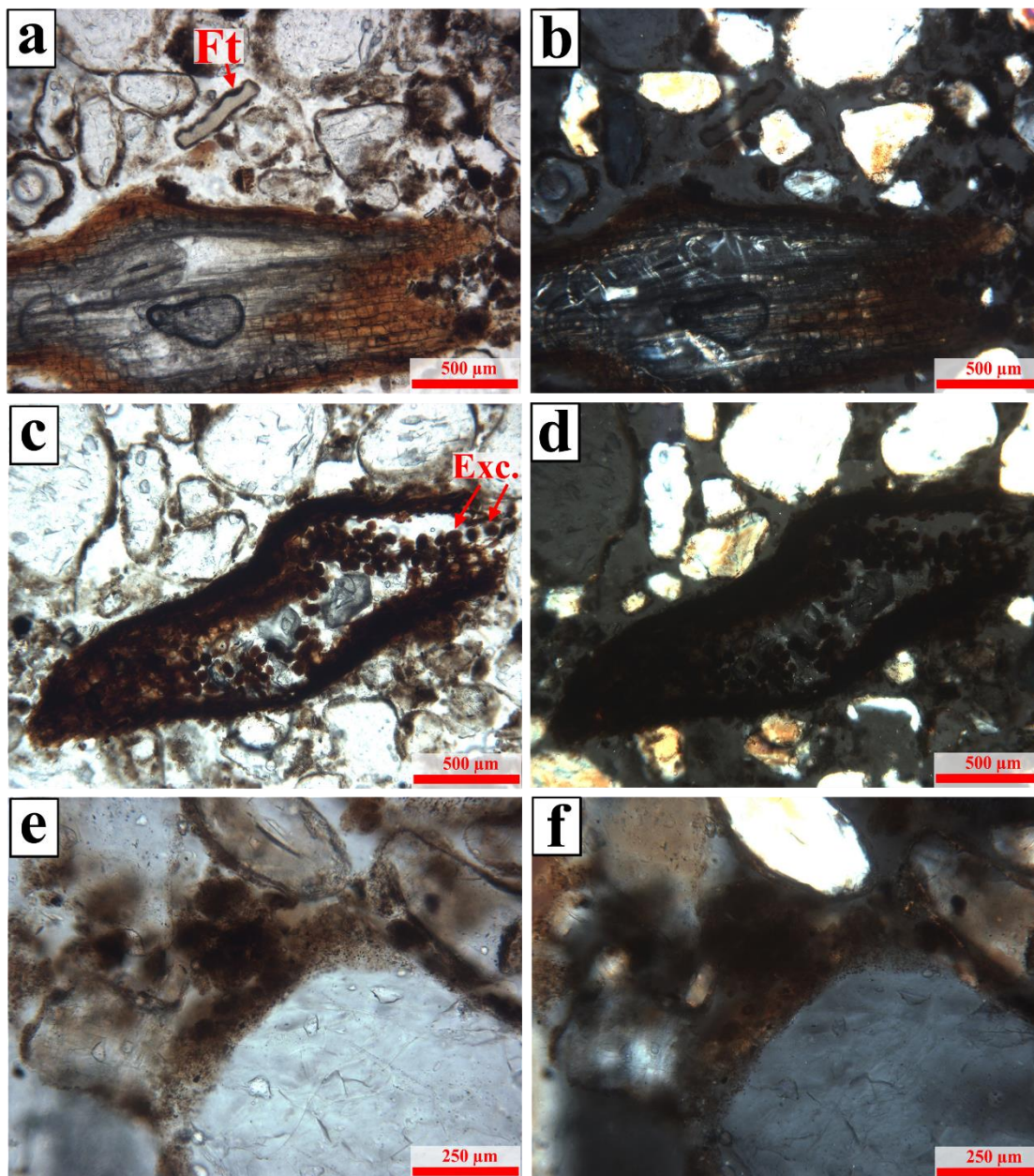


Figura 53 – Componentes destacados na Fb1 do sítio Abrigo Roncador. Tecido vegetal e fitólito alongado (Ft) revestido por MO, e observado em PPL (a) e XPL (b). Outro tecido, neste caso de raiz, é observado em PPL (c) e XPL (d), recoberto por um manto de micorriza, e com destaque para a presença de excrementos (Exc.) frescos internos. Por fim, um revestimento orgânico em torno de um grão de quartzo em PPL (e) apresenta baixas quantidades de argila com silte húmico em XPL (f).

5.2.2 Granulometria da fração terrígena

O diâmetro médio das partículas das nove amostras analisadas, com cômputo do material pelítico, esteve entre 2,12 (areia fina) e 2,33 phi (areia fina), desvio padrão de 0,89 até 1,14 phi (seleção moderada a baixa) e uma assimetria de 0,71 até 1,66 phi (APÊNDICE 15). Em termos percentuais médios, a classe areia média é a dominante, com um 36,08 % do volume de grãos, mas seguida muito por perto pela areia fina com 35,94 %. Em ordem decrescente, seguem a areia muito fina (15,53 %), a areia grossa (9,00%) o silte (3,27 %) e a argila (0,18 %). Na peneiragem de laboratório, sem a amostra CSQB65, a fração cascalho (terrígeno) oscila entre 5,66% e 33,40% da massa, encontrados no topo da unidade basal, U4, e na U3, respectivamente. A base do abrigo (amostra CSQB72) apresenta o valor imediatamente inferior ao máximo, de 21,52%.

Na Figura 54 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras arranjadas por unidade estratigráfica. Num primeiro exame, é destacável a presença de uma moda principal na areia média para as unidades estratigráficas superiores, U1 e U2, sendo ela mais distribuída na transição areia fina/areia média na U3 e topo da U4 (CSQB70). Uma moda achatada na faixa silte (Figura 54) é aparente nas amostras CSQB69 e CSQB70, na base da U3 e no topo da U4. Os materiais pelíticos são mais frequentes desde os 50 cm de profundidade, na porção inferior da U3, até a base da quadra (amostras CSQB69 até CSQB72, 3,96 – 4,60%). Contudo, um pico de pelíticos é observado no topo da U2 (amostra CSQB65), com 3,95% do volume de grãos (Figura 56 e APÊNDICE 15). A base da citada unidade, aos 40 cm de profundidade, foi a que apresentou o menor teor de pelíticos (amostra CSQB68, 1,81%).

No que diz respeito da classe areia, apesar da pouca variação dos valores (Figura 56 e APÊNDICE 15), nota-se um leve aumento da areia muito fina a partir dos 20 cm e até os 60 cm (13,58 – 18,61%), envolvendo parte da U2 e a U3, enquanto as frações média e grossa juntas, diminuem nesse intervalo (48,16 – 40,53%). As frações média e grossa aumentam a partir dos 60 cm até a rocha base do abrigo (40,53 – 48,22%).

Ao serem consideradas as amostras externas (Figura 55), tanto na coletada no colúvio da porção leste quanto no solo do tálus, têm-se dois cenários distintos. No primeiro caso, se percebe a presença de uma moda na faixa areia fina, que difere com a tendência à moda areia média ou transição areia fina/média das amostras do sedimento arqueológico, e a ausência de uma moda nas frações do silte. Destaca também um maior

teor de areia muito fina (22,69%) respeito do abrigo. No segundo caso, a distribuição apresenta-se mais semelhante com a maioria das amostras arqueológicas, com uma moda na areia média e uma leve moda achatada na fração silte. A ausência de silte no colúvio e sua presença no tálus pode estar mostrando diferenças de seleção, sendo o silte lavado para a porção mais distal do sistema.

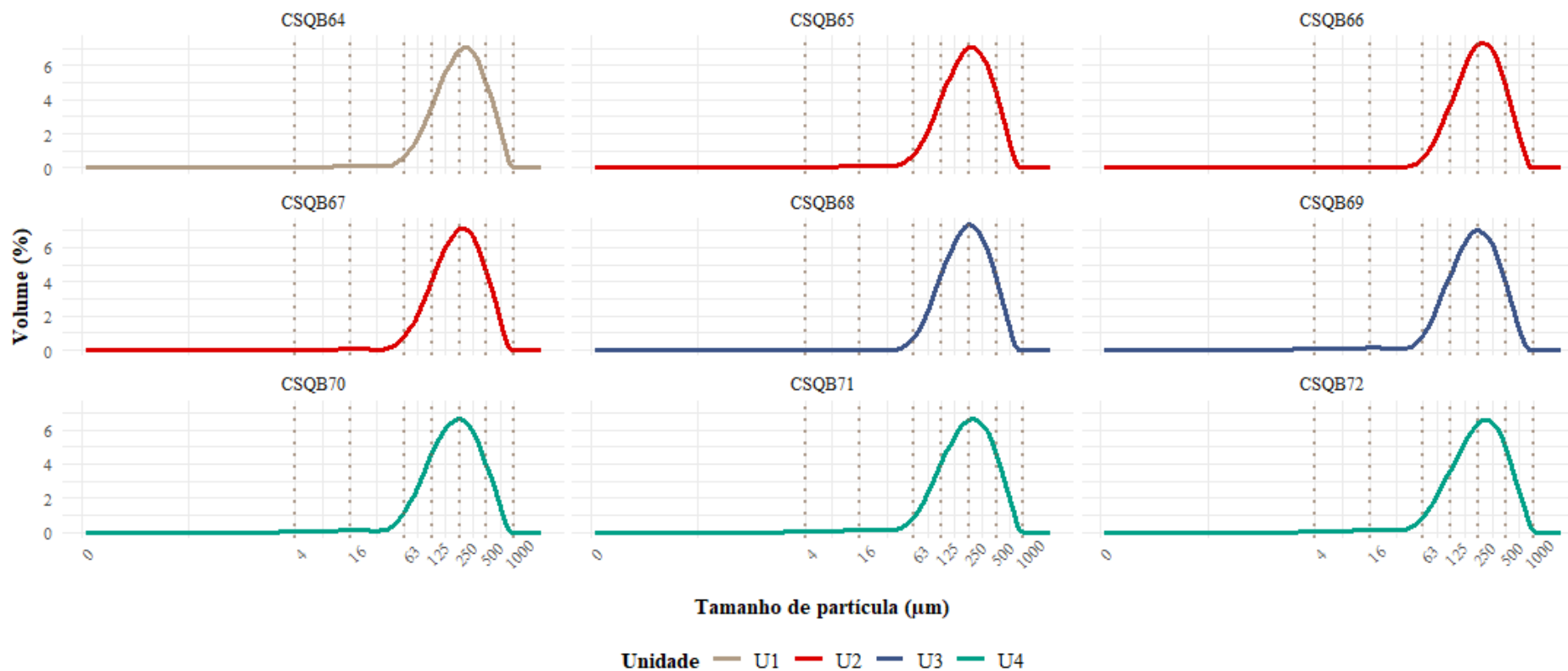


Figura 54 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das unidades estratigráficas da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 μm), silte muito fino e fino (4 – 16 μm), silte médio e grosso (16 – 63 μm), areia muito fina (63 – 125 μm), areia fina (125 – 250 μm), areia média (250 – 500 μm) e areia grossa (500 – 1000 μm). Note-se a alta homogeneidade nas distribuições, com uma moda na areia média ou na transição areia fina/média. Um leve aumento nas faixas do silte, com uma moda na base da U3 e no topo da U4 é aparente nas amostras CSQB69 e CSQB70.

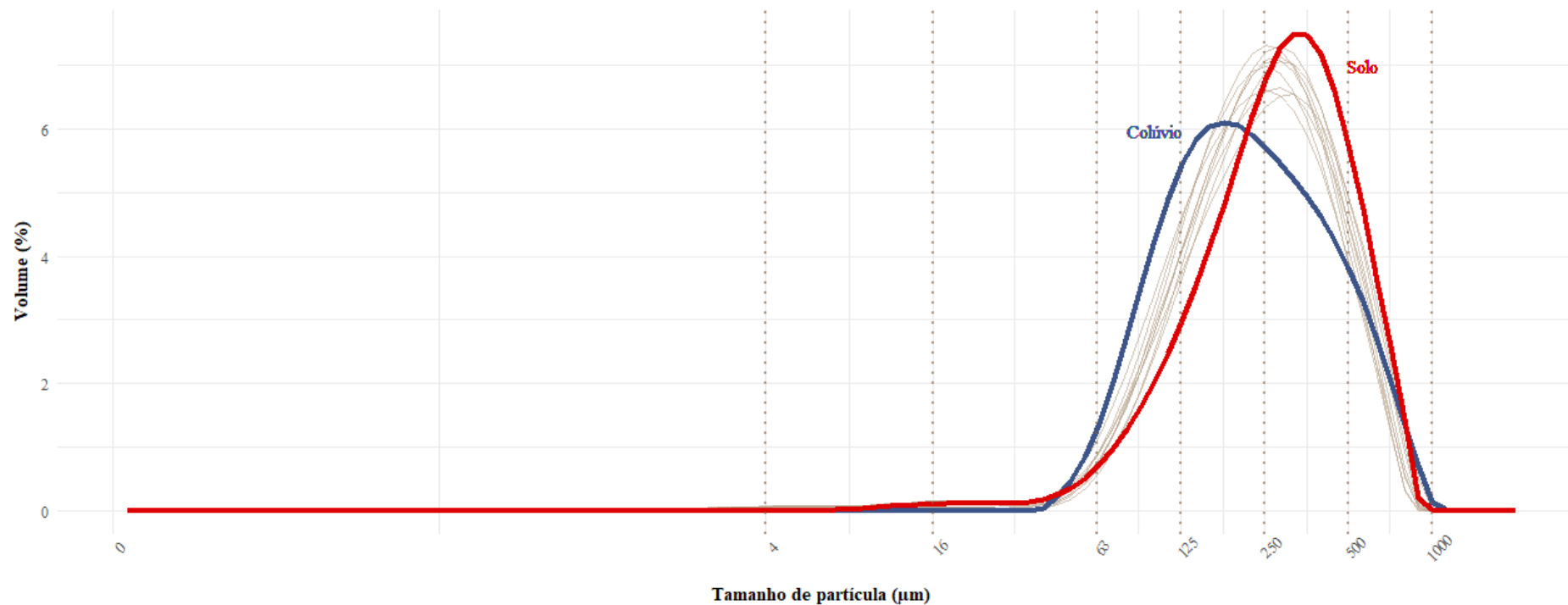


Figura 55 - Comparação das curvas de distribuição granulométrica do sítio Abrigo Roncador (N = 9) com a amostra de colúvio (CSQB73, destacada em azul) e amostra de solo local (CSQB74, destacada em vermelho). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 μm), silte muito fino e fino (4 – 16 μm), silte médio e grosso (16 – 63 μm), areia muito fina (63 – 125 μm), areia fina (125 – 250 μm), areia média (250 – 500 μm) e areia grossa (500 – 1000 μm). Note-se a moda na fração areia fina no colúvio, diferente da moda principal na areia média das amostras do sedimento arqueológico. O solo aparenta ter uma maior semelhança com as amostras do abrigo, tanto na moda principal quanto na presença de uma leve moda na fração silte.

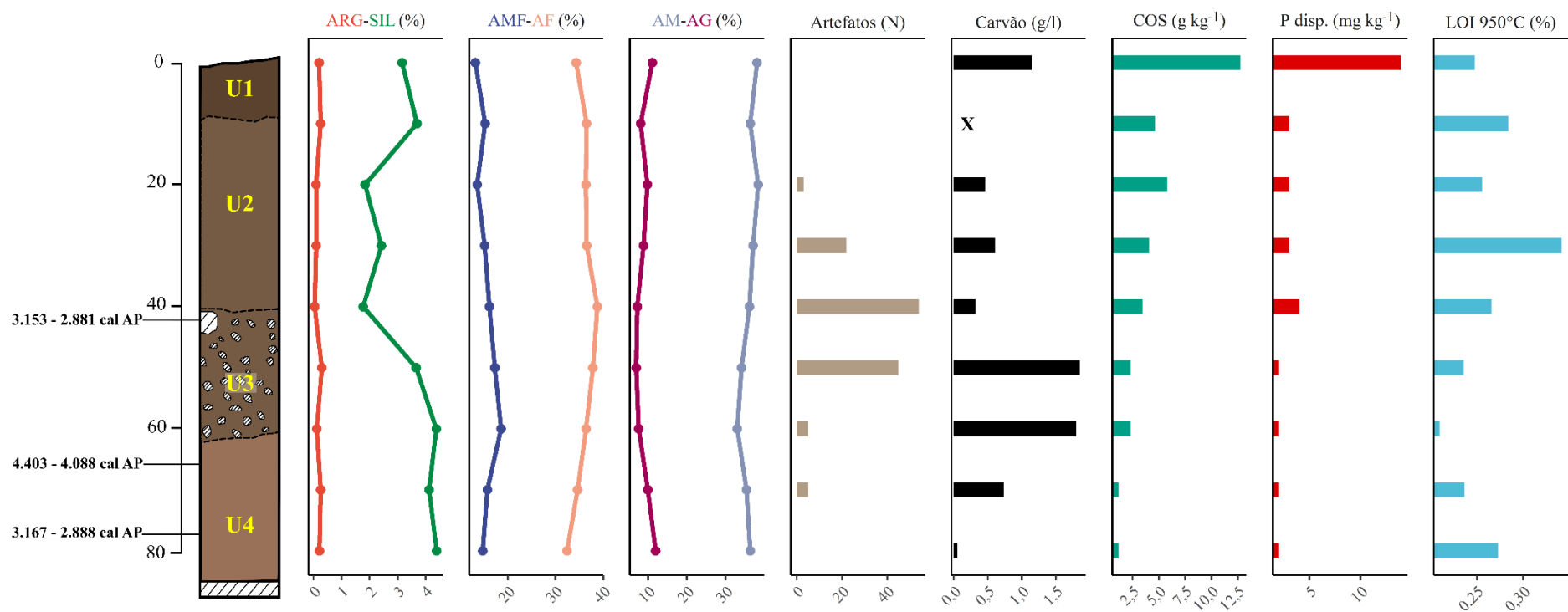


Figura 56 – Seção estratigráfica esquemática NE da quadra C10 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 2), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), artefatos líticos, carvão, COS, P disponível e LOI 950°C. A cruz (X) indica ausência de amostra.

Em termos genéticos, a maior frequência das frações mais grossas de areia na base da quadra escavada, na U4, aponta para o processo de desagregação inicial do arenito da base do abrigo e, também, daquele dos blocos caídos do teto (Donahue; Adovasio, 1990). A queda de blocos foi observada ao longo da escavação toda, sobretudo nas UP3, UP6 e UP8 (Figuras 47, 48, 49 e 50). Apesar da proximidade do arenito da base, constatou-se, em campo, que o cascalho que constituía a UP8, por volta dos 70 cm de profundidade, apresentava ninhos de insetos (possivelmente, vespas), pelo que se trataria de clastos desprendidos do paredão e não da rocha do fundo. No entanto, o aumento das frações grossas a partir dos 60 cm nas amostras da seção NE (o lado E dos desenhos das Figuras 47 até 50) parece ser uma contribuição das UP5, UP6, UP7 e UP9 e não da UP8.

O aporte geogênico coluvionar deve ter tido um papel na contribuição das frações finas da areia ao longo do tempo, de acordo com os dados da amostra CSQB73. Como foi visto, a areia muito fina aumenta entre os 20 e 60 cm de profundidade e, quando considerada a areia fina o aumento conjunto é de 49,91 para 54,97% (APÊNDICE 15). O horizonte superficial do solo, na amostra CSQB74, indica, em princípio, a formação a partir do mesmo material parental das amostras arqueológicas.

No caso dos materiais pelíticos, começando pela argila, são chamativos tanto os teores baixos (inferiores ao 0,5%) dessa fração no sítio quanto sua ausência no colúvio e no horizonte superficial do solo do tálus da serra. Enquanto pode ser provisoriamente descartada uma fonte coluvionar, a origem principal da argila pode estar na alteração química do arenito do abrigo, tanto da rocha da base (evidenciado num aumento dos valores a partir dos 70 cm de profundidade) quanto dos blocos caídos do teto/paredes (evidenciado, e.g., na amostra CSQB69, com o maior teor de argila, 0,3%). No entanto, os pedocaracteres texturais de revestimentos com traços de argila em torno dos grãos de quartzo, vistos na micromorfologia (seção 5.2.1), apontam para uma mobilização vertical da argila, o que pode explicar maiores teores nas duas amostras superiores, menores no resto da U2 e começo da U3, e o aumento da base da U3 (Figura 56).

A origem das frações do silte, com picos na transição U3/U4 e maiores teores na base da quadra, parece ser semelhante à das argilas. É pensável também uma dinâmica vertical semelhante, de acordo com os dados granulométricos e micromorfológicos. No entanto, como no caso do sítio Abrigo do Alvo, deve ser considerado um aporte não geogênico do silte, fundamentalmente sob a forma dos fitólitos. Esses vestígios silicosos foram vistos em seção delgada e sua presença talvez possa também explicar os dados

distribucionais da amostra de solo. O pré-tratamento realizado com H_2O_2 elimina, teoricamente, a possibilidade de fragmentos de carvão na fração silte nas amostras do abrigo, que sim foram observados na micromorfologia (seção 5.2.1).

5.2.3 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH

Os resultados da determinação de COS, LOI 950°C e pH das nove amostras analisadas e duas amostras externas são apresentados no APÊNDICE 16. Os teores de COS tiveram uma média de $4,19 \text{ g kg}^{-1}$, com um mínimo de $1,16 \text{ g kg}^{-1}$ na U4, na base da quadra, e um máximo de $12,75 \text{ g kg}^{-1}$ na U1. Já a LOI 950°C, com uma média de 0,26%, teve um valor mínimo de 0,21% na U4 e um máximo de 0,34% na base da U2.

Por sua parte, os valores observados de pH estiveram entre 4 e 4,7, no caso do medido em água, e entre 3,5 e 3,8 no medido em KCl, indicando meio unicamente ácido. Os mínimos foram obtidos, respectivamente, no topo da U2 e na U1, enquanto os máximos foram encontrados na base da U4 (nos dois indicadores) e na base da U3 (no pH em KCl).

A Figura 57a apresenta a baixa dispersão dos teores de COS na quadra C10, com o claro *outlier* de $12,75 \text{ g kg}^{-1}$ da unidade estratigráfica superficial, U1 (amostra CSQB64). Em termos estratigráficos, o COS exibe uma diminuição dos teores com a profundidade (Figura 56), com um leve pico aos 20 cm da superfície na U2 (CSQB66, com $5,8 \text{ g kg}^{-1}$).

As porcentagens da LOI 950°C também se encontraram pouco dispersas, com a exceção da amostra da base da U2 (CSQB67). Apesar de ser muito pouco variável em profundidade (Figura 56), com teores quase sempre inferiores ao 0,3%, há um leve aumento na U2, com o pico da base por volta dos 30 cm, um descenso até os 70 cm e um leve aumento até a base da quadra.

Em referência ao pH a variação é também muito baixa (Figura 57c-d). A partir dos valores mínimos aos 10 cm na U2 (CSQB65, 4, água) ou na superfície (CSQB64, 3,5, KCl) há um levíssimo aumento a valores quase constantes (com leves oscilações) até a base do abrigo, que registra o maior valor do índice (APÊNDICE 16).

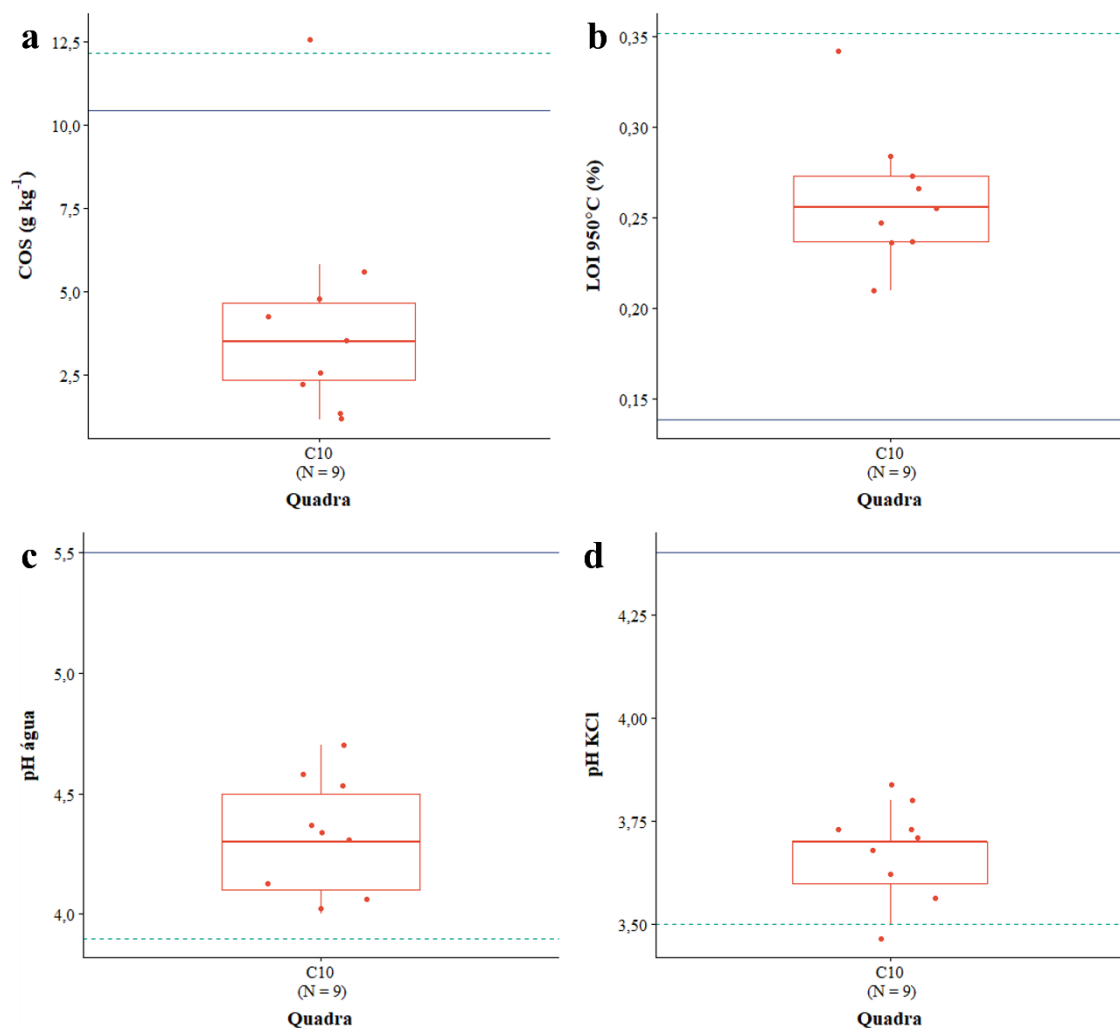


Figura 57 –Dispersão dos dados do sítio Abrigo Roncador, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio e a linha azul, os teores da amostra de solo local.

As amostras externas, tanto do colúvio a leste do sítio (CSQB73) quanto do solo local (CSQB74), a diferença do que acontecia no sítio Abrigo do Alvo (ver detalhes na seção 5.1.3), indicam valores das quatro variáveis que estão por fora das dispersões centrais das amostras arqueológicas de sedimento (Figura 57a-d), tanto maiores quanto menores.

Apesar das grandes diferenças com o Alvo (a serem tratadas no Capítulo 7), o COS parece estar, também aqui, indicando os efeitos da pedogênese, com o maior teor na unidade superficial e uma diminuição em profundidade (Abbott, 1997; Lowe et al., 2018). A quadra C10 está, nesse sentido, também exposta aos fatores exógenos ao abrigo. A proximidade do *outlier* da U1 com os teores das amostras externas (Figura 57a) aponta

na mesma direção. Por fim, o COS não apresenta nenhuma relação com o carvão ($N = 6$, $R^2 = 0,06$, $p = 0,89$)

A interpretação da origem da LOI 950° é, no Abrigo Roncador, muito mais complicada do que no Abrigo do Alvo. Assim, não foram observados, na escavação do primeiro, nenhum dos dois potenciais aportes de um sinal carbonático que sim eram evidentes no segundo, i.e., conchas de molusco e ossos. Já o caso dos sedimentos acinzentados reportados por Araujo (2019b), e sua origem pirotecnológica possível por trás, poderia explicar tanto a própria presença de valores LOI 950°C quanto os leves picos da U2 e da U4. No entanto, caso a presença de microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio ou de cinzas reprecipitadas for descartada, há de se considerar a citada perda d'água estrutural dos argilominerais (Dean, 1974; Heiri; Lotter; Lemcke, 2001) como fonte da LOI 950°C em sedimentos não calcáreos. Não há, contudo, uma correlação entre a fração argila e a LOI 950°C no sítio ($R^2 = -0,26$, $p = 0,5$), o que faz pensar em outras perdas devidas à queima, e.g. a oxidação ou desidratação de hidróxidos metálicos e outros minerais (Santisteban et al., 2004).

Por fim, o pH ácido está apontando para condições preservacionais muito baixas ou nulas no que diz respeito da presença de ossos e outros restos orgânicos no sítio, de acordo com a literatura citada no Capítulo 3. Os ossos são completamente dissolvidos quando o pH é inferior a 7,2 (Berna; Matthews; Weiner, 2004), como é o caso dos valores aqui encontrados. Uma análise mais detalhada desse indicador será realizada no Capítulo 7.

5.2.4 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos

No APÊNDICE 16 apresentam-se os resultados dos teores do elemento extraível P disponível, e dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} obtidos para o sítio. Apenas para o elemento P disponível e os cátions K^+ e Al^{3+} foram detectados valores para as nove amostras da quadra C10, estando por abaixo do limite de quantificação tanto as amostras da CSQB69 até a base no caso do cátion Ca^{2+} , quanto as amostras da CSQB65 até o final para o cátion Mg^{2+} . Por esse motivo, apenas as primeiras três variáveis foram incluídas na análise. A análise por meio de XRF, com dados apresentados no APÊNDICE 17, teve resultados dentro do limite de quantificação apenas para os óxidos SiO_2 e Al_2O_3 para todas as amostras, e TiO_2 para as amostras CSQB69 até CSQB71 e amostra de colúvio.

Os valores médios do elemento P disponível foram de 3,89 mg kg⁻¹, com um mínimo de 2 mg kg⁻¹ obtido na base da U3 e na U4, e um máximo de 14 mg kg⁻¹ encontrado na unidade superficial (U1). O cátion K⁺ teve seu mínimo de 0,40 mmolc kg⁻¹ na U4 e seu máximo de 1,60 mmolc kg⁻¹ na U2, com uma média de 0,83 mmolc kg⁻¹. Por fim, foram encontrados para o cátion Al³⁺ valores entre 10 e 17 mmolc kg⁻¹ na base da U3 e na U1, respectivamente, sendo as concentrações, em média, de 14,89 mmolc kg⁻¹.

Na Figura 58a percebe-se a baixa dispersão, abaixo dos 5 mg kg⁻¹, dos teores de P disponível na quadra C10, com o *outlier* de 14 mg kg⁻¹ da U1 (amostra CSQB64). Em estratigrafia, o elemento extraível exibe uma diminuição dos teores com a profundidade (Figura 56), para valores praticamente constantes a partir dos 10 cm.

Os teores do cátion K⁺ se encontraram pouco dispersos (Figura 58b), com duas amostras *outlier*, que representam a U1 e o topo da U2. Desde os 20 cm há uma diminuição a valores constantes até os 50 cm (Figura 56), quando diminuem por embaixo dos 0,80 mmolc kg⁻¹ até a base da quadra.

O cátion Al³⁺ exibe também teores altamente concentrados, com a amostra CSQB69, aos 50-60 cm, como claro *outlier* com o valor mínimo registrado (Figura 58c). O comportamento estratigráfico é menos variável do que para os dois elementos anteriores, sendo basicamente constante entre os 15 e 17 mmolc kg⁻¹ com a diminuição da mencionada amostra na base da U3 (Figura 56).

No caso das amostras externas (Figura 58a-c), como ocorre com os Parâmetros químicos básicos, os valores estão por fora dos intervalos interquartis, apenas por cima no elemento P disponível e no cátion K⁺, e com o colúvio próximo dos valores do sítio respeito da superfície do solo do tálus, que está empobrecida em termos do cátion Al³⁺.

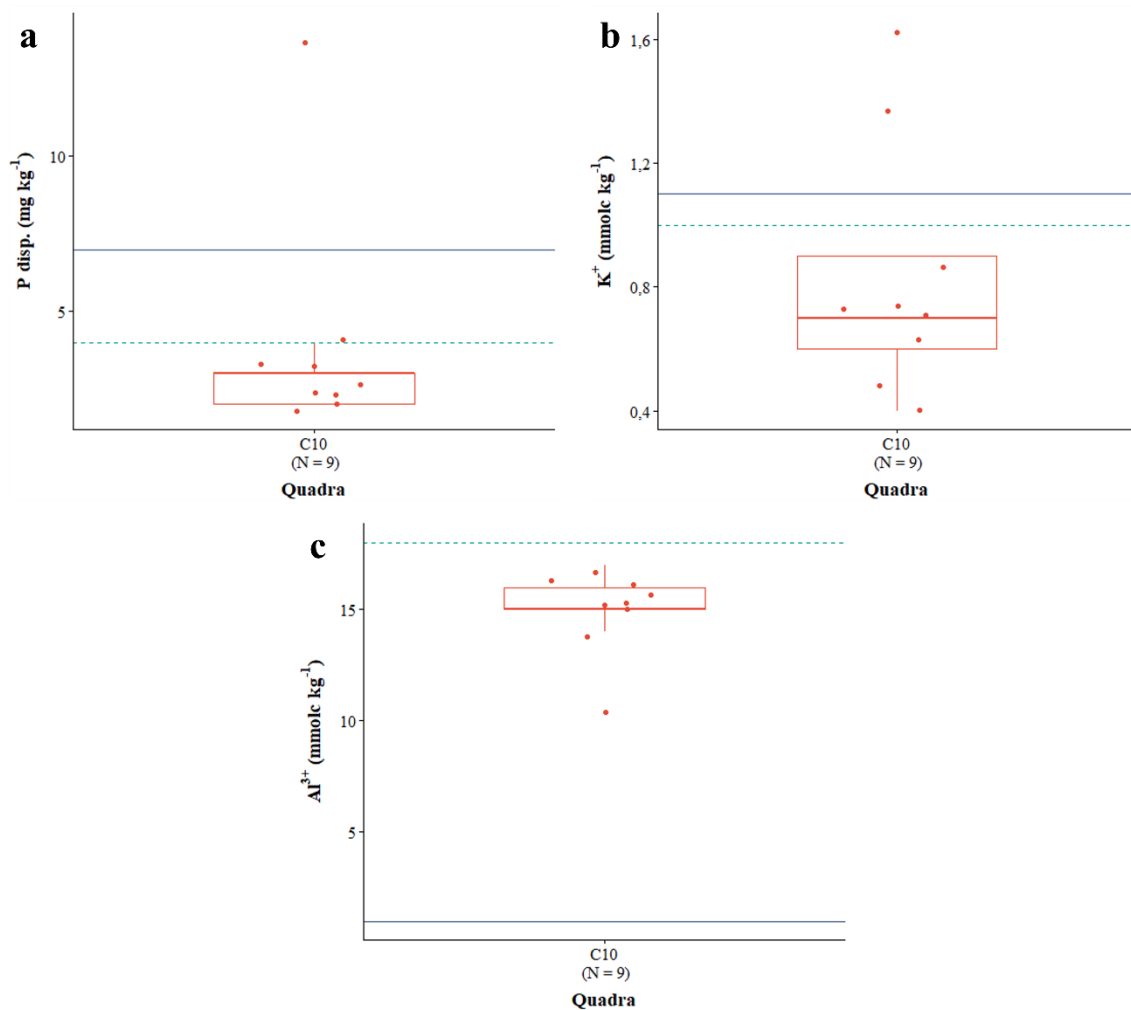


Figura 58 – Dispersão dos dados do sítio Abrigo Roncador, em termos de P disponível (a), K⁺ (b) e Al³⁺ (c). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do colúvio e a linha azul, os teores da amostra de solo local.

No caso da SiO₂, todos os valores estiveram por acima do 90%, levemente oscilando entre o 94% na U1 e o 95,8% na base do abrigo. A não obtenção de valores dentro do limite de quantificação para os óxidos dos elementos P, Ca e Mg impossibilitou a comparação da matriz terrígena com indicadores químicos do enriquecimento antrópico que fora realizada para o Abrigo do Alvo. Porém, na Figura 59 foram plotados os teores de SiO₂ e do elemento P disponível, onde se observa que, apesar dos baixos teores, a U1 é a claramente mais enriquecida, sendo o resto das unidades estratigráficas claramente empobrecidas no elemento P e enriquecidas em SiO₂. A posição intermédia é ocupada pelas amostras externas, sendo o colúvio o mais empobrecido nos dois elementos.

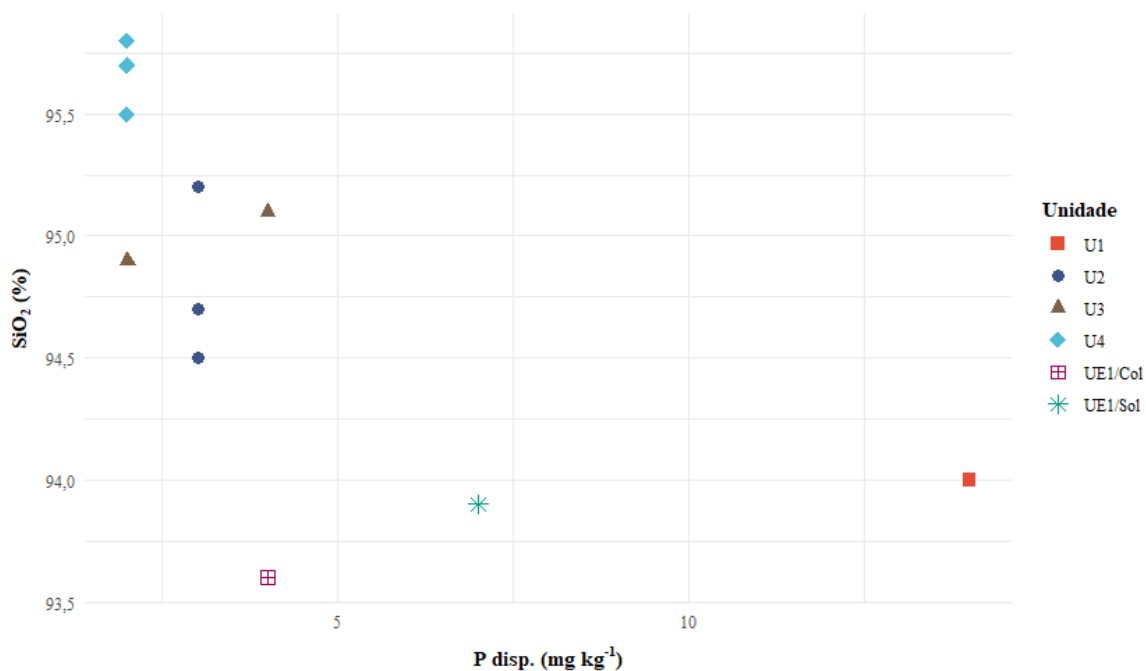


Figura 59 - Dispersão do elemento extraível P disponível em relação ao SiO₂ em amostras do sítio Abrigo Roncador e externas (N = 11), segundo unidades estratigráficas da quadra C10, do colúvio e do solo local.

Apesar das enormes diferenças nas concentrações entre os dois sítios areníticos (ver seção 7.1.1), tem-se também no sítio Abrigo Roncador uma correlação significativa alta e positiva entre o COS e o P disponível (N = 9, R² = 0,84, p = 0,0045), como encontrado no sítio Abrigo do Alvo. O elemento extraível também apresenta, como o COS, uma leve tendência à diminuição com a profundidade. A diminuição vertical do elemento P, com alta concentração nos primeiros 10 cm faz pensar, ora num aporte humano recente, ora numa contribuição biogênica na desintegração da matéria orgânica e recepção/estabilização do elemento P, e sua consequente lixiviação (Weihrauch; Opp, 2018).

Por fim, o fato que o cátion Al³⁺ e o óxido Al₂O₃ estiveram dentre os poucos indicadores por acima do nível de quantificação, aponta para um forte controle da acidez (o baixo pH aqui obtido). Além de estar presente nos pelíticos (o que pode explicar o empobrecimento do tálus), o elemento Al também forma complexos onde interage com a MO (Shoji; Fujiwara, 1984; Lindsay; Walthall, 1996). Isso tem grandes implicações na iluviação observada na micromorfologia, a ser analisada na Discussão.

5.2.5 INAA

As concentrações obtidas por INAA para todas as amostras ($N = 11$) são apresentadas no APÊNDICE 18. Os elementos analisados, que apresentaram uma precisão inferior a 10%, conforme sintetizado no APÊNDICE 8 e mencionado na seção 5.1.5, foram os mesmos utilizados no sítio Abrigo do Alvo, ou seja: Ce, Co, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Sc, Th e Yb.

A Figura 60 apresenta o diagrama de aranha com as concentrações de todos os elementos (incluindo os removidos no controle de qualidade), transformadas a logaritmo de base decimal. Devido ao baixo número de amostras, pode-se apreciar facilmente que a maioria das amostras do abrigo apresentam maiores concentrações do que as procedentes do colúvio e solo locais.

Na análise por agrupamento dos dados obteve-se um dendrograma com dois grupos composicionais (Figura 61). O grupo 1 é formado por três amostras, que inclui duas coletadas na unidade estratigráfica basal (U4) e uma no topo da U2. O grupo 2 está constituído pelas restantes oito amostras, incluindo a parte média e basal da U2 e as amostras externas ao abrigo.

Na hora de distinguir padrões formativos a partir dos resultados do INAA, o cenário do Roncador parece mais complexo do que o do Alvo, o que pode ser, em parte, reflexo do baixo número de amostras analisadas, mas também da alta homogeneidade observada no restante dos indicadores estudados até aqui. Contudo, o grupo 1 parece separar o sinal terrígeno arenoso “puro” e com presença de argila do abrigo, derivado da desintegração da rocha de base na U4 e, talvez, de um aporte coluvionar recente na U2. O grupo 2 pode estar assinalando um comportamento geoquímico misto, terrígeno com matéria orgânica, predominante no abrigo e nas amostras externas.

A diferença do que ocorria com o Abrigo do Alvo, não foi possível neste caso plotar as duas funções discriminantes devido à presença de apenas dois grupos. Na seção 7.1, onde se realiza a comparação gráfica e discussão conjunta dos dois abrigos, é apresentado o gráfico que plota as funções.

Na Tabela 14 são apresentadas as médias e o desvio padrão das concentrações para os dois grupos identificados. Como pode-se observar, o grupo com maior enriquecimento em todos os elementos medidos foi o grupo 1.

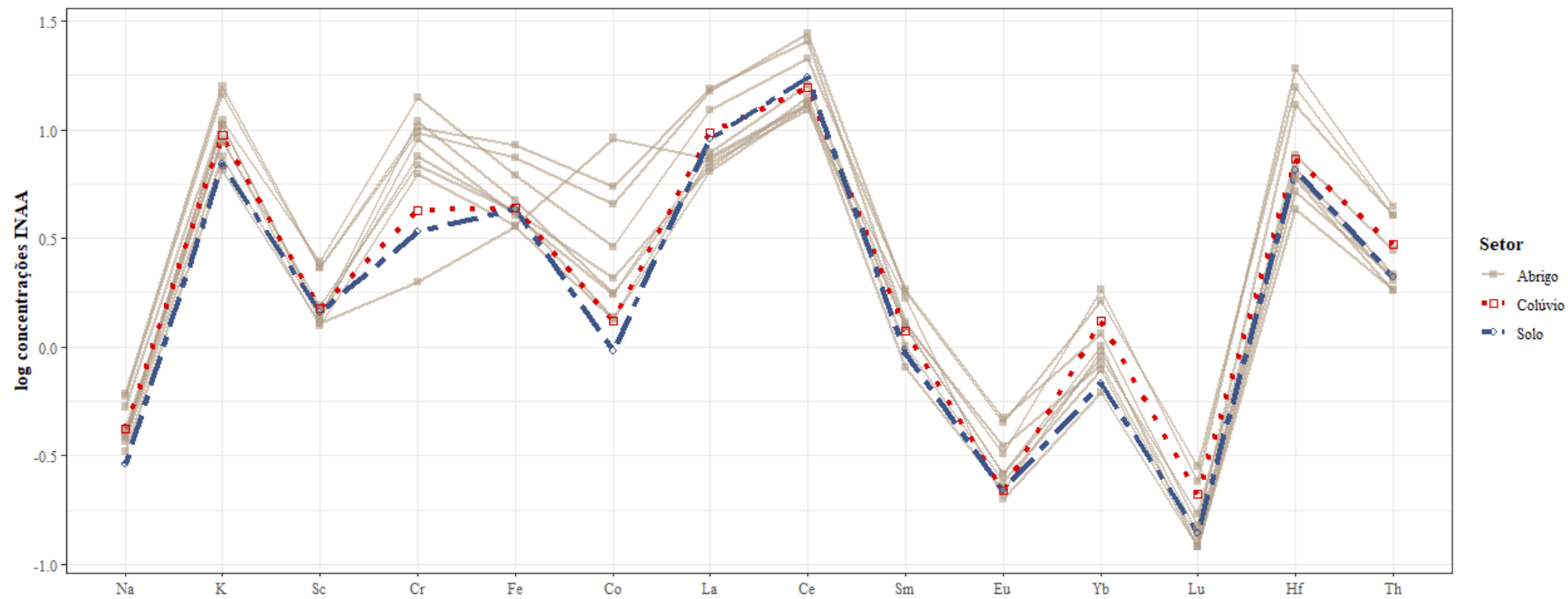


Figura 60 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo Roncador, segundo amostras coletadas no abrigo (quadra C10), amostra do colúvio e amostra de solo local.

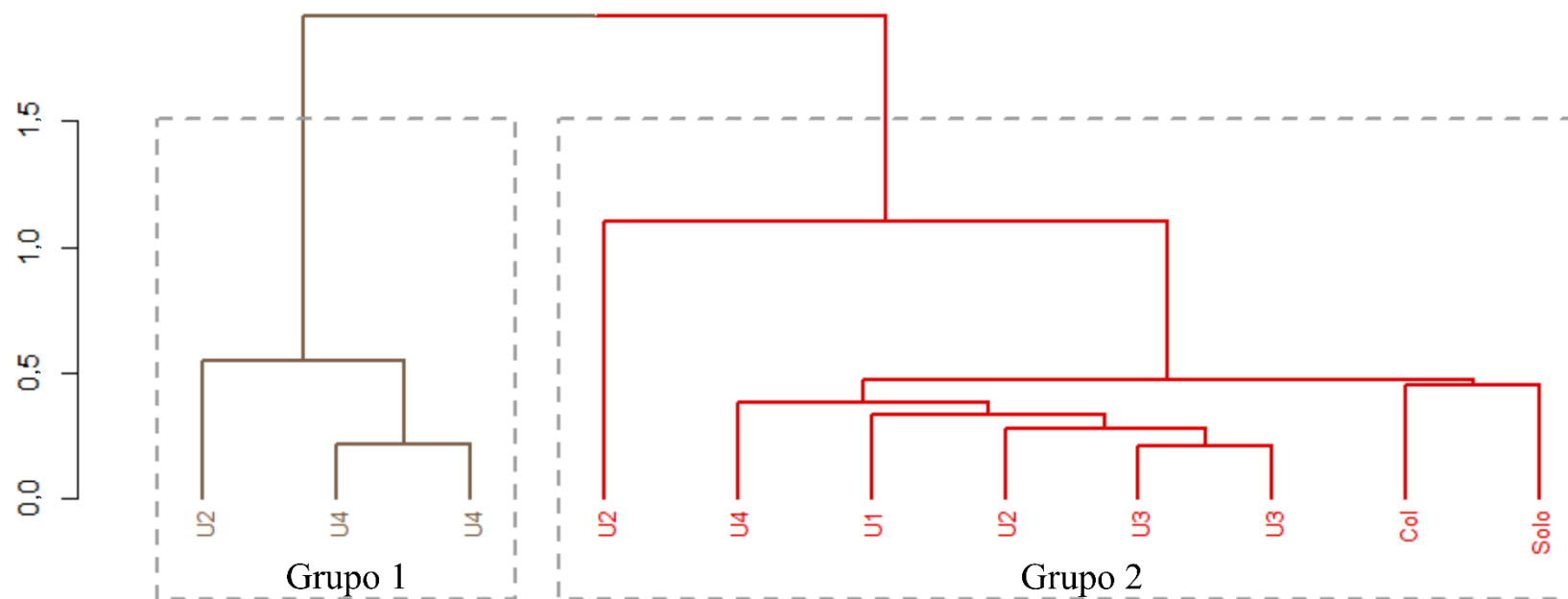


Figura 61 – Grupos (*clusters*) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo Roncador, colúvio e solo local obtidos no dendrograma hierárquico. Col = Colúvio.

Tabela 14 - Média e desvio padrão das concentrações elementares (em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado) do sítio Abrigo Roncador e amostras de colúvio e solo, de forma total e segundo grupos composicionais identificados

Elemento	Total (N = 11)	Grupo 1 (N = 3)	Grupo 2 (N = 8)
Na (mg g^{-1})	0,43±0,10	0,58±0,04	0,38±0,05
K (mg g^{-1})	10,07±2,96	13,86±2,42	8,65±1,55
Sc	1,66±0,46	2,37±0,08	1,40±0,11
Fe (mg g^{-1})	5,01±1,64	7,37±1,18	4,13±0,38
Co	2,96±2,50	4,30±1,32	2,46±2,71
La	9,48±3,28	14,22±1,70	7,70±1,13
Ce	17,16±5,32	24,74±3,30	14,31±1,85
Eu	0,29±0,09	0,41±0,08	0,25±0,05
Yb	1,06±0,39	1,54±0,35	0,89±0,22
Lu	0,17±0,05	0,22±0,07	0,14±0,03
Hf	8,86±4,82	15,93±3,02	6,21±1,08
Th	2,75±0,98	4,17±0,21	2,22±0,42

5.2.6 Espectroscopia FTIR

Na Tabela 15 são apresentados os minerais detectados por meio de espectroscopia FTIR segundo unidades estratigráficas, junto com as bandas de absorvância indicativas encontradas e as referências usadas na interpretação. Na Figura 62 apresentam-se espectros de infravermelho característicos da quadra C10.

O principal componente do sítio é quartzo e, em segundo lugar, os argilominerais. O quartzo é indicado tanto pela banda ao redor do 1080 cm^{-1} e o duplet em torno dos $798\text{--}778\text{ cm}^{-1}$ (estiramento Si – O), quanto pela banda ao redor do 694 cm^{-1} (dobramento C – O) (Lippincott et al., 1958). Como no caso do Abrigo do Alvo, fases amorfas de sílica podem estar presentes de forma conjunta com o quartzo em amostras das U1 (Figura 62) e U2, conforme indicadas pelos picos mais largos na região de estiramento Si – O ao redor do 1100 cm^{-1} (Weiner, 2010, p. 299). Essas fases podem estar indicando a presença de fitólitos.

Os argilominerais são detectados nas bandas 3695 cm^{-1} (estiramento simétrico no plano) e 3620 cm^{-1} (estiramento dos grupos OH interiores), na região das oxidrilas, que podem indicar a presença de caulinita (Farmer, 1998; Madejová, 2003), estando sempre

a banda ao redor de 1030 cm^{-1} (estiramento Si - O) formando um ombro no pico do estiramento Si - O do quartzo. A esses se somam as bandas 530 (dobramento Si - O - Al) e ao redor de 470 cm^{-1} (dobramento Si - O - Si).

Tabela 15 - Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo Roncador e amostra do solo externo.

Componente	Bandas de absorbância características (cm^{-1}) encontradas	Fácies e amostra (sem o "CSQ")	Referências
Quartzo (duplet forte)	797-779, 694	U1 (B64), U2 (B65), U3 (B68), U4 (B71)	Lippincott et al. (1958); Weiner (2010)
Argilominerais genéricos	3695 a 3698, 3620 a 3629, 3422 a 3424, 530 a 534, 464 a 470, 423	U1 (B64), U2 (B65), U3 (B68), U4 (B71)	Madejová (2003)
Ácido húmico	1614 a 1618	U1 (B64), U2 (B65), U3 (B68), U4 (B71)	Weiner (2010)
Matéria orgânica	Duplet 2920 a 2923	U1 (B64)	Weiner (2010)
Sílica amorfa (opala)	Banda larga ao redor 1090, 1109	U1 (B64), U2 (B65), U3 (B68)	Weiner (2010)

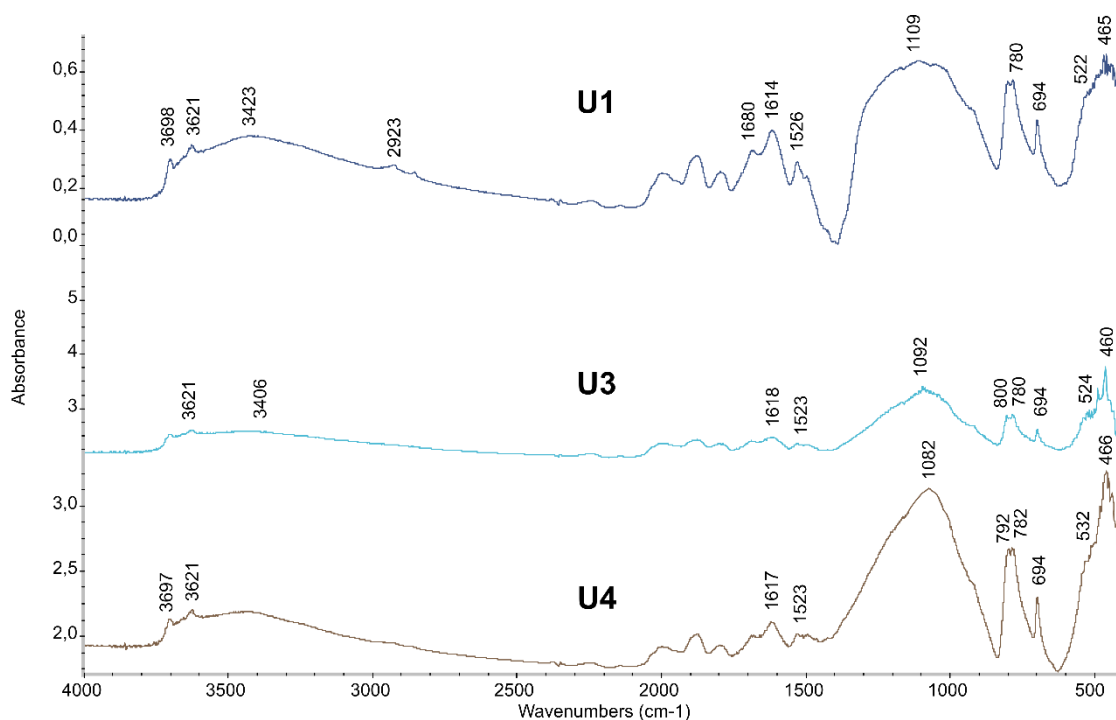


Figura 62 – Espectros FTIR das unidades estratigráficas U1, U3 e U4 do sítio Abrigo Roncador. No topo da quadra C10 (U1) nota-se a presença predominante de quartzo (bandas 1109, duplet ao redor 780 cm^{-1} , banda 694 cm^{-1}), em menor medida argilominerais (3698, 3621, 3423, 522 cm^{-1}), matéria orgânica genérica (duplet ao redor 2923 cm^{-1}) e ácidos húmicos (1614 cm^{-1}). Note-se a banda larga ao redor do 1109 cm^{-1} , que indica a presença de fases amorfas de sílica. A composição é a mesma na U3 e U4, com exceção de uma banda menos larga na região do estiramento Si – O (ao redor 1080 cm^{-1}) e o maior predomínio do quartzo.

Um dos principais motivos do uso da espectroscopia FTIR no sítio Abrigo Roncador visava a potencial detecção do mineral dos ossos, a HAp. Os resultados apresentados indicam que não foi detectado nem esse mineral nem quaisquer outros fosfatos que pudessem ter sido derivados autigenicamente a partir da dissolução e reprecipitação dos ossos. Essa era, conforme indicado na seção 3.3.4 e Figura 19, a principal expectativa do modelo de cascata de reações diagenéticas dos sítios abrigados (Karkanas, 2010; Karkanas et al., 2000, 2002). As implicações serão analisadas no Capítulo 7.

6 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO 2

No presente Capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo do sítio Abrigo Maximiano. A ordem seguida é semelhante à empregada no Capítulo 5, iniciando pela descrição sistemática das observações estratigráficas de campo e das seções verticais amostradas, e continuando pelas análises laboratoriais. A principal diferença aqui reside na disponibilidade de duas técnicas de microscopia, i.e., análise de cristais de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio e micromorfologia, ocupando esta última um maior espaço devido à maior quantidade (e complexidade) de amostras analisadas.

6.1 Caracterização macroscópica das fácies

As Figuras 63, 64, 65, 66, 67 e 68 apresentam as seções verticais e fotografias das quadras amostradas do sítio Abrigo Maximiano: SI - B (120/109), seção S (Figuras 63 e 64); SI - D (120/107), seção N (Figura 65); SIII - A (127/110), seção E (Figuras 66 e 67); SV, seção W (Figura 68). Por outra parte, o setor onde fora coletada a amostra do horizonte A do solo próximo do abrigo é destacado na Figura 69. Foram reconhecidas, ao todo, 16 fácies, incluindo uma fácies identificada na quadra SII – E (114/111) que tivera três níveis de 10 cm escavados em 2016. A diversidade e frequência de componentes na fração cascalho, as diferenças texturais nos distintos setores e a presença de camadas maciças e laminares, aspectos destacáveis num primeiro exame deste sítio, indicaram uma alta variabilidade de padrões estratigráficos.

A Tabela 16 apresenta a descrição das fácies identificadas nas seções amostradas no sítio e no ponto de amostragem externa do solo local. As fácies podem ser agrupadas, de forma simplificada, em:

- a) Fácies superiores: depósitos centimétricos a decimétricos escuros e orgânicos no topo das seções (F1a e F1b, ver Figuras 63 a 68);
- b) Fácies escuras do setor mais exposto às intempéries: depósitos decimétricos francos bruno-escuros com fragmentos de concha de gastrópodes, agregados subarredondados de sedimento rubificado e carvão, que subjazem aos depósitos do grupo (a) (F5, ver Figura 65);

- c) Fácies do setor mais abrigado: depósitos decimétricos francos a francossiltosos com os três componentes mencionados em (b) e a presença de camadas milimétricas (lâminas) a centimétricas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado e de argila rubificada (F2a, F3, F2b, F4 e F16, ver Figura 63 e 64);
- d) Fácies ricas em conchas de gastrópodes: depósitos centimétricos a decimétricos tanto bioclasto-suportados quanto matriz-suportados de fragmentos e espécimes inteiros de conchas de gastrópodes. Os primeiros incluem uma distintiva camada de 67 cm de espessura (F7) rica em fragmentos de concha, e com presença de artefatos líticos, seixos e carvão (Figura 65). Os segundos incluem camadas onde predominam ora fragmentos de concha (F6, ver Figura 65) ora conchas inteiras (F11 e F14, ver Figuras 66 a 68) que tendem a seguir uma distribuição horizontal, ambas com uma matriz franco-argiloarenosa com presença variável de carvão e artefatos líticos;
- e) Fácies lenticulares estratificadas: depósitos com sucessões alternantes de lâminas e camadas centimétricas lenticulares, tanto de fragmentos de concha de gastrópodes e sedimentos ricos em carvão (F15, ver Figura 68) quanto de sedimentos esbranquiçados e rubificados com carvão (F13, ver Figura 66);
- f) Fácies maciças ricas em carvão: depósitos centimétricos a decimétricos francos a francoarenosos onde predomina o carvão dentre os outros componentes da fração cascalho (fragmentos de concha, agregados de sedimento rubificado) (F9, F10 e F12, ver Figuras 66 e 67);
- g) Fácies argiloarenosas escuras da base da quadra 120/107 e SV: depósitos centimétricos a decimétricos argiloarenosos e orgânicos com predominância de fragmentos de concha de gastrópodes (F8, ver Figuras 65 e 68).

Além dessas fácies identificadas no abrigo, foi denominada como FE1 a fácies reconhecida unicamente no horizonte superficial do solo local, caracterizada por um material francoargiloso a argiloarenoso rico em raízes, algo orgânico.

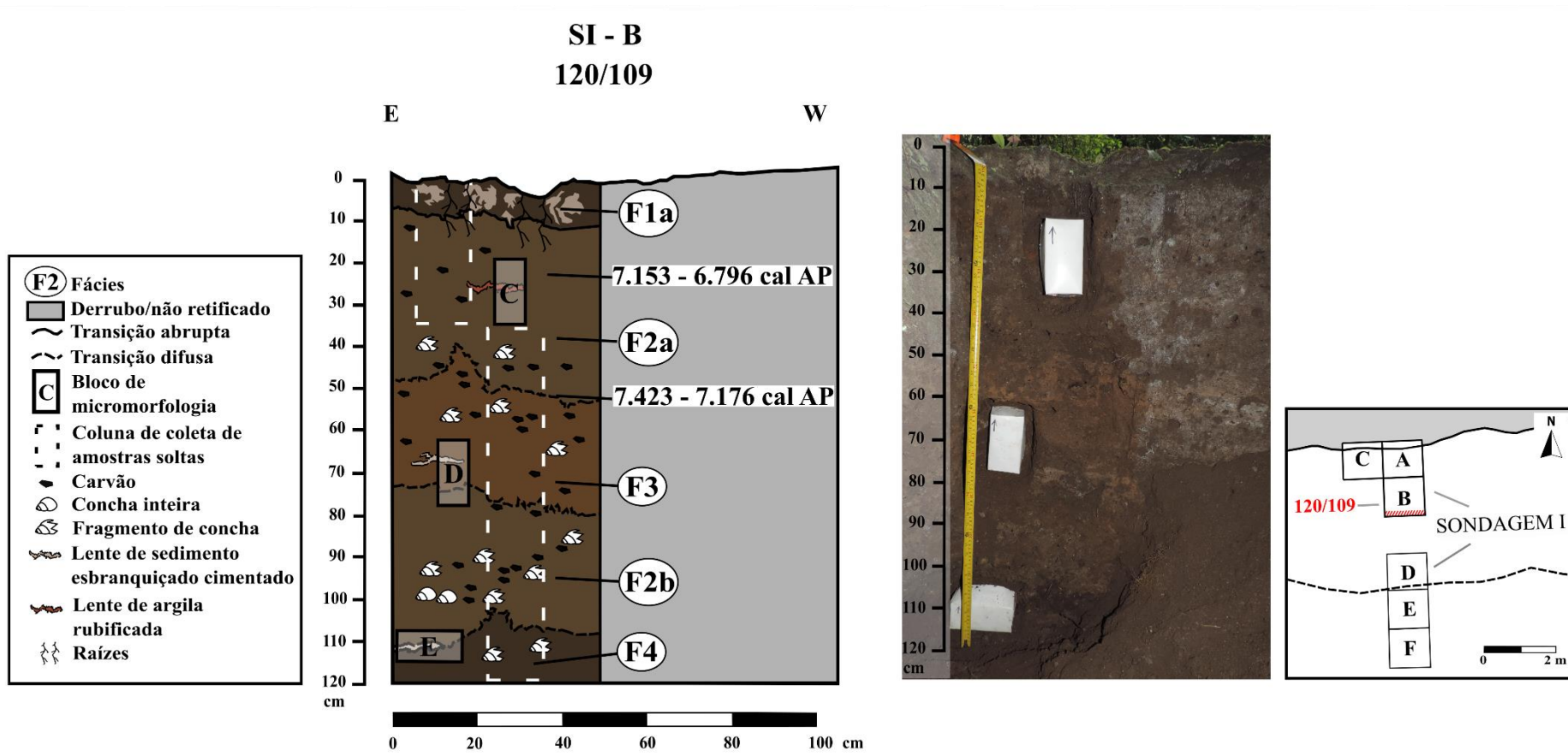


Figura 63 - Desenho (esquerda) e fotografia (direita) da seção estratigráfica S da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.

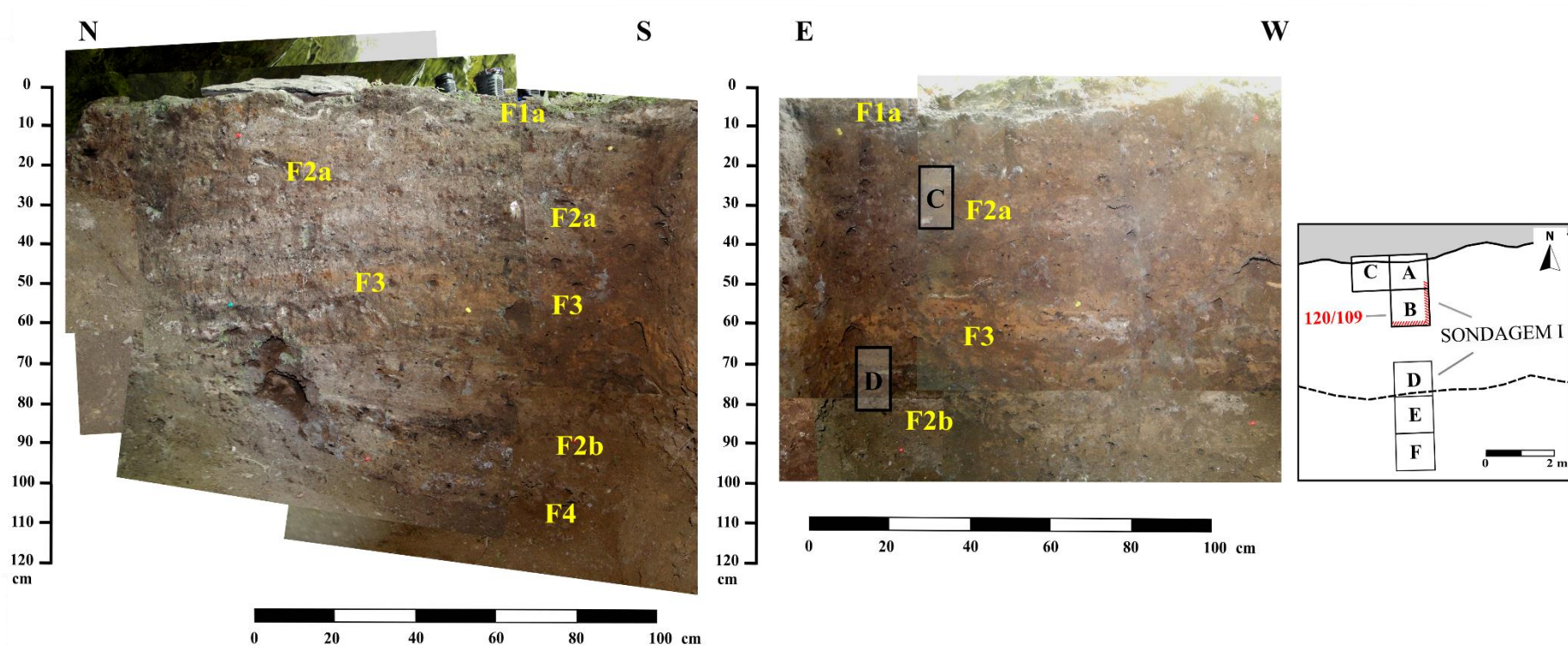


Figura 64 – Mosaico fotográfico das seções verticais E (esquerda) e S (direita), com destaque para as fácies e os blocos C e D, da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. Fotos: Astolfo Araujo e equipe.

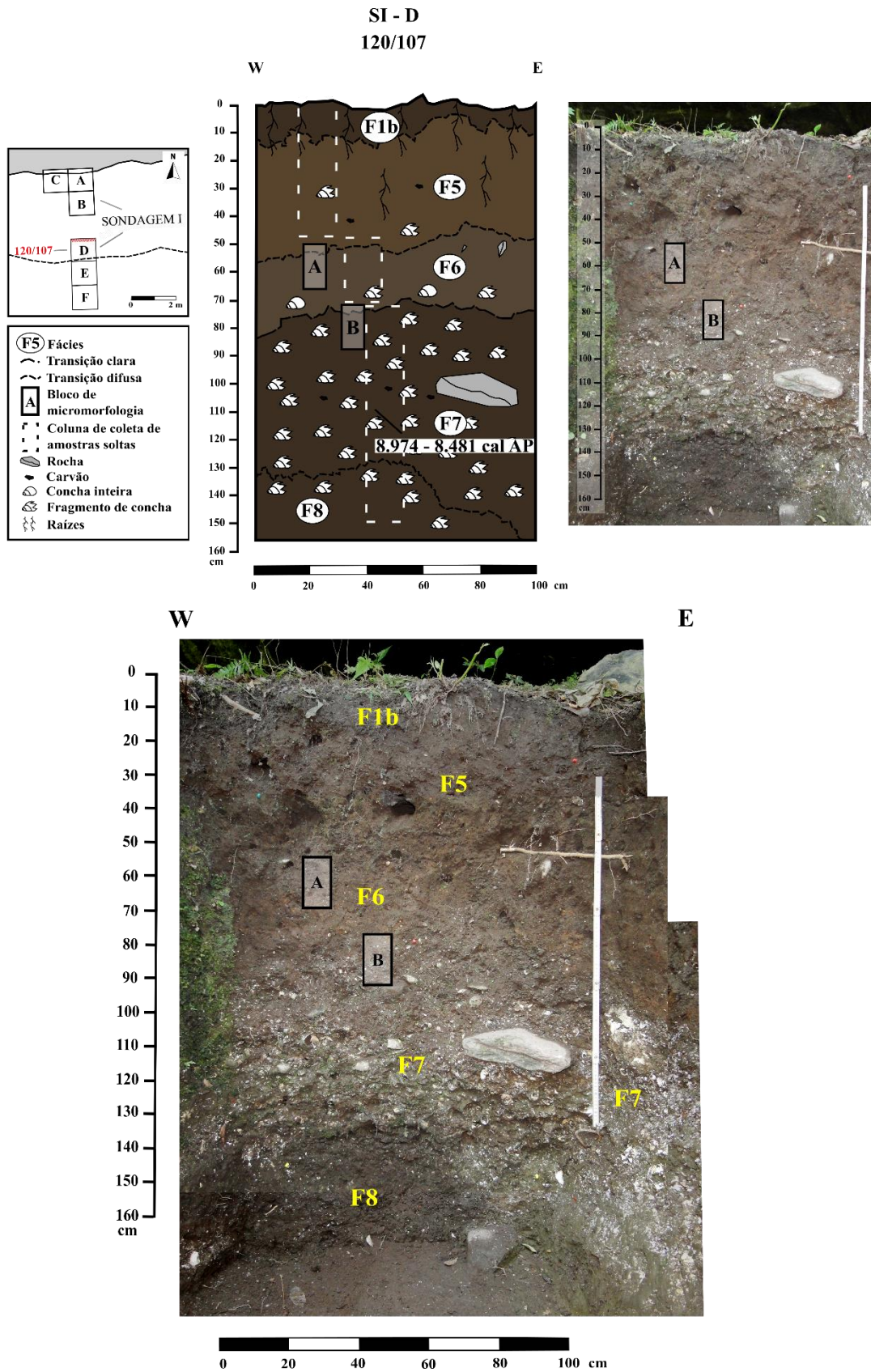


Figura 65 - Desenho (superior) e fotografia (inferior) da seção estratigráfica N da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. Indica-se idade radiocarbônica calibrada. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo do autor e fotografias de Astolfo Araujo e equipe.

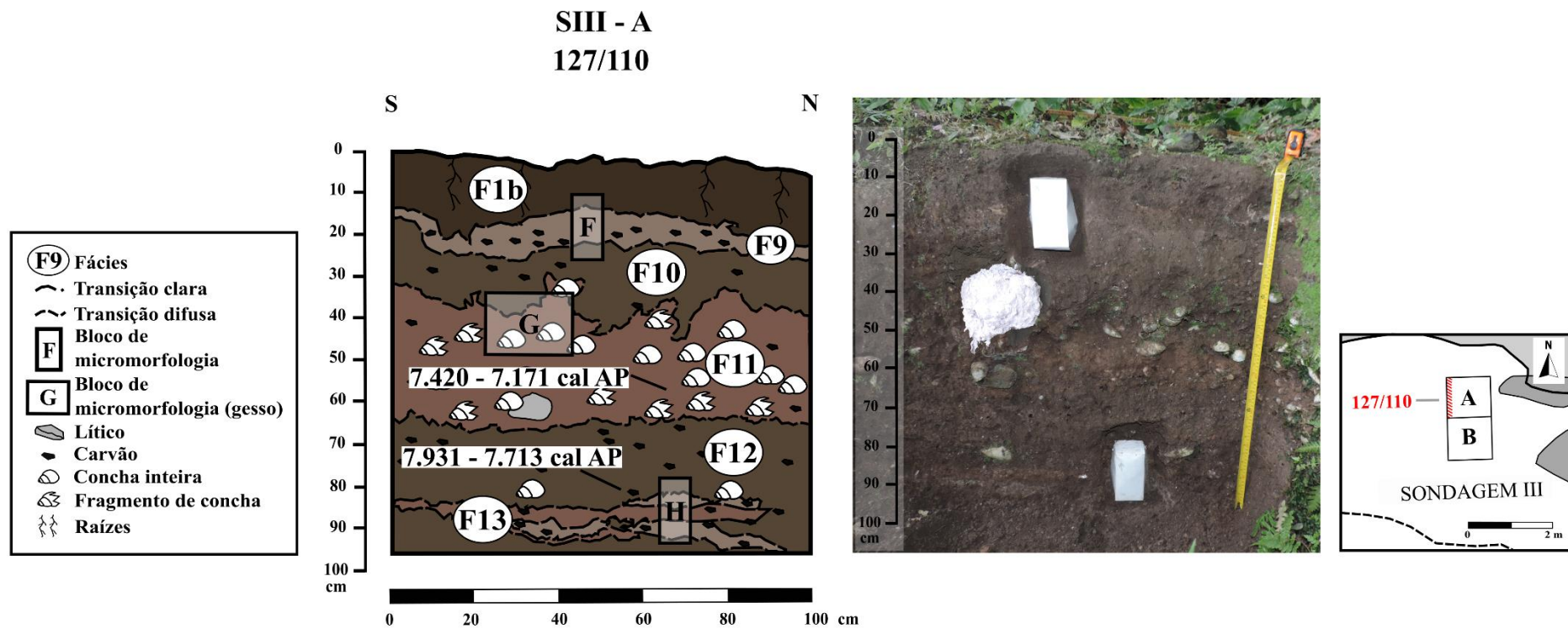


Figura 66 - Desenho (esquerda) e fotografia (direita) da seção estratigráfica W da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Indicam-se as idades radiocarbônicas calibradas. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.

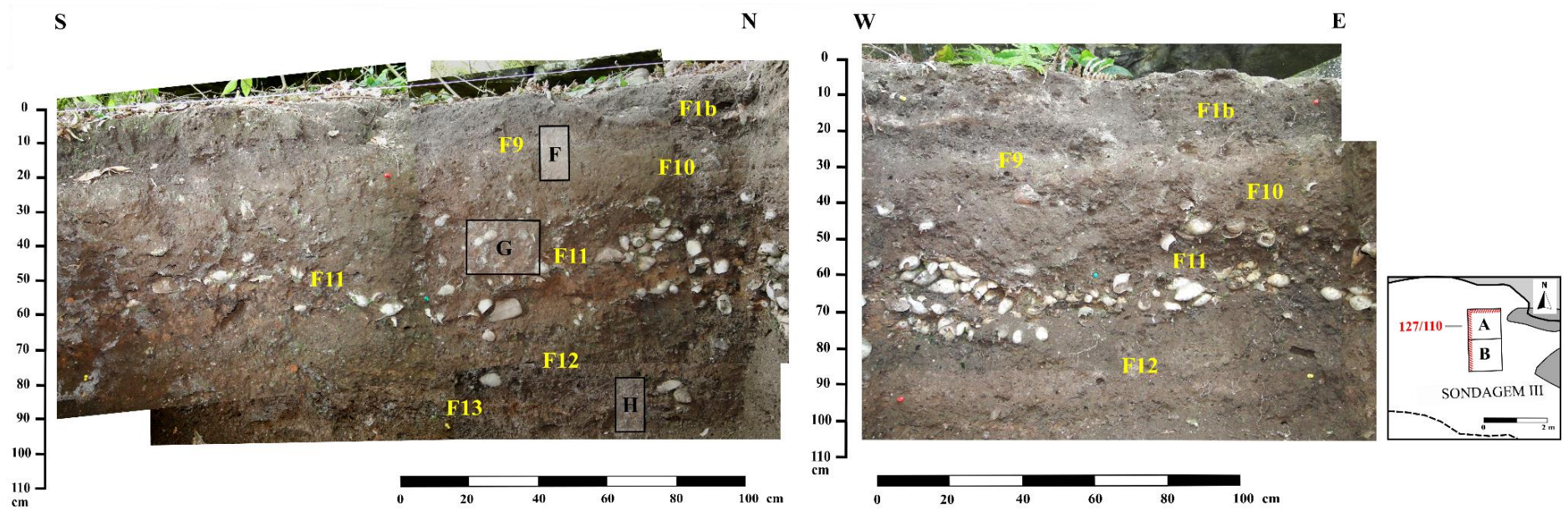


Figura 67 - Mosaico fotográfico das seções verticais W (esquerda) e N (direita), com destaque para as fácies e os blocos coletados, da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Notar as conchas inteiras de gastrópodes na F11. Fotos: Astolfo Araujo e equipe.

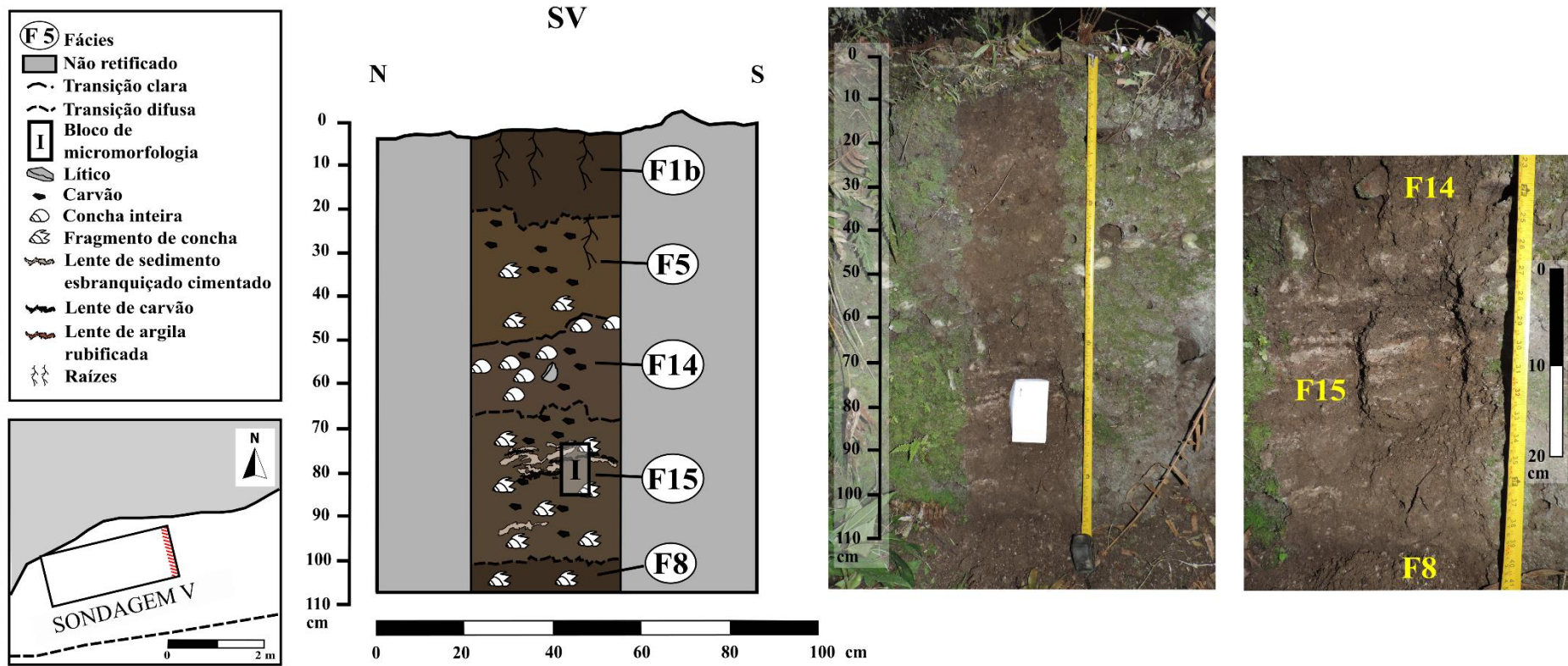


Figura 68 - Desenho, fotografia e detalhe fotográfico de sequência estratificada F15 (direita) na seção estratigráfica E da SV do sítio Abrigo Maximiano. Ver descrição na Tabela 16. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em desenhos de campo e fotografias do autor.



Figura 69 - Amostragem do solo próximo ao sítio Abrigo Maximiano. A seta vermelha indica a localização do ponto de coleta, em meio à mata a oeste do abrigo. O retângulo amarelo destaca a localização da Sondagem V. Vista desde o sudeste. Foto: Astolfo G. M. Araujo e equipe.

Tabela 16 - Fácies reconhecidas em seção vertical no sítio Abrigo Maximiano e na amostragem do solo local (FE1)

Fácies	Profundidade (cm)	Descrição	Quadra
F1a	0 – 10	Franca com matéria orgânica e agregados maciços de sedimento acinzentado. Bruno muito escuro (10YR 2/2) com mosqueado abundante médio cinzento-rosado (7.5YR 6/2). Macia. Transição inferior abrupta e ondulada. Com muitas raízes.	120/109
F1b	0 – 12 (120/107) 0 – 20 (127/110) 0 – 23 (SV)	Franca com matéria orgânica. Bruno muito escuro (10YR 2/2). Macia. Transição inferior difusa e ondulada. Com muitas raízes.	120/107 127/110 SV
F2a	10 – 50	Franca com camadas centimétricas lenticulares de sedimento rubificado. Bruno-escuro (10YR 3/3). Com fragmentos de concha de gastrópodes (7%), agregados de sedimento rubificado <1 cm (7%) e carvão (7 - 10%). Macia. Transição inferior difusa e irregular. Com poucas raízes.	120/109
F2b	78 – 105	Franca com camadas centimétricas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado, algumas fracamente cimentadas. Bruno- amarelado-escuro (10YR 3/4). Com conchas inteiras (3%) e fragmentos de concha (15%) de gastrópodes, agregados de sedimento rubificado <1 cm (5%) e carvão (10%). Ligeiramente dura. Transição inferior difusa e irregular.	120/109
F3	50 – 78	Franca a francoarenosa com lâminas e camadas centimétricas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Com fragmentos de concha de gastrópodes (15%), agregados de sedimento rubificado >1 cm (10%) e carvão (10%). Ligeiramente dura. Transição inferior difusa e irregular.	120/109
F4	105 – 120 (120/109)	Francossiltosa com camadas centimétricas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado, algumas fracamente cimentadas. Bruno muito escuro (10YR 2/2). Com fragmentos de concha de gastrópodes (15%), agregados de sedimento rubificado <1 cm (5%) e carvão (10%). Ligeiramente dura.	120/109
F5	12 – 45 (120/107) 20 – 50 (SV)	Franca. Bruno-escuro (10YR 3/3). Com fragmentos de concha de gastrópodes (7%), agregados subarredondados de sedimento rubificado <1 cm (5%) e carvão (3%). Macia. Transição inferior difusa e ondulada. Com raízes comuns.	120/107 SV
F6	45 – 83	Areia franca a francoarenosa. Bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2). Com conchas inteiras (5%) e fragmentos de concha (20%) de gastrópodes, seixos/artefatos líticos (3%), agregados de sedimento rubificado >1 cm (3%) e carvão (3%). Macia. Transição inferior clara e ondulada.	120/107
F7	83 – 150	Muito cascalhenta (>50% de cascalho bioclástico), com matriz franco-argiloarenosa. Bruno muito escuro (10YR 2/2). Com fragmentos de concha de gastrópodes (>50%), seixos/artefatos líticos (3%) e carvão (2%). Dura. Transição inferior clara e ondulada.	120/107

Tabela 16 - Continuação

Fácies	Profundidade (cm)	Descrição	Quadra
F8	130 – 170 (120/107) 100 – 105 (SV)	Argiloarenosa. Bruno muito escuro (10YR 2/2). Com fragmentos de concha de gastrópodes (20%) e carvão (5%). Macia.	120/107 SV
F9	15 – 25	Franco-argiloarenosa. Bruno-acinzentado (10YR 5/2). Com fragmentos de concha de gastrópodes (3 %) e carvão (10%). Dura. Transição inferior clara e ondulada.	127/110
F10	20 – 40	Francoarenosa. Bruno-acinzentado muito escura (10YR 3/2). Com conchas inteiras (3%) e fragmentos de concha de gastrópodes (10 %) agregados de sedimento rubificado <1 cm (2%) e carvão (5-20%). Ligeiramente dura. Transição inferior clara e irregular.	127/110
F11	35 - 65	Cascalhenta (45 % de cascalho bioclástico), com matriz franco-argiloarenosa. Bruno-avermelhado (2.5YR 4/3). Com conchas inteiras (25%) e fragmentos de concha (20%) de gastrópodes, artefatos líticos (2%) e carvão (3%). Macia. Transição inferior clara e ondulada.	127/110
F12	65 - 95	Franca. Bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2). Com conchas inteiras (3%) e fragmentos de concha (10 %) de gastrópodes, agregados de sedimento rubificado <1 cm (2%) e carvão (20%). Ligeiramente dura. Transição inferior clara e ondulada.	127/110
F13	85 - 95	Francossiltosa a francoargilosa, sucessão de lâminas e camadas centimétricas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado e de sedimento rubificado. Bruno-avermelhado (2.5YR 4/3) e cinzento-avermelhada (5YR 5/2). Com carvão (10%). Ligeiramente dura. Transição inferior clara e ondulada.	127/110
F14	42 – 63	Cascalhenta (20% de cascalho bioclástico), com matriz franco-argiloarenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/2). Com conchas inteiras (15%) e fragmentos de concha (5%) de gastrópodes, seixos/artefatos líticos (1%) e carvão (10%). Ligeiramente dura. Transição inferior difusa e ondulada.	SV
F15	63 - 100	Cascalhenta (>20% de cascalho bioclástico) com matriz franco-argiloarenosa e sucessão de lâminas e camadas centimétricas lenticulares de fragmentos de concha de gastrópodes, de sedimento rubificado, de sedimento acinzentado/esbranquiçado e de carvão. Bruno-escuro (7.5YR 3/2). Com fragmentos de concha de gastrópodes (30%), agregados de sedimento rubificado <1 cm (7%) e carvão (10%). Ligeiramente dura. Transição inferior clara e ondulada.	SV
F16	180 - 210 (114/111)	Francossiltosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Com fragmentos de concha de gastrópodes (3%), agregados de sedimento rubificado >1 cm (3%) e carvão (5%). Macia.	114/111
FE1	10 – 20 (Solo)	Francoargilosa a argiloarenosa. Cinzento-oliváceo-escuro (5Y 3/2). Dura. Transição inferior difusa. Com muitas raízes.	-

6.2 Micromorfologia

Conforme exposto nos métodos (Capítulo 4), foram coletados nove blocos indeformados de sedimento neste sítio, cuja procedência estratigráfica foi apresentada nas Figuras 63 a 68. A ampla diversidade de padrões estratigráficos macroscópicos reconhecida no abrigo, e sintetizada em 16 fácies na seção anterior, tem seu reflexo no universo meso e microscópico. Nos APÊNDICES 19 a 23 apresentam-se os dados micromorfológicos das seções delgadas das quatro quadras amostradas, onde se aprecia que foram identificadas, ao todo, 32 microfácies. Essas microfácies (mF) foram agrupadas em 14 tipos de microfácies (tipo mF), a maioria delas com subdivisões ou variantes internas (até três em alguns casos). Na Tabela 17 são sintetizados os dados dos componentes minerais e orgânicos da fração grossa. Nas Figuras 70 a 75 são apresentadas as seções delgadas escaneadas com destaque para as microfácies e tipos de microfácies identificados e principais fotomicrografias associadas.

Existe um padrão recorrente na micromassa, que consiste num sedimento bruno muito escuro a bruno acinzentado muito escuro (PPL) rico em matéria orgânica amorfa e microcarvões, com micrita e argilominerais e uma tessitura-*b* (XPL) mosqueada pontilhada a indiferenciada (e.g. Figuras 70c-d e 72d). Um tipo diferente de micromassa foi observado na seção H, quadra 127/110 (Figura 74), que consiste num material fino micrítico a localmente espático com argilominerais e por vezes fosfático, com uma tessitura-*b* mosqueada pontilhada a localmente cristalítica (Figura 74e, i, k). Além da micromassa, variações nas microestruturas, das granulosas/grumosas e intergranulares às formadas por blocos subangulosos a angulosos, intrapedalmente com cavidades (*vughy*), e na distribuição relacionada *g/f*, das enáulicas às porfíricas, permitem distinguir as microfácies. A abundância e padrões de orientação e distribuição dos constituintes minerais e de origem orgânica da fração grossa (fragmentos de concha de gastrópodes, carvão, ossos), sintetizados na Tabela 17, além de serem mais um critério na distinção das microfácies possibilitaram identificar recorrências entre esses tipos.

Na quadra 120/109, no setor mais abrigado ou interno do sítio, foram identificados seis tipos de microfácies, as mF1a, 1b e 1c, a mF2, a mF3, a mF4a e a mF5 (Figuras 70b, i e 71c).

Tabela 17 - Características dos componentes minerais e de origem orgânica da fração grossa das amostras coletadas na seção NE, quadra C10

Constituinte	Descrição (tamanho, equidim., arredondamento, seleção)	Distribuição e orientação básicas	Distribuição e orientação referenciadas	Alteração	Tipos de mF
Quartzo	Areia muito fina a fina, equidimensional, subanguloso a subarredondado, moderada a boa	Aleatória e aleatória	-	-	1a, 1b, 2, 3, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8a, 8b, 9, 11, 12a, 12b, 12c, 13
Fragmento de rocha (calcário)	Areia muito fina a grossa, equidimensional, subanguloso a anguloso, baixa a moderada	Aleatória e aleatória	-	Pontilhada (D2) (60% grãos)	10a, 10b, 10c
	Seixo a bloco, subanguloso a anguloso, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	-	8a, 10a
Artefato lítico	3 mm - 1,5 cm, planar a triaxial, anguloso a subanguloso, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	-	7b, 8a
Agregado de argila	150 µm – 3 mm, equidimensional a oblata, subanguloso a subarredondado, sem seleção a muito baixa	Aleatória e aleatória	-	Queima	1a, 1b, 3, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8a, 8b, 9, 11, 12a, 12c, 13
	1 mm – 3 cm, equidimensional a oblata, subanguloso a subarredondado, muito baixa	Linear e paralela fraca	-	Queima	2, 12b
Carvão	400 µm - 2,5 mm, oblata, subanguloso a subarredondado, sem seleção a baixa	Aleatória e aleatória	-	Fragmentação e dissolução, fosfatização?	1a, 1b, 3, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8a, 9, 11, 12a, 12c
	500 µm – 2 mm, oblata, subanguloso, moderada a boa	Linear e paralela fraca	Fragmentos em linhas paralelas aos fragmentos de concha, de orientação oblíqua (mF8b) ou paralela (mF13)		8b, 13

Tabela 17 – Conclusão

Componente	Descrição (tamanho, equidim., arredondamento, seleção)	Distribuição e orientação básicas	Distribuição e orientação referenciadas	Alteração	mF
Fragmento de concha	500 µm – 1,5 cm, acicular-planar, anguloso, sem seleção a muito baixa	Aleatória e aleatória	Fragmentos aleatórios de orientação perpendicular a oblíqua (sub-vertical) à superfície	Menos queima	1a, 1b, 2, 3, 4a, 5, 6, 7, 8a, 8b, 9, 11
	500 µm – 8 mm, acicular-planar, anguloso, baixa a moderada	Aleatória e aleatória	Fragmentos aleatórios de orientação paralela à superfície	Mais queima	4b, 12a, 12b, 12c
	2 mm – 1,3 cm, acicular-planar, anguloso, moderada a boa	Linear e paralela moderada de ângulo médio a aberto	Fragmentos em linhas paralelas e de orientação oblíqua (sub-horizontal) à superfície		10b, 10c, 10d, 11
	1 mm – 2,3 cm, acicular-planar, anguloso, baixa a moderada	Linear e paralela forte de ângulo pequeno	Fragmentos em linhas paralelas e de orientação oblíqua (sub-horizontal) à superfície	Queima: 40% na 14a Dissolução Fragmentos interconectados	13, 14a
Concha inteira	3,1 – 5,2 cm, equidimensional, arredondado, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	-	10a, 11
Osso	1 - 6 mm, equidimensional, subanguloso a anguloso, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	Queima	4a, 4b, 5, 6, 7, 8a, 8b, 9, 10b, 10c, 10d, 11, 13
	1 - 5 mm, equidimensional, subarredondado, sem seleção	Aleatória e aleatória	-	Queima: 15 – 25%	1a, 1b, 2, 3, 5
	1 - 5 mm, equidimensional, subarredondado, sem seleção			Queima: 20 – 30%	12a, 12b, 12c

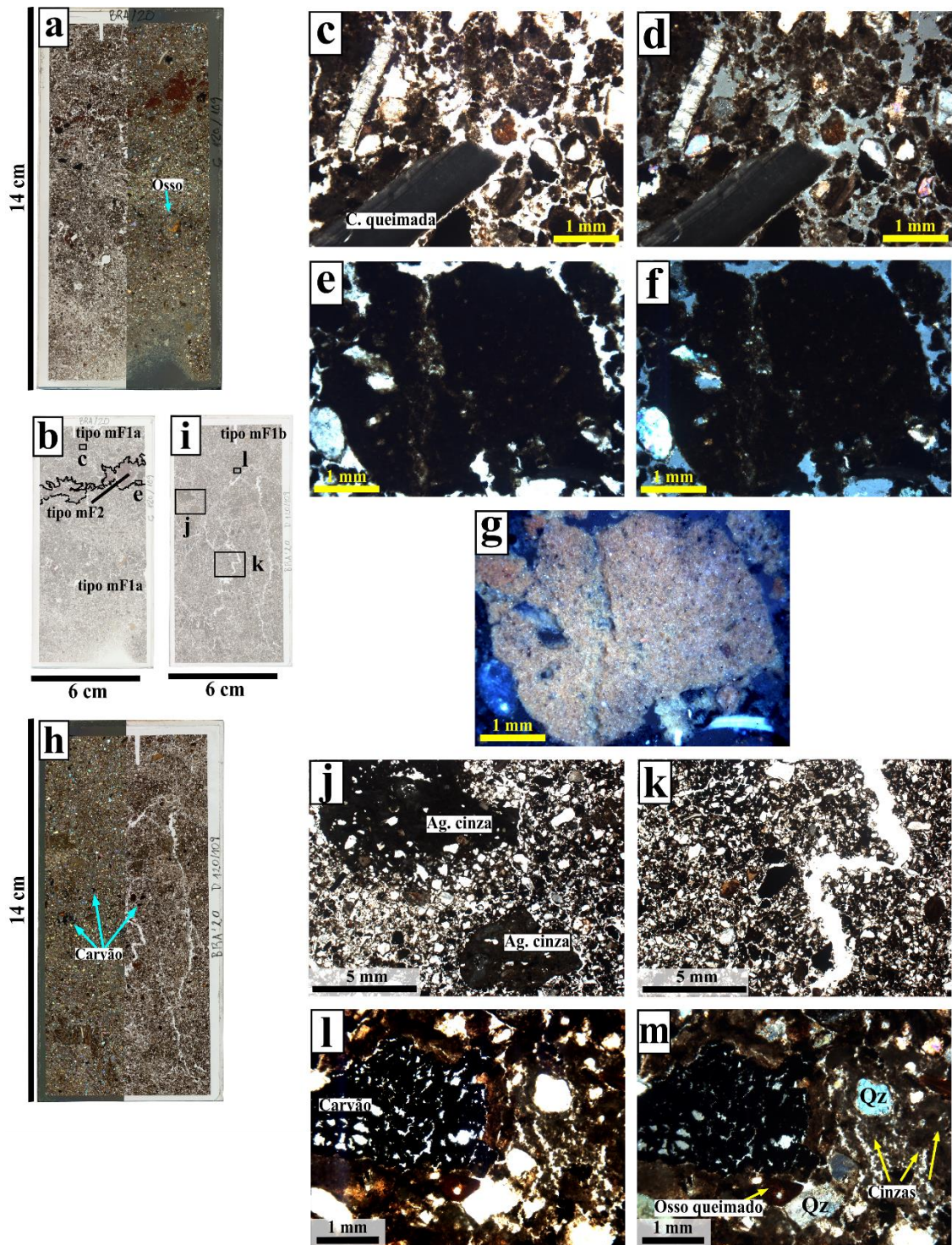


Figura 70 – Seções delgadas C e D da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção C (a) em PPL (esquerda) e XPL (direita) permite ver um fundo matricial rico em quartzo, carvões e com ossos. A seção anotada (b) destaca dois tipos de mF, com destaque para a lente de argila tipo mF2. A microestrutura (c: em PPL; d: em XPL) é formada por grumos porosos e grânulos de micrita onde são reconhecidas cinzas de calcita, com quartzo e fragmentos de concha, alguns deles queimados (C. queimada). Agregados de argila rubrificada compõem a mF2 (e: em PPL; f: em XPL; g: em OIL). O escaneio da seção D (h) em XPL (esquerda) e PPL (direita) evidencia um aspecto semelhante com o subtipo mF1b (i), também rico em carvão, embora com presença de fissuras. Destacam-se agregados de cinzas cimentadas (j, PPL) com cavidades e carvão. Este faz parte importante da fração grossa (k, PPL) em meio às fissuras, compondo o fundo matricial com outros materiais derivados/submetidos à queima como cinzas e ossos (l: em PPL; m: em XPL).

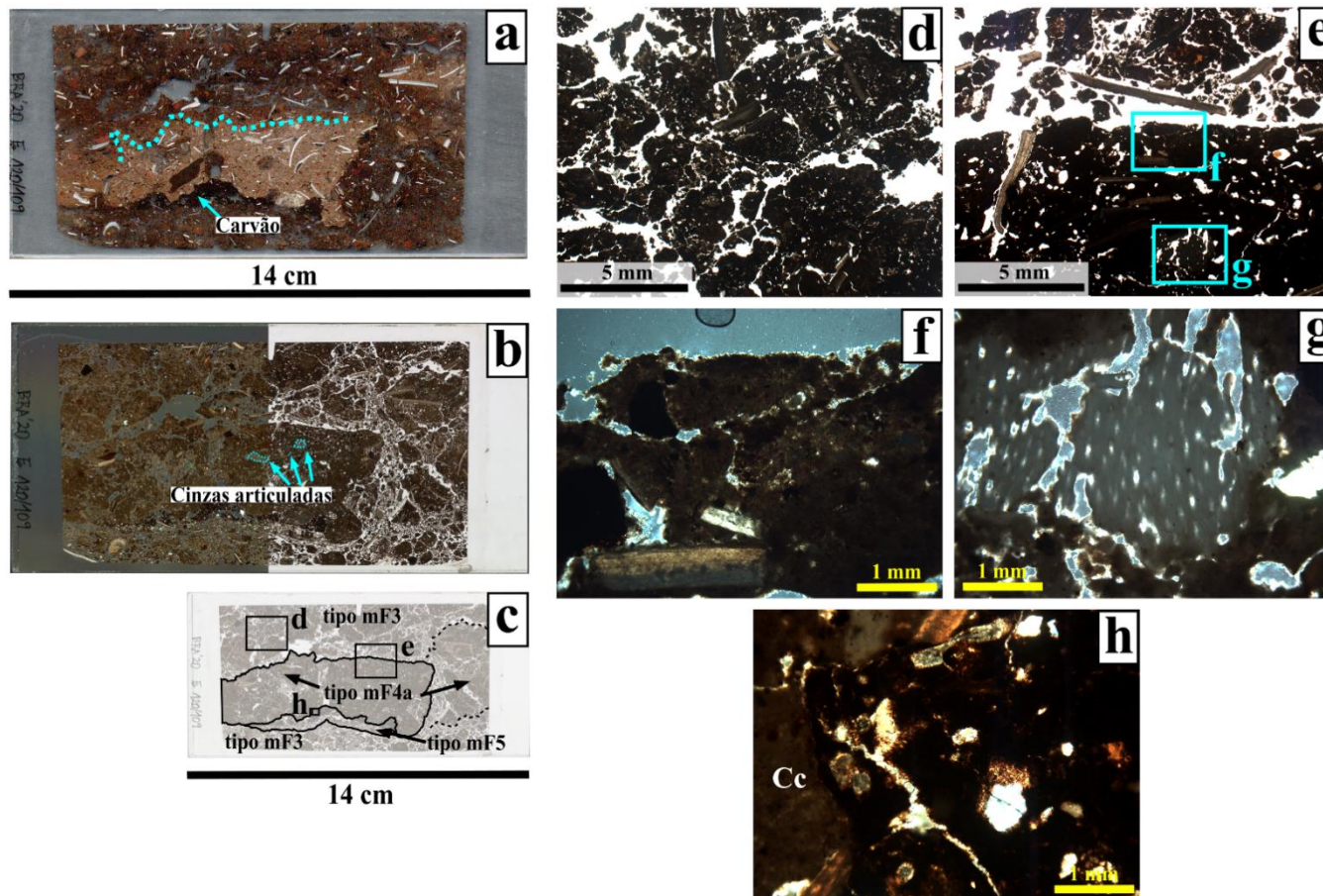


Figura 71 – Seção delgada E da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção em campo escuro (a) destaca a lente de cinzas cimentadas no centro, com fragmentos de concha, uma superfície mais escura impregnada com Fe, indicada com linha pontilhada, e carvão na base. Em XPL (esquerda) e PPL (direita) destacam os agregados na direita, provavelmente desprendidos da mF2 na amostragem, e a presença de cinzas articuladas na lente (b). A relação de tipos de microfácies é apresentada em (c), enquanto em (d, PPL) e (e, PPL) são mostradas as microestruturas dos tipos mF3 e 4a. Notar, em (e), a presença de um fragmento de concha perpendicular à superfície, no topo da lente, preenchendo uma de várias reentrâncias. Pedes laminares ocorrem nesse topo (f, XPL) e, mais abaixo na lente, observam-se cinzas articuladas (g, XPL). Por fim, uma camada lenticular ondulante de carvão dissolvido (h, XPL) está na base da lente de cinzas cimentadas (Cc).

O comum denominador é a presença de uma microestrutura granulosa/grumosa nas seções C e D (Figura 70c-d, j-k), com maior presença de microagregados intergranulares com uma maior porosidade nos tipos de mF3, mF4a e mF5 da seção E (Figura 71b-e), em todos os casos com uma micromassa onde destacam, além da micrita secundária (Figura 70c-d) e da argila *dusty* e suja ou impura (rica em partículas tamanho silte, principalmente microcarvões), as cinzas da queima de material vegetal sob a forma de microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio (Canti, 2003; Canti; Brochier, 2017) (Figura 70l-m). Esses microvestígios encontram-se majormente distribuídos aleatoriamente, por vezes exibindo recristalização, mas formam ocasionais (e.g. no tipo mF1b) agregados subarredondados densos de entre 1 e 7 mm de cinzas cimentadas, internamente porosos (com cavidades) e com carvão e grãos minerais como inclusões (Figura 70j). Por sua vez, na mF4a esses agregados (agora subangulares) coalescem num depósito bruno de 2,5 mm de espessura de cinzas cimentadas, por vezes articuladas com a “forma do carvão” (Figura 71g), MO humificada e argilominerais, com uma microestrutura intrapedal com cavidades (que indicam a soldagem de agregados ou a dissolução dos componentes, Stoops, 2021, p. 72), e que apresenta no topo uma superfície bruno-escura (Figura 71a) impregnada com Fe de pedes laminares (Figura 71f) com reentrâncias formadas por fissuras perpendiculares a esse plano (possíveis evidências de pisoteio, ver seção 3.3.4 e Capítulo 7), por vezes preenchidas por fragmentos de concha (Figura 71e). O tipo mF5, subjacente e em transição nítida ao tipo mF4a (Figura 71a, c), consiste numa camada lenticular ondulante de carvão parcialmente dissolvido/desintegrado com forte impregnação de óxidos ou hidróxidos de Fe e presença de cinzas cimentadas (Figura 71h).

Dentre os componentes da fração grossa destacam nas microfácies da quadra 120/109 os agregados subangulosos a subarredondados de argila rubificada, mais conspícuos no tipo mF2 (Figura 70a-b, e-g), onde formam uma camada de até 3 cm de tamanho cada e apresentam uma cor bruno-avermelhado-escura (PPL) (ver Figura 63). Além do carvão (30-40%) (Figura 70k-m), destacam-se os ossos, sendo a maioria deles (15-20%) potencialmente submetidos à queima (Figura 70m). De acordo com o trabalho de base de Villagran et al. (2017b), as temperaturas máximas atingidas estiveram em torno dos 400°C.

Na quadra 120/107, no setor mais exposto às intempéries, foram identificados quatro tipos de microfácies, a mF6, a mF7a, a mF7b e a mF8a (Figura 72c, h).

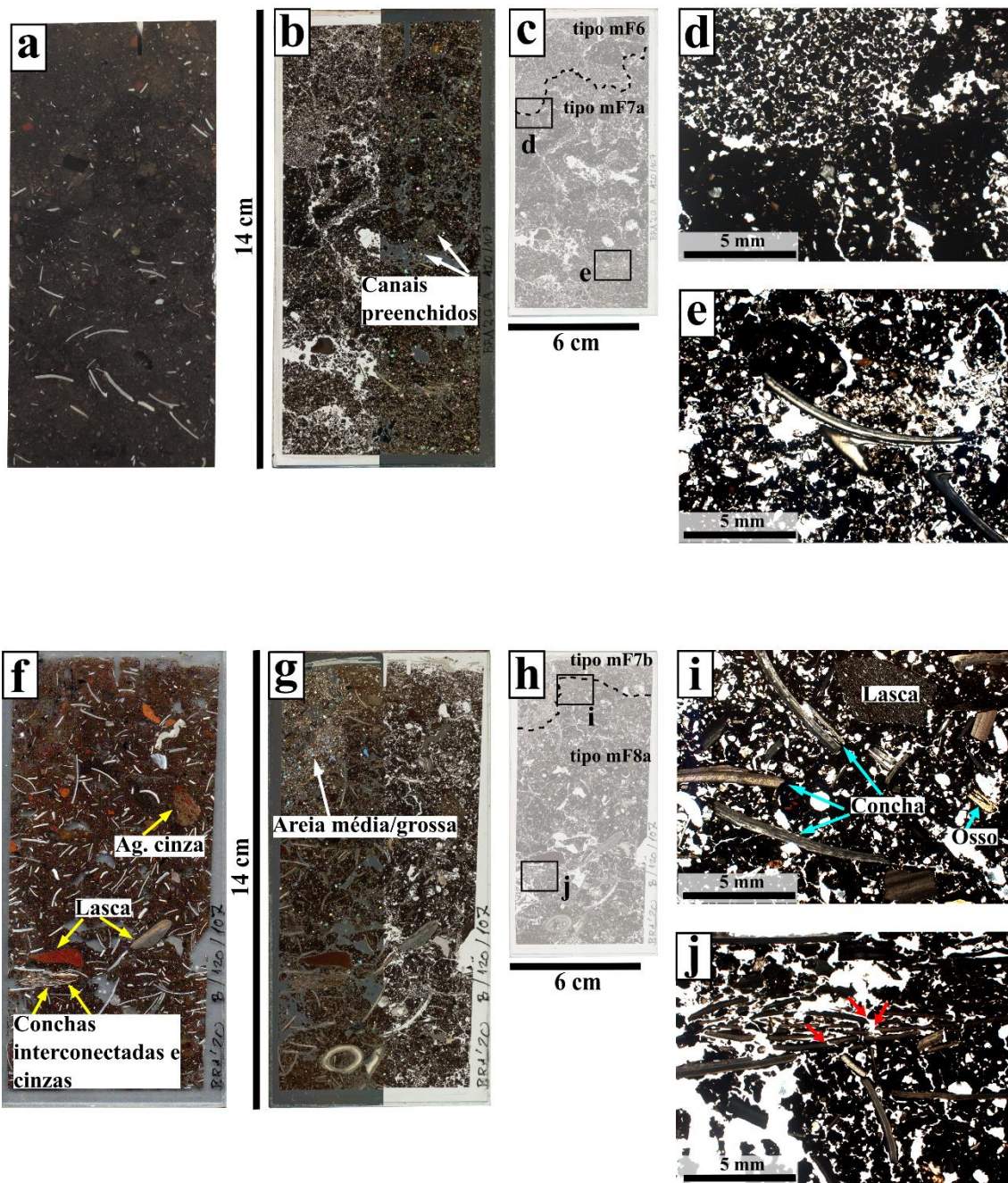


Figura 72 - Seções delgadas A e B da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. A foto do bloco impregnado A (a) e o escaneio da respectiva seção (b) em PPL (esquerda) e XPL (direita) permitem ver o caráter melânico, orgânico, com poucos fragmentos de concha e canais preenchidos por excrementos de mesofauna. Um aspecto mais granular permite distinguir o tipo mF6 do tipo mF7a (seção anotada, c), esta última apresentando agregados mais densos (transição em d, em PPL). O escaneio em campo escuro da seção B (f) destaca os comuns fragmentos de concha, lítico, agregados de argila, de cinzas, e pontuais lentes de fragmentos de concha interconectados com cinzas. Em escaneio em XPL (esquerda) e em PPL (direita) destaca (g) um topo formado por grãos minerais com pouco material fino (tipo mF7b), em transição clara com o tipo mF8a (ilustrada em seção anotada em h). O arranjo caótico de conchas, lítico e ossos é ilustrado em (i, PPL) enquanto a lente de conchas interconectadas (indicadas por setas vermelhas) é mostrada em (j, PPL).

Destacam-se nesta quadra, além de uma micromassa mais enriquecida em excrementos de MO humificada (Figura 72a-b, f-g), uma maior abundância e diversidade de componentes da fração grossa. Os tipos mF6 e mF7a destacam pelo caráter excremental (microestruturas de microagregados intergranulares e esponjosa) e altamente bioturbado do fundo matricial, com frequentes canais com marcas de passagem e preenchimentos contínuos soltos (Figura 72b). Já o tipo mF7b apresenta também afetação pela fauna do solo, mas em menor proporção e com maior presença de grãos de quartzo tamanho areia média/grossa (Figura 72g) em relação aos outros componentes, com frequência interligados pelo material fino, com distribuição relacionada g/f gefúrica. Dentre os componentes da fração grossa, os fragmentos de concha são os principais protagonistas nas seções delgadas da quadra, tendo, do topo à base (ver Figura 72a, f), proporções inferiores ao 20% no tipo mF6, ao redor desse valor no tipo mF7a, e entre 35 e 45% no tipo mF8a. Nesta última (Figura 72f-i), os fragmentos, com um tamanho predominante maior (até 1,2 cm) do que nas microfácies do setor mais abrigado, exibem uma orientação referenciada perpendicular a obliqua (sub-vertical) à superfície, com pontuais lentes de conchas interconectadas (Figura 72f, j), e intercalam-se com ossos queimados entre 500 e 900°C (15%) (Figura 76c-d) e não queimados (20%) (Figura 76b), carvão (2%) e artefatos líticos lascados (2%). O reconhecimento dos artefatos líticos foi efetuado com os critérios de Angelucci (2010, 2017), que destacou, dentre outros, uma forma tabular ou plana, um arredondamento anguloso com um contorno curvo, por vezes arqueado na face ventral das lascas, e de limites nítidos (Figura 72f, i).

Na quadra 127/110, no setor leste do abrigo, identificaram-se nove tipos de microfácies, a mF4b, mF9, as variantes mF10a, 10b e 10c, a mF11 (Figura 73c, i), e as variantes mF12a, 12b e 12c. O aspecto mais chamativo é a diferença entre as seções delgadas F e G, coletadas na porção superior e média da seção estratigráfica, respeito da H, coletada na porção inferior em contato com a última planta escavada por Collet e equipe (Figuras 66 e 67). Em efeito, enquanto nas primeiras há uma micromassa semelhante às encontradas na quadra 120/109, embora com menor presença das cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio, na última observa-se um sedimento menos orgânico, de argila micrítica, enriquecido em cinzas e pontuais tessituras-*b* cristalíticas.

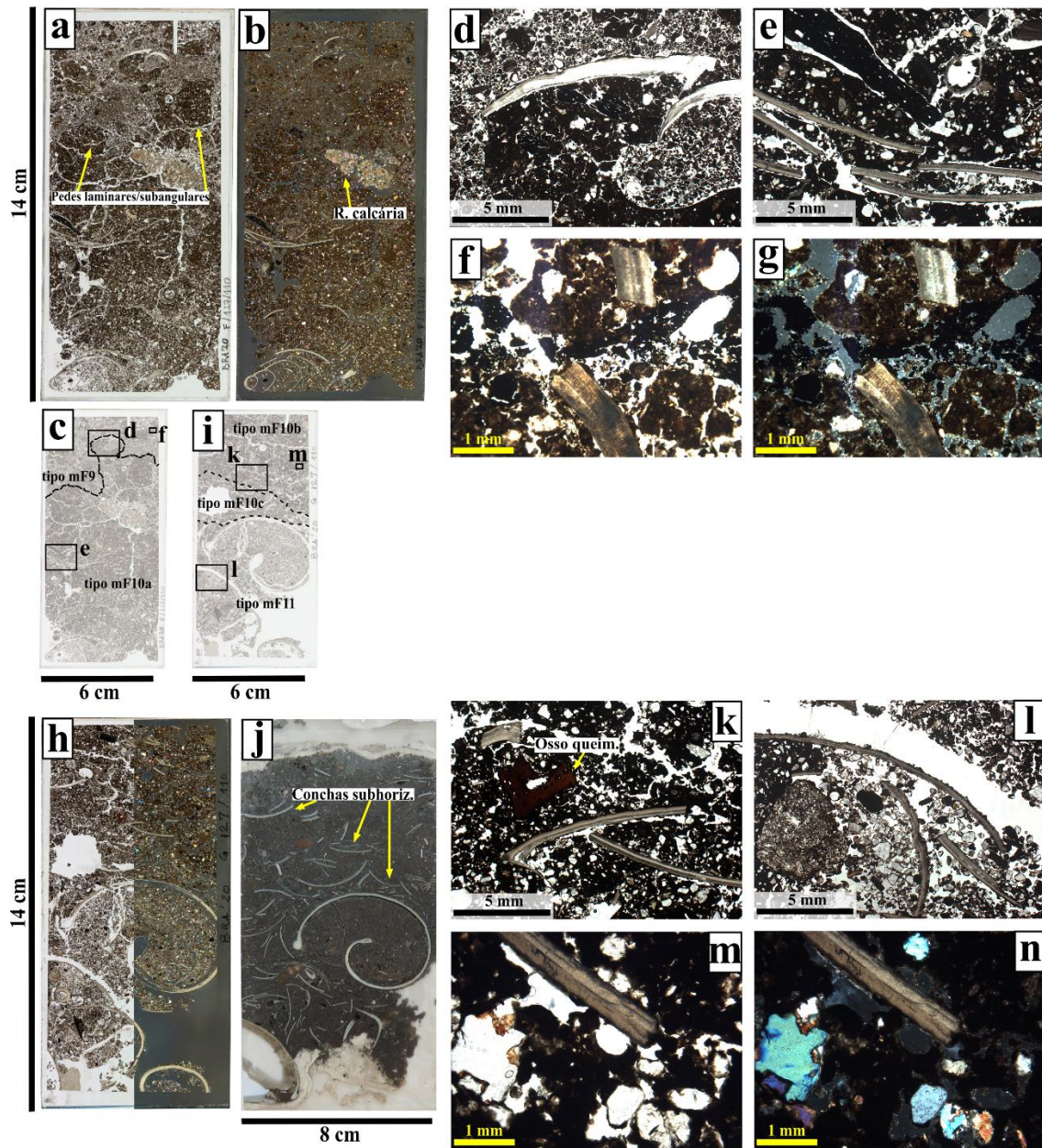


Figura 73 - Seções delgadas F e G da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. Em escaneio da seção F em PPL (a) nota-se a presença de pedes subangulares a laminares na base, em transição clara com o topo desagregado. Em XPL (b) destacam os grãos minerais em meio à matriz micrítica e orgânica, a presença de um clasto subanguloso de rocha calcária (R. calcária) e fragmentos de concha, incluindo um gastrópode inteiro na base. A transição entre os dois tipos mF10a e mF9, ilustrada em (c) e exemplificada em PPL em (d). O aspecto denso e a distribuição g/f porfírica ilustram-se em (e). Como parte do material despreendido na mF9 destaca o carvão e fragmentos de concha (f, em PPL; g, em XPL). Em escaneio da seção G (h), em PPL (esquerda) e XPL (direita) observa-se também o caráter mineral, com destaque para as conchas inteiras e fragmentos de gastrópodes, cujas variações dão lugar a três tipos de microfácies (i). Estes são mais visíveis no bloco impregnado (j), onde se destaca a distribuição sub-horizontal no topo e centro da amostra. Microagregados intergranulares e ossos queimados destacam no fundo matricial mF10b (k, PPL). Fragmentos de rocha, grãos minerais e pouca MO preenchem o espaço interior das conchas inteiras (l, PPL). Por fim, destaca-se o aspecto alterado pontilhado dos grãos de quartzo em meio à micromassa do tipo mF10b (m, PPL; n, XPL).

No topo da sequência, a mF9 (Figura 73a, c-d, f-g), uma acumulação de grânulos e agregados subangulares centimétricos rica em grãos de quartzo (30%) e carvão (25-30%) e com pouco material malacológico (5-10%) é subjazida pela mF10a (Figura 73a, c, e), uma camada anisoforme com blocos subangulares altamente separados por fissuras retas e em zigue-zague onde diminui o carvão (10-15%) e, além de ossos queimados, aparece uma concha inteira de gastrópode e alguns fragmentos interconectados (ver abaixo). Um fragmento de rocha de 2,5 x 1 cm destaca na microfácies (Figura 73a-b), estando formado por cristais de um mineral carbonático (de acordo com McKenzie e Guilford, 2004, p. 89-91) e por grãos angulosos de quartzo. Características similares à mF10a, mas com fragmentos de concha distribuídos em linhas paralelas sub-horizontais (30%), são encontradas no topo da seção G (mF10b), que vai ficando mais desagregada (granulosa) em profundidade (mF10c) (Figura 73h-l). A base da seção (mF11) apresenta restos de conchas inteiras em meio a fragmentos (20-30%), ora de orientação referenciada sub-vertical ora sub-horizontal à superfície atual (Figura 73j). Por fim, é preciso destacar o carácter alterado dos grãos de quartzo nas duas seções delgadas, com alteração pontilhada (Bullock et al., 1985) em ao redor de 60% dos grãos (Figura 73m-n), sendo esse aspecto já observado nos grãos de dentro dos fragmentos de rocha calcária e, portanto, uma herança da rocha-mãe.

Na seção delgada H registra-se uma sucessão de camadas alternantes de 1 a 1,5 cm de espessura (Figura 74a, c) de grânulos até blocos subangulosos onde predominam grãos de cinzas calcíticas e cinzas recristalizadas com camadas de argila bruno-avermelhada com micrita, cinzas e cinzas articuladas (Figura 74f, h-i) (ver também dados do SEM/EDS no final desta seção). Nas primeiras, nucleadas na mF4b, destaca a presença de carvão (30%), de agregados de argila rubificada (20-30%), de ossos (20%) e de fragmentos de concha, alguns deles (15-20%) exibindo sinais de queima (Figura 74d-e). Uma sequência finamente laminada e ondulante, muito menos porosa, que intercala cinzas cimentadas, incluindo cinzas articuladas, e carvão é observada por embaixo da mF4b na mF13.1 da seção delgada (Figura 74g, j-k). Nas segundas, agrupadas nas variantes mF12a, 12b e 12c, em contato difuso a claro com a mF4b, encontram-se os mesmos componentes da fração grossa, embora com maior frequência de ossos queimados (ao redor de 20-30%) e fragmentos de concha maiormente orientados de forma paralela referenciada à superfície (Figura 74b).

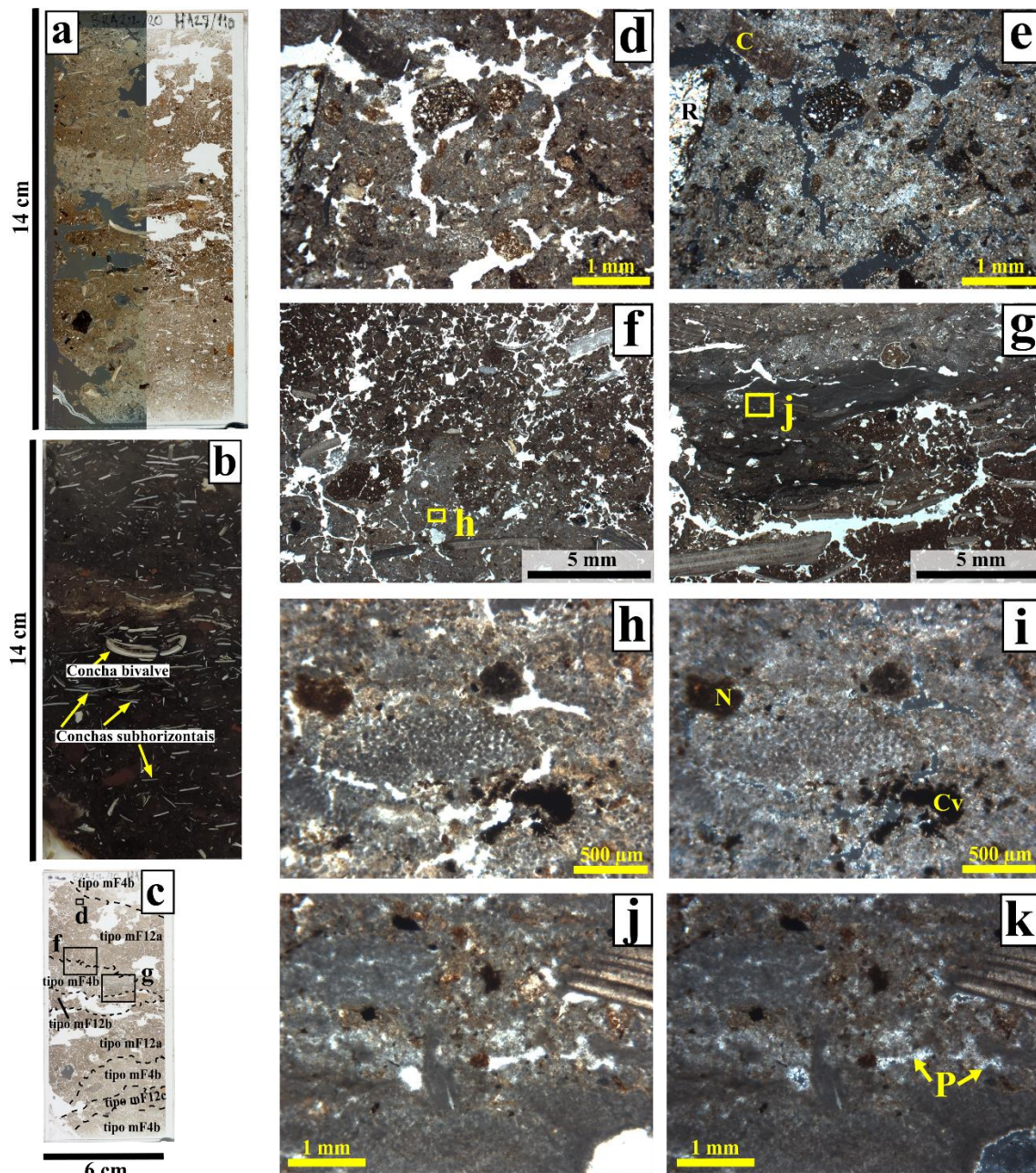


Figura 74 - Seção delgada H da quadra 127/110 do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção em XPL (esquerda) e PPL (direita) permite observar a alternância de camadas lenticulares esbranquiçadas e camadas bruno-avermelhadas. Em foto de bloco impregnado montado (b) observam-se fragmentos de concha de orientação paralela à superfície e uma concha de bivalve removida no seccionamento. Os tipos mF12a, mostrados em seção anotada (c) e exemplificados em (d, PPL) e (e, XPL), apresentam mistura de argila e de calcita recristalizada espática e microespática com cinzas, com ocorrência de fragmentos de concha queimada (C), de rocha (R), e de nódulos de Fe. Nota-se, em (f, PPL) a transição dos microagregados da mF12a (acima) para a microestrutura maciça e de blocos subangulares do tipo mF4b (abaixo). Já na transição entre a terceira (desde a base) lente de cinzas tipo mF4b (acima) e a argila (abaixo), notam-se cinzas cimentadas e carvão finamente laminados e ondulantes (g, PPL). Em detalhe da lente tipo mF4b (h, PPL; i, XPL) observa-se micromassa rica em grãos discretos de cinzas, com presença de carvão (Cv) e de nódulos de Fe (N). Detalhe da lente laminada (j, PPL; k, XPL) permite observar cinzas articuladas e recristalizadas, com presença de vazios revestidos e de preenchimentos (P) de calcita microespática.

Destaca na lâmina H a presença de fragmentos de concha mais espessos misturados aos mais finos, os quais, de acordo com o que se vê no bloco impregnado com resina (foi removida no secionamento), tratar-se-iam de bivalves (Figura 74b). A mF12b consiste numa camada lenticular de uns 5 mm de espessura de argila bruno-avermelhada-escura internamente separada por fissuras (10-15%) perpendiculares ao eixo principal, que subjaze em transição clara com a sucessão laminada de cinzas e carvão (Figura 74g).

Na seção delgada I na única amostra coletada na SV, foram identificados cinco tipos de microfácies, a mF8b, mF10d, mF13, e as variantes mF14a e 14b (Figura 75a-c). A seção apresenta uma grande diversidade interna, com destaque para os fragmentos de concha em diferentes padrões de distribuição e orientação tanto básicas quanto referenciadas à superfície. Do topo até a metade, distingue-se uma sucessão de camadas com predominantes fragmentos aleatórios distribuídos sub-verticalmente (mF8b), fragmentos formando linhas paralelas sub-horizontais (mF13) e linhas de fragmentos menores (1 – 6 mm) com a mesma orientação (mF14a). O fundo matricial é também diferenciado na sequência: na mF8b ele consiste em microagregados e blocos subangulosos ricos em MO amorfa e micrita com agregados de argila e carvão apenas visíveis em OIL (Figura 75f-h); na mF13 é maiormente composto de carvão dissolvido distribuído em linhas orientadas de forma paralela aos fragmentos de concha (ver mais abaixo resultados do SEM/EDS); por fim, na mF14a trata-se de uma camada localmente maciça a separada em blocos subangulosos de micrita, argila e carvão. Da metade para a base da seção se sucedem a mF13, agora de uns 2,5 cm de espessura, uma variante da mF14 (mF14b) rica em agregados de argila (Figura 75b, ver também resultados SEM/EDS mais abaixo), a mF8b com materiais aleatoriamente distribuídos e ossos queimados até 400°C (Figura 76a), e uma variante (mF10d) das camadas de fragmentos de concha linearmente distribuídos de orientação básica paralela moderada vistas na quadra 127/110.

Um aspecto destacável da mF13 é a presença de fragmentos de concha interconectadas após a fragmentação *in situ* (Figura 75d-e, i). Este fenômeno é comumente reportado em análises micromorfológicas de sítios com camadas ricas em material conchífero (Aldeias; Bicho, 2016; Balbo et al., 2010; Duarte et al., 2019; Villagran, 2019) e pode indicar pisoteio por parte dos ocupantes do sítio ou a compressão das camadas superiores (Villagran, 2019; ver Capítulo 7).

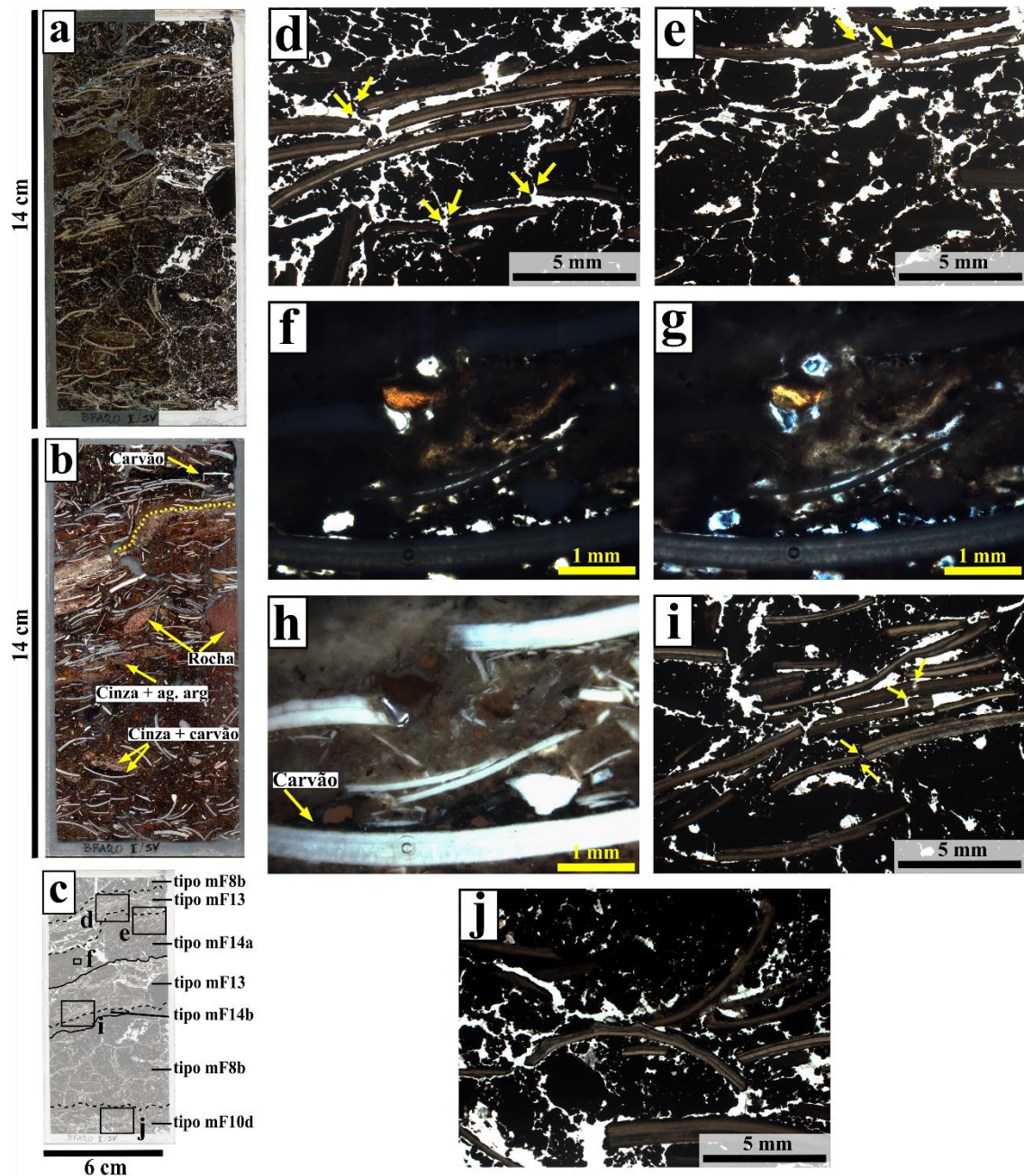


Figura 75 - Seção delgada I da SV do sítio Abrigo Maximiano. O escaneio da seção (a) em XPL (esquerda) e PPL (direita) permite observar o aspecto melânico, orgânico, da seção. Em escaneio de campo escuro (b) são visíveis as linhas de fragmentos de concha de distribuição linear sub-horizontal, a presença de carvão, fragmentos de rocha, lentes de cinzas cimentadas com agregados de argila (Cinza + ag. arg.) e uma superfície bruna (impregnação de Fe) acima de uma camada de cinzas cimentadas (linha pontilhada amarela). Nota-se um agregado laminar com sucessão de carvão e cinza (Cinza + carvão) na face côncava de um fragmento de concha. Em seção anotada (c) destaca-se a variedade estratigráfica da sequência. Fragmentos interconectados de concha (d-e) após a fragmentação (setas amarelas) caracterizam os tipos mF13. Na lente tipo mF14a observa-se um fragmento de osso queimado no centro (f, PPL; g, XPL) e uma micromassa de micrita secundária, que é mais bem vista em OIL (h), onde destacam os fragmentos de concha e carvão. Em (i, PPL) mostram-se mais exemplos de fragmentos de concha interconectados fraturados (setas amarelas). Por fim, fragmentos de concha em orientação paralela sub-horizontal caracterizam o tipo mF10d (j, PPL).

No que respeita aos pedocaracteres, há uma grande diversidade de seção para seção. Assim, os preenchimentos densos com excrementos, constituindo marcas de passagem da mesofauna do solo, e os descontínuos soltos, que ocupam o espaço ao interior de canais, são encontrados na quadra 120/107, sobretudo na seção delgada A (Figura 72b). Os revestimentos de calcita em torno de grãos e fragmentos de rocha, formando pendentes, ocorrem na mesma quadra, mas na seção delgada B, e na porção leste do abrigo, nas seções F e G (Figura 76e-f). Por sua vez, revestimentos de calcita dentro dos vazios e preenchimentos por cristais espáticos são observados apenas na seção delgada H, sobretudo no tipo mF4b (Figura 74i, k). É importante assinalar que esses preenchimentos são pontuais e em nenhum caso eles são densos com cristais “bem formados” (ver Capítulo 7). Nódulos impregnativos órticos de óxidos/hidróxidos de Fe são comuns também na seção H (Figura 74d-e, h-i). Conforme mencionado, impregnações de óxidos/hidróxidos de Fe moderadas são observadas nas superfícies das lentes de cinzas cimentadas mF4a e mF4b.

As análises de SEM com mapeamento EDS são também aqui reportadas. Elas foram realizadas em seções polidas dos blocos impregnados com resina H (Figura 77a) e I (Figura 78a), para os que não se dispunha de amostras soltas para análises geoquímicas e que, no segundo caso, foram difíceis de observar sob o microscópio petrográfico. Foi confirmada, nas lentes do tipo mF4b, a presença de cristais rômnicos bem formados e recristalizados de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio, constituindo ocasionais listras cimentadas de calcita (Figura 77b-d). Argilominerais são indicados pela presença conjunta dos elementos Si e Al em específicos setores, enquanto nota-se a presença de fragmentos de ossos dissolvidos (enriquecidos nos elementos Ca e P). Por sua parte, embora com uma alta presença de grãos de cinzas, nota-se no tipo mF12a (Figura 77e-g), a ocorrência predominante de domínios de argila na micromassa e de fragmentos de ossos na fração grossa.

Já no bloco I da SV, no tipo mF13 (Figura 78b-d) observou-se uma matriz rica no elemento Ca, e importante presença de argilominerais em agregados específicos, e de fragmentos de carvão. A matriz em meio aos agregados de argila da primeira lente de calcita, tipo mF14b, é formada por grãos rômnicos de cinzas e cinzas reprecipitadas e argilominerais (Figura 78e-f). Destaca-se a presença de frústulas de diatomáceas (algas unicelulares) num agregado silicoso e de potenciais fitólitos *bilobates* (Jennifer Watling 2023, informação verbal). Dentre as primeiras, há géneros típicos de água doce como

Eunotia e *Nitzchia* (Paulo de Oliveira 2023, informação verbal). Os segundos encontram-se em gramíneas da subfamília Panicoideae, de ampla distribuição nos trópicos (Jennifer Watling 2023, informação verbal) (ver Discussão).

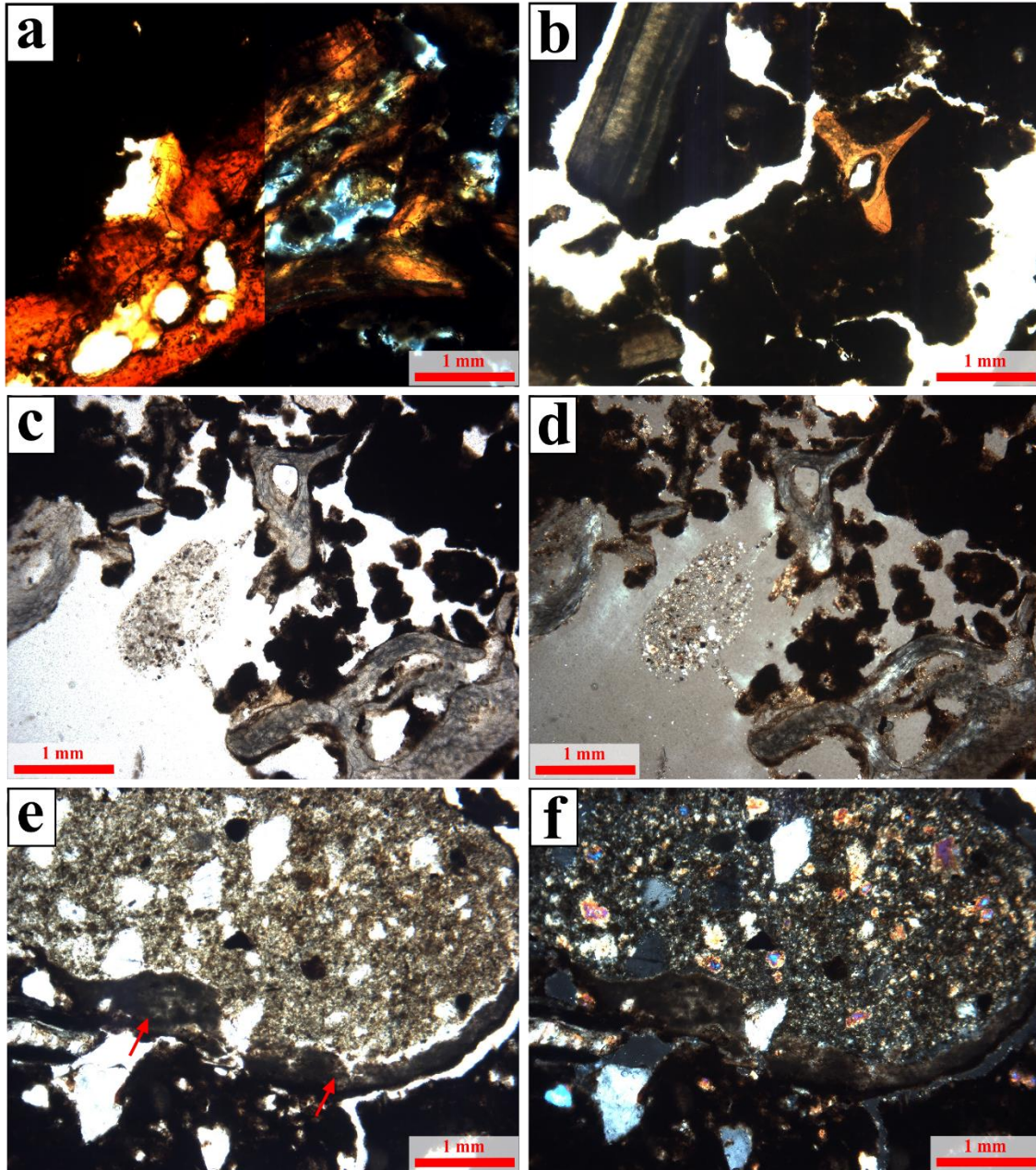


Figura 76 – Componentes destacados em microfácies do sítio Abrigo Maximiano. No tipo mF8b, osso queimado em torno dos 400°C (a) é observado em PPL (esquerda) e XPL (direita). Na mF8a, uma vértebra de peixe é vista em PPL (b). Nessa mesma microfácies ocorrem ossos calcinados, afetados por queima a altas temperaturas em PPL (c) e XPL (d). No tipo mF10b, fragmento de rocha com revestimento do tipo pendente de calcita secundária, em PPL (e, setas vermelhas) e XPL (f).

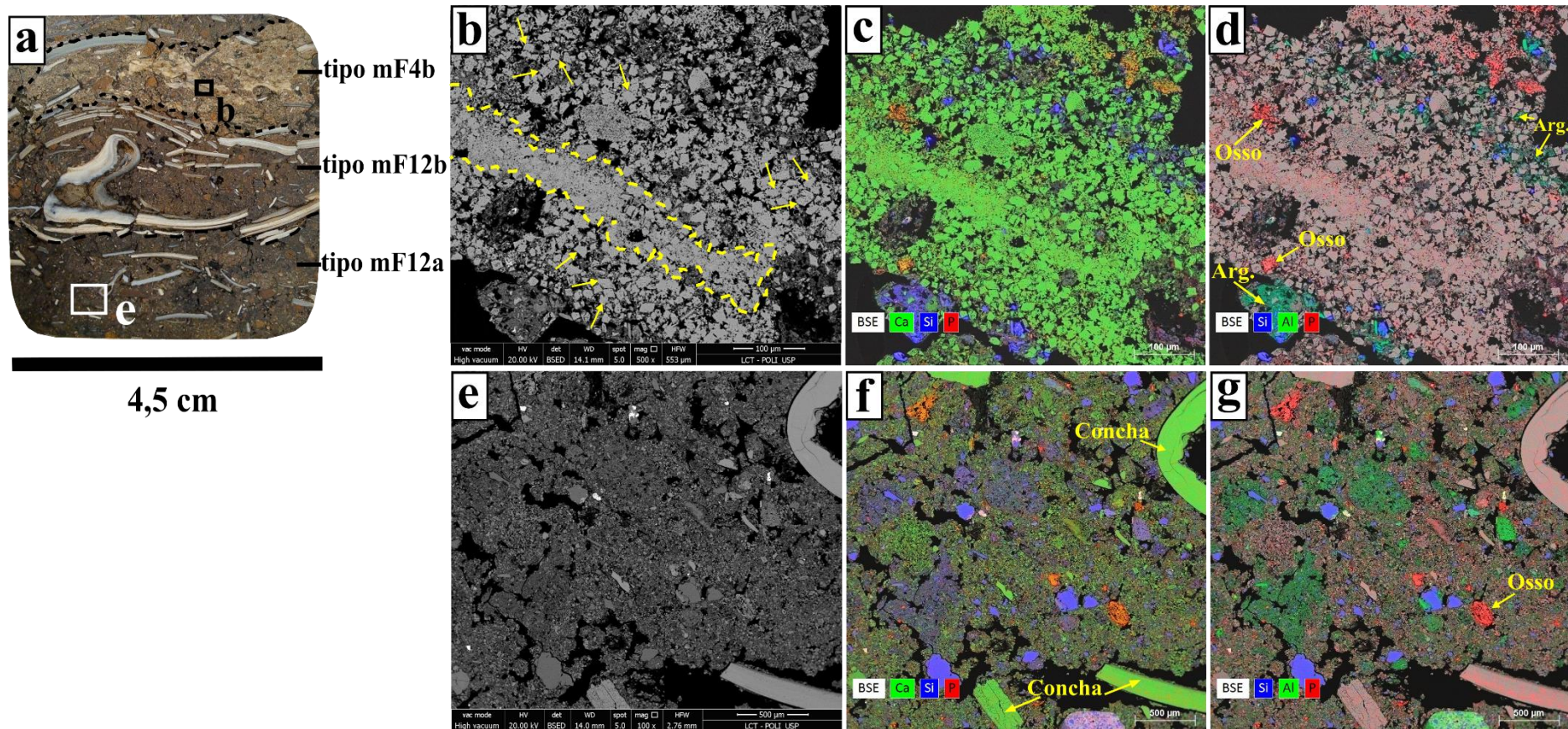


Figura 77 – Análise por SEM/EDS do bloco impregnado H do sítio Abrigo Maximiano. Na seção polida (a), destacam-se a lente de cinzas (tipo mF4b) e de sedimentos bruno-avermelhados (tipo mF12a e b). Em fotomicrografia da primeira (b), observam-se os cristais de calcita das cinzas (setas), parcialmente recristalizados, sobretudo, na listra central oblíqua (linha tracejada). Em mapeamento EDS observa-se abundância do elemento Ca (c), a presença de possíveis grãos de quartzo (elemento Si) e fragmentos de osso (ricos em Ca e P). Retirado o “barulho” do elemento Ca (d), outro elemento majoritário é o Al, presente em alguns setores, indicando argilas (Arg.). Em fotomicrografia do tipo mF12a (e) nota-se um cenário distinto, que é confirmado em mapeamento EDS (f) com a presença de fragmentos de concha e de cristais de cinzas em meio a uma matriz de Ca indiferenciada, com presença de grãos e domínios de Si e do elemento P. Nota-se, sem o elemento Ca, os domínios de argila (elementos Al + Si) e fragmentos de osso (elemento P).

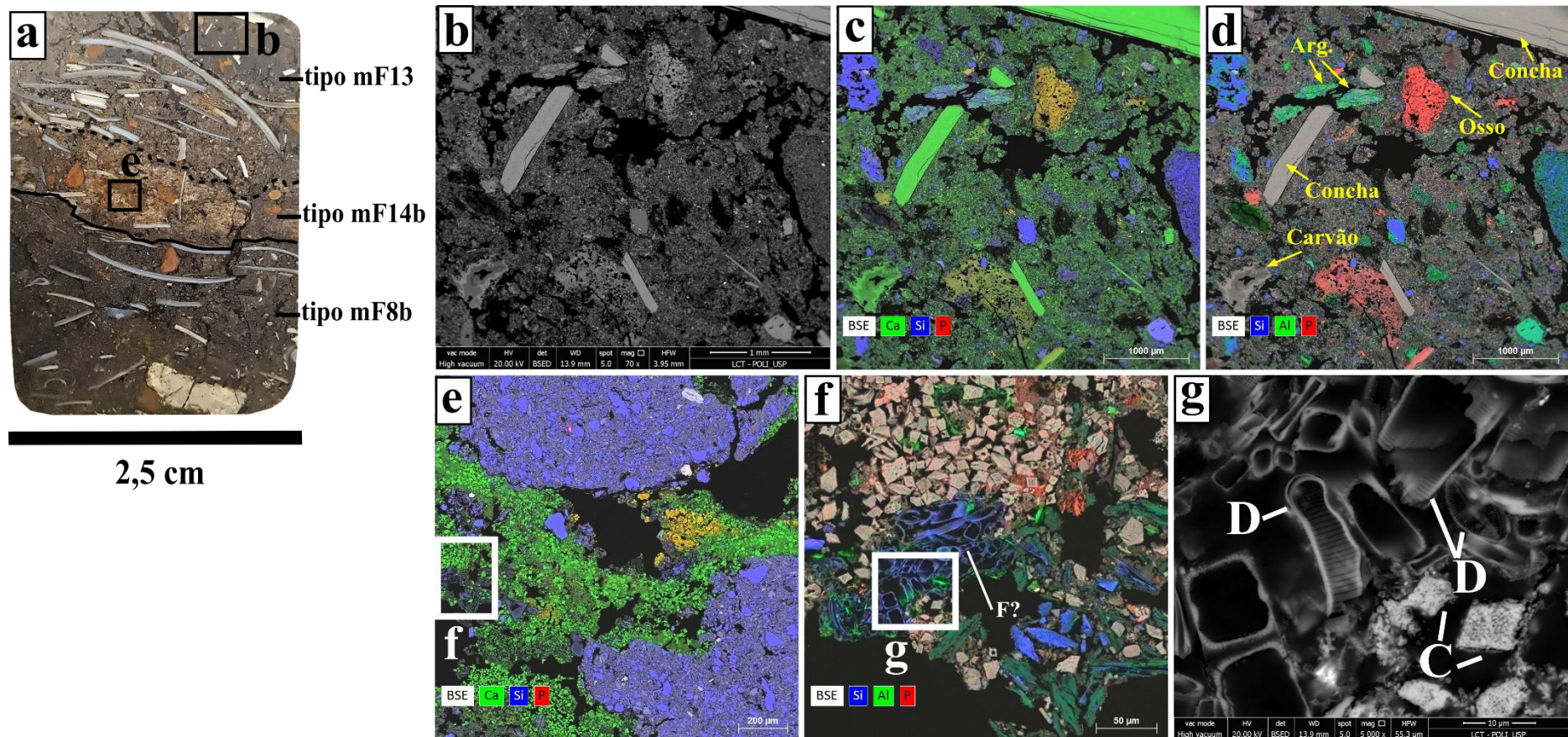


Figura 78 - Análise por SEM/EDS do bloco impregnado I do sítio Abrigo Maximiano. Na seção polida (a) destacam-se os sedimentos com fragmentos de concha maiormente aleatórios do tipo mF8b, em transição nítida com a lente de cinzas com agregados de argila da mF14b, e esta sotoposta pela micrófacies rica em fragmentos de distribuição sub-horizontal (tipo mF13). Em fotomicrografia BSE (b) destaca-se uma matriz uniforme, que em mapeamento microquímico EDS (c-d) é rica no elemento Ca (micrita), com presença de conchas, de agregados de argila (enriquecimento Si-Al em c e d, Arg. em d), de ossos (ricos em Ca-P) e carvão (agregados cinza-escuro, de baixo retroespalhamento). O mapeamento do tipo mF14b (e) em meio a dois agregados de argila mostra uma matriz de grãos de cinzas calcíticas, e presença dos elementos Si e P. Em maior magnificação (f), notam-se os claros cristais rômnicos de calcita das cinzas (acima), argilominerais (centro-abaxo) e um agregado silicoso formado por diatomáceas e possíveis fitólitos (F?). O detalhe (g) mostra as frústulas das diatomáceas (D), às vezes cortadas no seccionamento, e os cristais de cinzas calcíticas (C).

6.3 Concentração de cinzas de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio

No total das amostras de sedimento analisadas para detecção e quantificação dos grãos que constituem as cinzas calcíticas (N = 13, sem se considerar as triplicatas nem amostra do solo externo), foram encontrados esses microvestígios em todas elas, sem exceção (APÊNDICE 24). Para facilidade de leitura, os dados foram apresentados mais abaixo, no diagrama estratigráfico da Figura 86, junto com os parâmetros granulométricos e alguns dos químicos medidos. Na contagem em triplicatas realizada nas amostras CSQB41, CSQB55 e CSQB78, obteve-se um erro médio de 14,05%.

As contagens, com uma média de 13,78 milhões de microvestígios por grama de sedimento, oscilaram entre 3,69 e 25,90 milhões, sendo o mínimo obtido na F3 e o máximo na F4, ambos na quadra 120/109 (ver Figura 79e-f). O conteúdo de grãos é visivelmente (os números baixos não permitiram comparações estatísticas entre quadras) mais variável na quadra 120/109 do que na 120/107 (exemplos na Figura 80a-d), onde, com exceção dos picos da F1b e da F7, não há grandes mudanças ao longo da seção (Figura 86). Já na primeira, além do pico do valor máximo, nota-se um pico na F2a.

Além das amostras das colunas foram analisadas uma amostra da F16, na quadra interna 114/111, e de uma das camadas lenticulares de sedimento acinzentado/esbranquiçado fracamente cimentadas coletadas na F4 e caracterizada micromorfológicamente como mF4a (Figura 79c-d). No primeiro caso, com 11,02 milhões de microvestígios por grama de sedimento, a contagem está dentro do encontrado na maioria das fácies da quadra 120/107. No segundo caso, com 15,42 milhões, o valor encontrado é semelhante ao detectado na F1b.

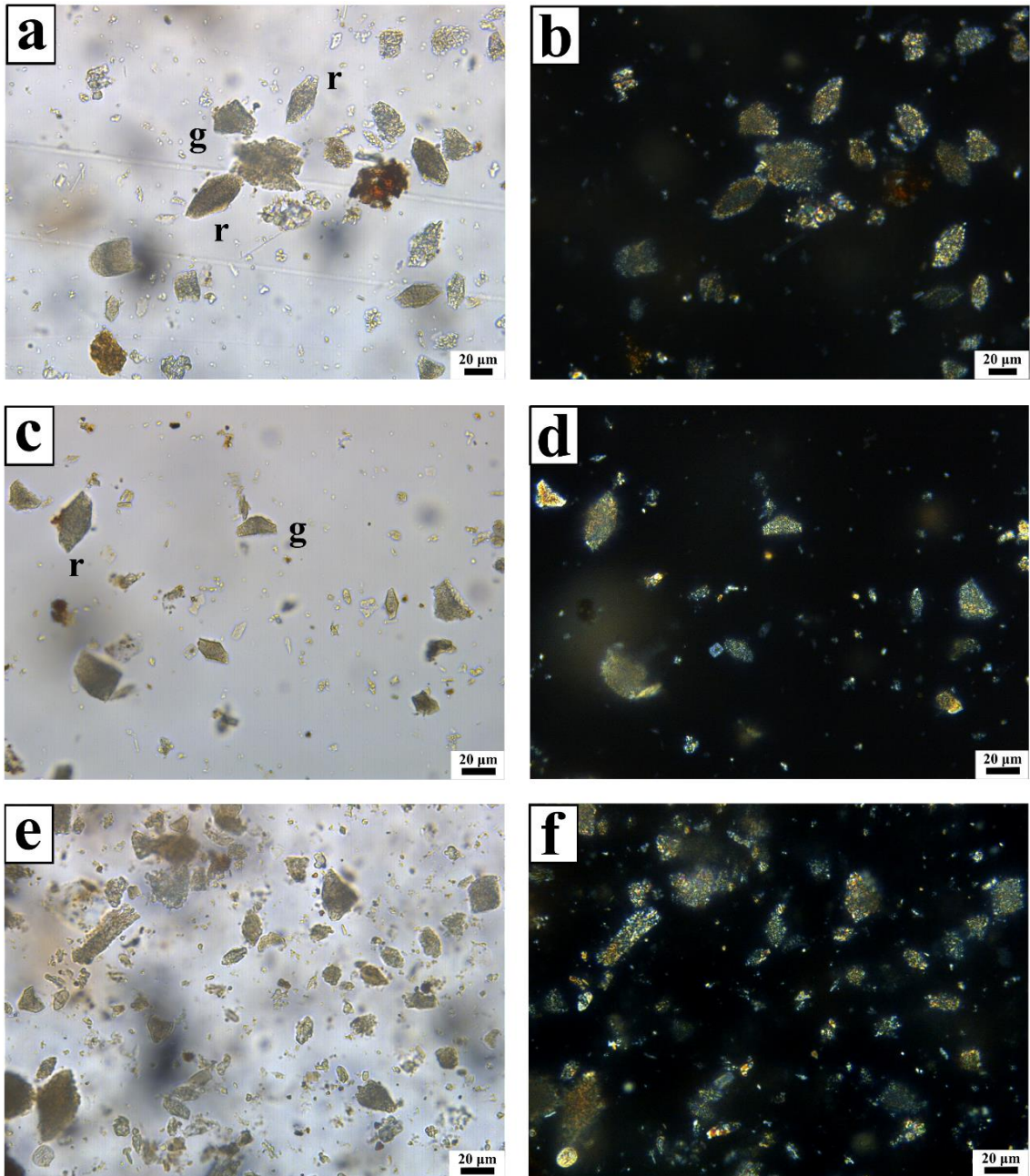


Figura 79 – Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados na quadra interna 120/109 no sítio Abrigo Maximiano. Na amostra CSQB36 (F1a), indicam-se exemplos de grãos rômnicos (r) e de um grão geminado (g), em PPL e XPL. Grãos bem preservados ocorrem também na amostra CSQB80 da lente de cinzas cimentadas mF4a, com exemplos de grãos geminados e rômnicos, em PPL (c) e XPL (d). Por fim, abundantes grãos são encontrados na amostra CSQB63 (F4), em PPL (e) e XPL (f).

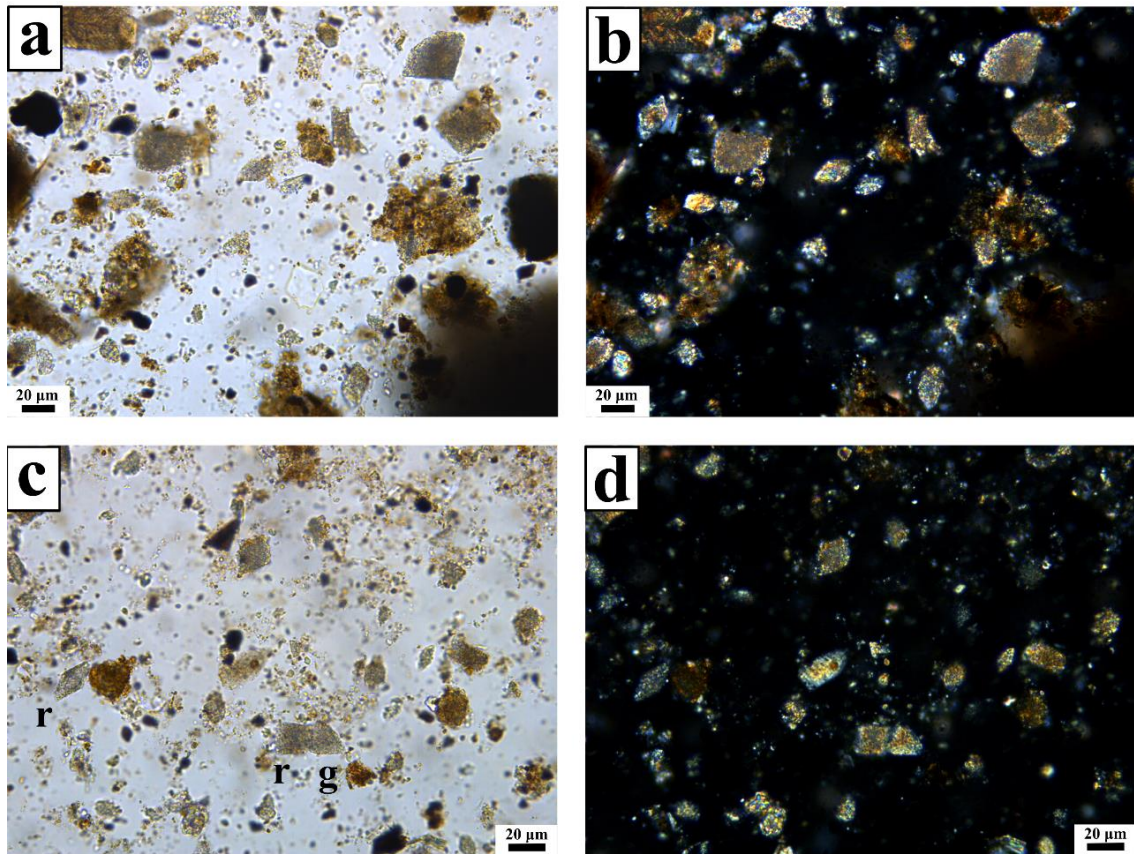


Figura 80 - Exemplos de grãos de cinzas calcíticas encontrados na quadra exposta 120/107 no sítio Abrigo Maximiano. Na amostra CSQB48 (F5), em meio a agregados de argila, há exemplos de grãos rômnicos e geminados, em PPL (a) e XPL (b). Por fim, na amostra CSQB55, coletada no depósito bioclasto-suportado F7, há também frequente ocorrência de rômnicos (r) e grãos geminados (g) em PPL (c), e XPL (d).

6.4 Granulometria da fração terrígena

O diâmetro médio das partículas das 27 amostras analisadas, com cômputo dos pelíticos, esteve entre 2,10 (areia fina) e 4,56 (silte grosso) phi, com um desvio padrão de 1,43 (seleção baixa) até 2,20 (seleção muito baixa) phi e uma assimetria de 0,25 até 1,46 phi (APÊNDICE 25). No que diz respeito das porcentagens médias, o silte é a classe predominante, com 30,56% do volume dos grãos, seguida pela areia fina (20,81%), a areia média (19,36%), a areia muito fina (17,94%), a areia grossa (7,97%) e a argila (2,87%).

Nas Figuras 81 a 84 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras, arranjadas segundo as fácies e desconsiderando amostras das transições interfaciais. O aspecto mais chamativo num primeiro exame é a alta frequência do material pelítico quando comparada com a dos abrigos areníticos do Estudo de caso 1 (Capítulo 5), sempre

acima do 8% e com a maioria das amostras com mais de 20% nessas faixas (APÊNDICE 25). De fato, um padrão trimodal é observado nas faixas argila, silte médio/grosso e areia média na F1a, maior parte da F2a e na F3, todas na quadra 120/109, no setor mais abrigado (Figuras 81 e 82). Um predomínio do silte médio/grosso e das areias muito fina e fina, com uma distribuição mais uniforme, é percebido na F2b, ficando as amostras coletadas na base da coluna da quadra (F4) mais francossiltosas, com uma distribuição menos assimétrica e platicúrtica ou achatada (Figura 82). Os pelíticos são, nesse sentido, relativamente mais comuns no setor interno ($N = 12$, 24,18 – 57,46%), com um pico na F2a e a partir dos 80 cm nas F2b e F4, do que no setor mais exposto na quadra 120/107 ($N = 15$, 8,93 – 49,69%) que apresenta dois picos na F7 (APÊNDICE 25 e Figura 86). Embora as medianas do diâmetro médio entre as quadras não exibam diferenças significativas ($W = 52,5$, $p = 0,07097$), a razão pelíticos/areias sim as apresentou ($W = 41,5$, $p = 0,01915$), sendo maior na quadra 120/109.

A predominância das classes de areia é percebida nas fácies da quadra 120/107, com distribuições unimodais na faixa areia fina-média nas F1b, F5 e F6 (Figura 83). Há, de fato, um pico de areia média (31,74 – 34,4%) e grossa (20,41 – 21,57%) entre 50 e 70 cm de profundidade, nos depósitos da F6, onde são também registrados os menores teores de argila e silte do sítio (APÊNDICE 25 e Figura 86). Areias muito finas e finas apresentam um pico na F7, a partir dos 80 cm, com um aumento das frações mais grossas na base escavada da quadra, na F8 (Figura 86). O comportamento da areia na quadra 120/109 é um pouco mais uniforme, sobretudo nas frações mais grossas, com uma relativa diminuição em profundidade da areia fina (APÊNDICE 25).

A amostra coletada no solo na proximidade do abrigo apresentou uma moda na faixa areia média (diâmetro médio = 2,33 phi), diferente das fácies majormente trimodais argila - silte médio/grosso - areia média do setor interno (120/109), e semelhante com algumas das amostras do setor mais exposto (120/107) (Figura 85). A maior semelhança distribucional se deu com o topo da F2a (amostra CSQB37), mas, sobretudo, com a maior parte da F6 (amostras CSQB51 e CSQB52) e com a F8 (Figuras 83 a 85).

Do mesmo modo que a micromorfologia, o indicador granulométrico da fração não carbonática neste sítio oferece desafios bem diferentes à interpretação respeito dos abrigos do Caso 1. No caso das fácies da quadra 120/109, a presença de modas na fração argila e silte médio/grosso parecem indicar a forte contribuição antrópica dos materiais de combustão retrabalhados observados nas seções delgadas (seção 6.2), e.g. os agregados

de argila rubificada. Os fitólitos e agregados silicosos derivados da queima de plantas poderiam também estar contribuindo para o silte e a areia muito fina, que de forma conjunta têm um impacto maior nas distribuições das F2b e F4. Não pode ser descartada, contudo, a presença de fragmentos de concha não removidos pelo pré-tratamento com HCl contribuindo sobretudo ao engrossamento das frações arenosas. Já a amostra de solo local aponta para um aporte geogênico (i.e. um material parental comum) da moda principal areia média derivada da desintegração da rocha de base calcário-silicosa (Inglis et al., 2018).

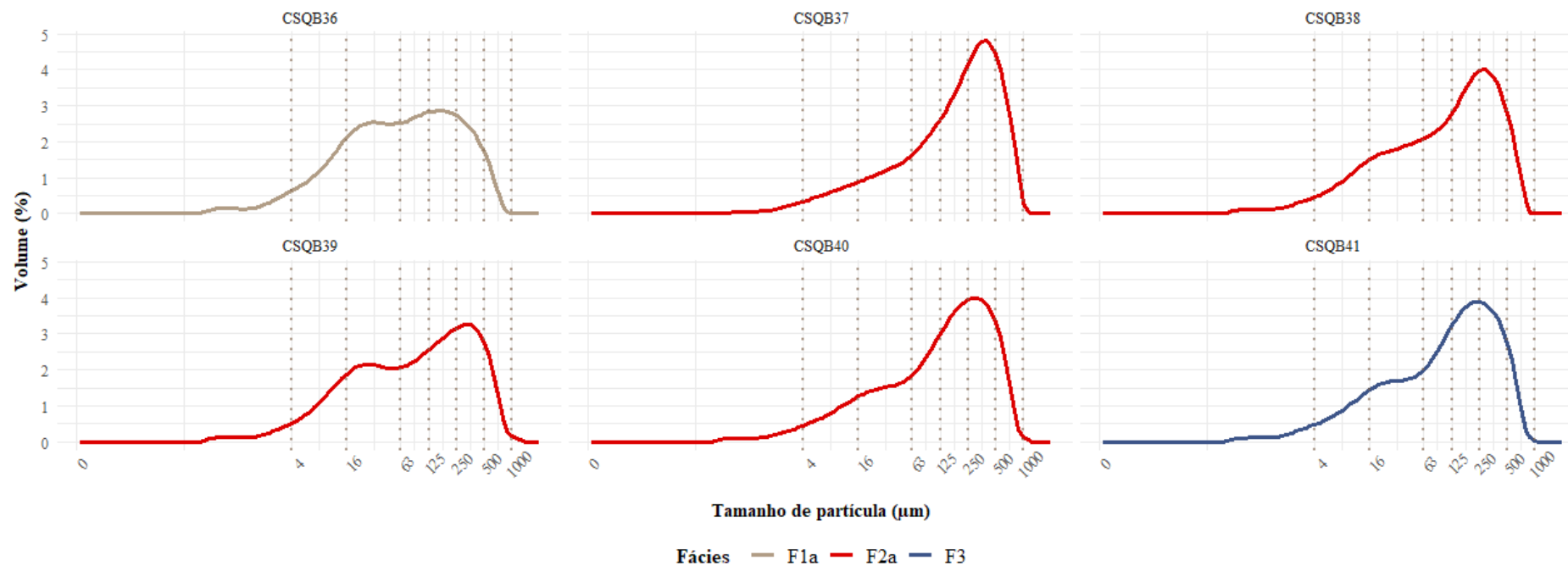


Figura 81 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies superiores da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila ($<4 \mu\text{m}$), silte muito fino e fino ($4 - 16 \mu\text{m}$), silte médio e grosso ($16 - 63 \mu\text{m}$), areia muito fina ($63 - 125 \mu\text{m}$), areia fina ($125 - 250 \mu\text{m}$), areia média ($250 - 500 \mu\text{m}$) e areia grossa ($500 - 1000 \mu\text{m}$). Note-se a trimodalidade nas faixas silte médio/grosso, areia média e uma pequena moda na faixa argila no topo da quadra (F1a), interrompida no topo da F2a, mas que volta no resto da F2a, tendência que se mantém no topo da F3.

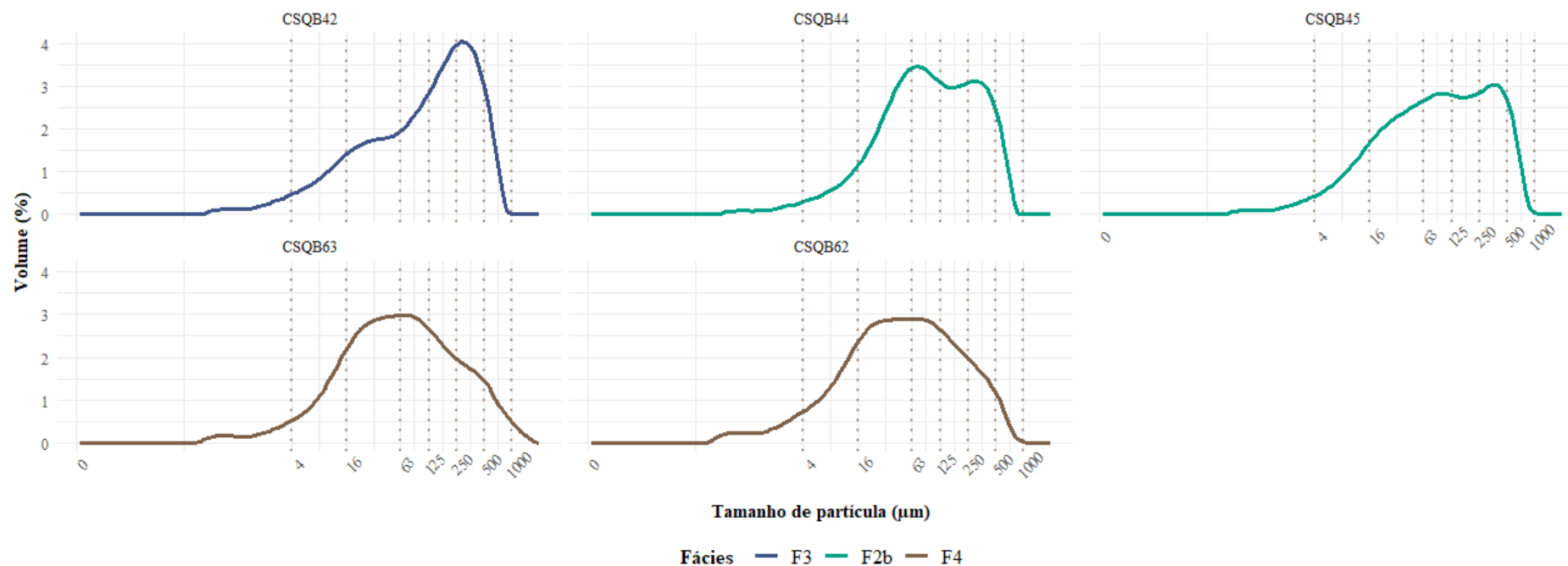


Figura 82 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies inferiores da quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila ($<4 \mu\text{m}$), silte muito fino e fino ($4 - 16 \mu\text{m}$), silte médio e grosso ($16 - 63 \mu\text{m}$), areia muito fina ($63 - 125 \mu\text{m}$), areia fina ($125 - 250 \mu\text{m}$), areia média ($250 - 500 \mu\text{m}$) e areia grossa ($500 - 1000 \mu\text{m}$). Mantem-se o padrão trimodal argila - silte médio/grosso - areia média na F3. Na F2b, há uma uniformização na distribuição do silte médio/grosso e das areias, enquanto uma distribuição mais platicúrtica (achatada) e bimodal percebe-se na base amostrada da quadra (F4).

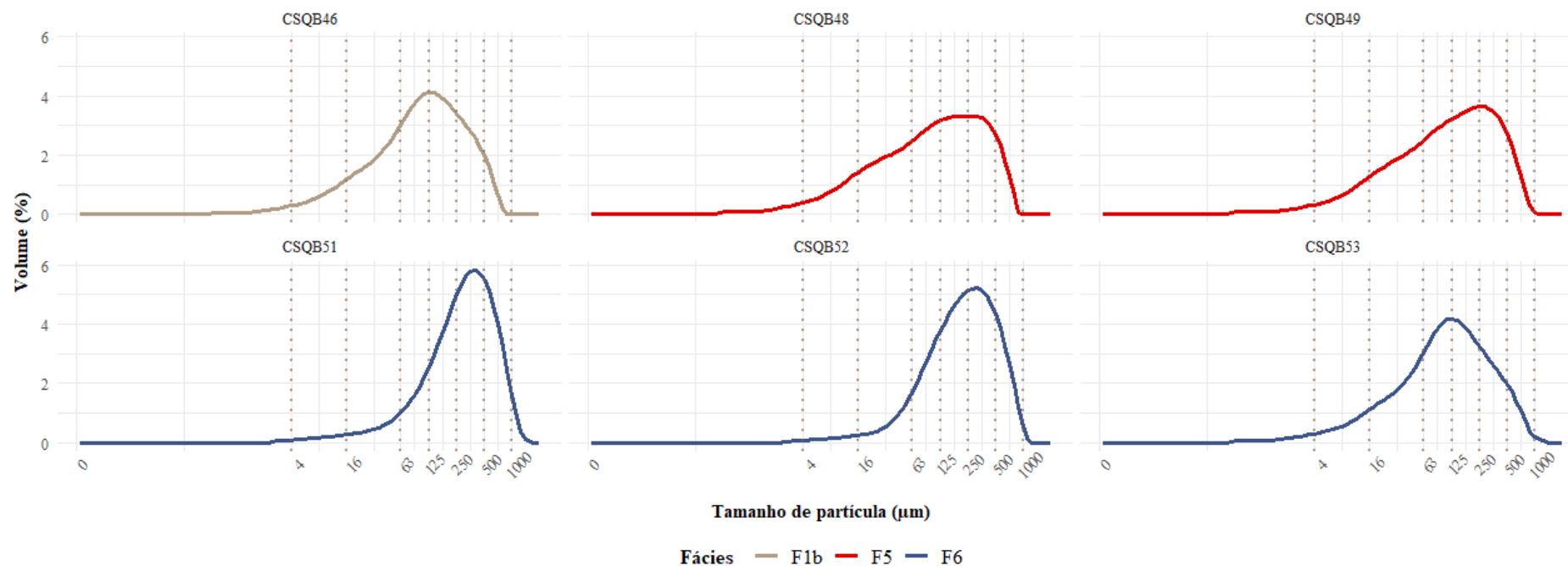


Figura 83 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies superiores da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<math><4\ \mu\text{m}</math>), silte muito fino e fino ($4 - 16\ \mu\text{m}$), silte médio e grosso ($16 - 63\ \mu\text{m}$), areia muito fina ($63 - 125\ \mu\text{m}$), areia fina ($125 - 250\ \mu\text{m}$), areia média ($250 - 500\ \mu\text{m}$) e areia grossa ($500 - 1000\ \mu\text{m}$). Note-se a moda predominante na faixa areia fina-média, com uma maior presença de pelíticos na porção superior (F1b e F5) e na base da F6.

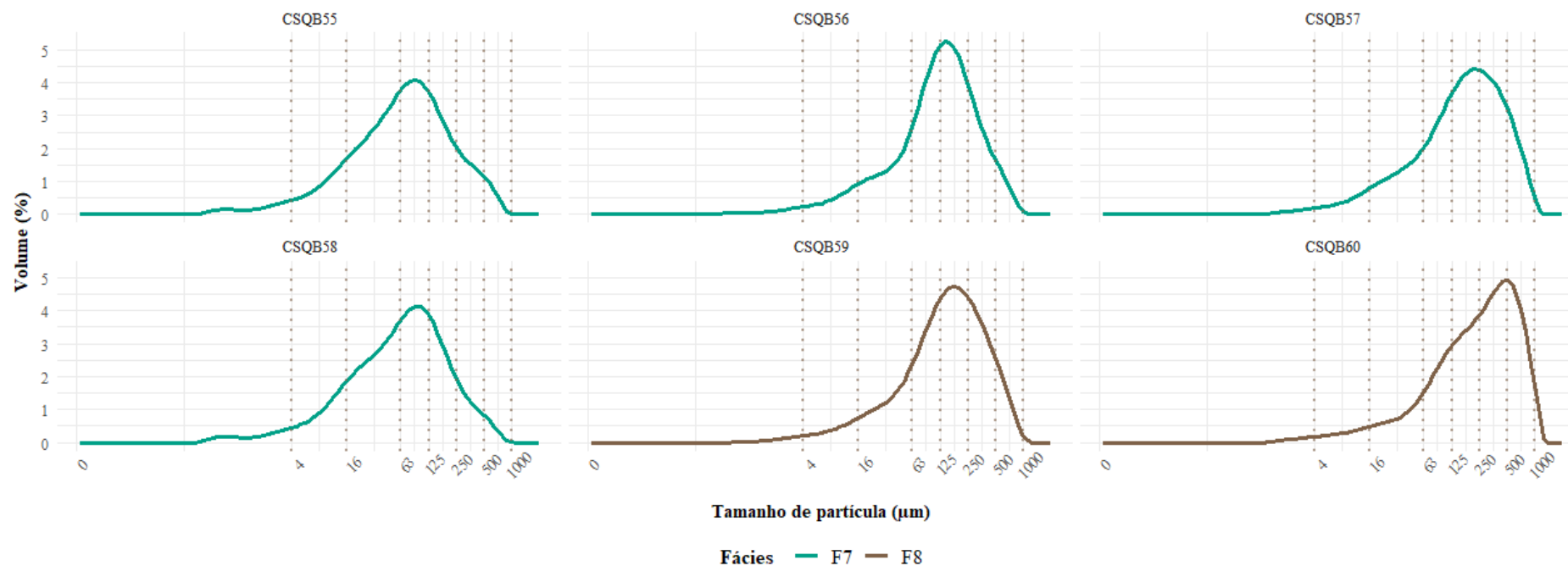


Figura 84 - Curvas de distribuição granulométrica das amostras das fácies inferiores da quadra 120/107 do sítio Abrigo Maximiano. As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se uma marcada moda na areia muito fina a fina em termo gerais, mas com um engrossamento nas faixas siltosas e uma moda na argila na F7.

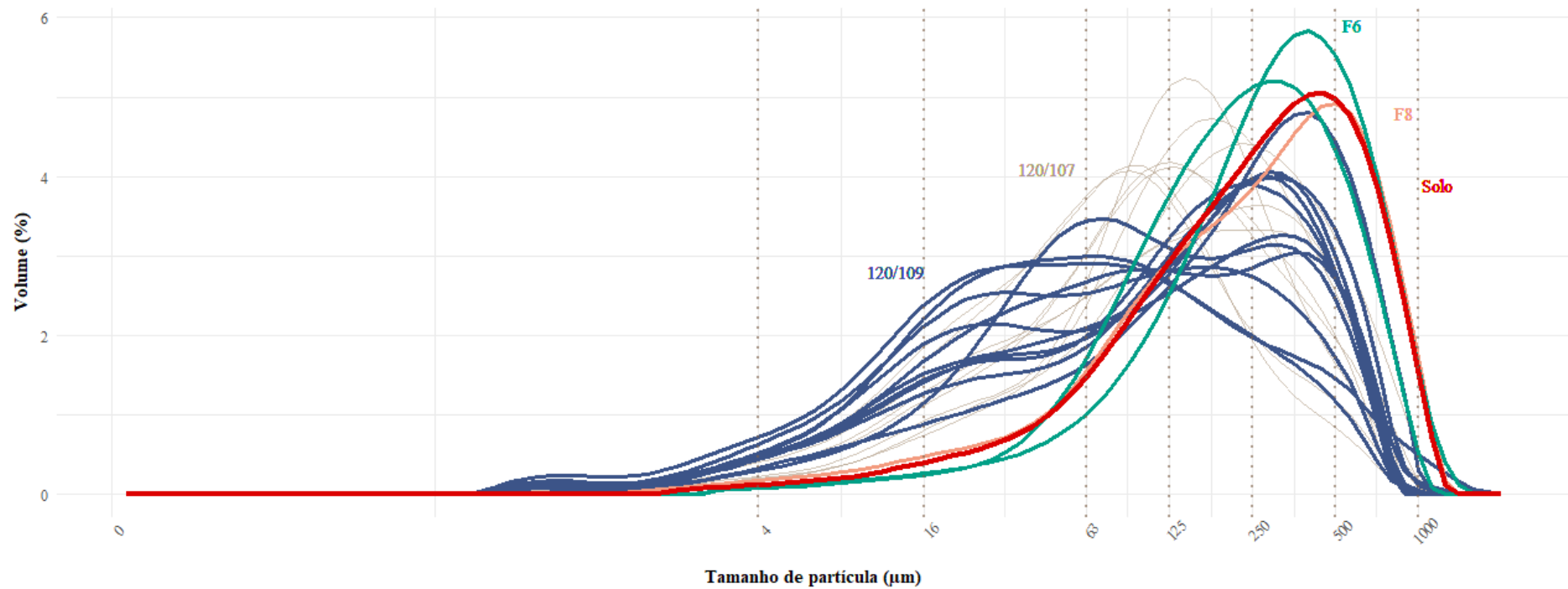


Figura 85 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica das quadras 120/109 (N = 11) e 120/107 (N = 12) do sítio Abrigo Maximiano com a amostra de solo local (CSQB61). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a diferença da amostra externa, com uma moda na areia média, com as fácies maiormente trimodais do setor interno (120/109), e uma maior semelhança com amostras da F6 e F8 do setor mais exposto (120/107).

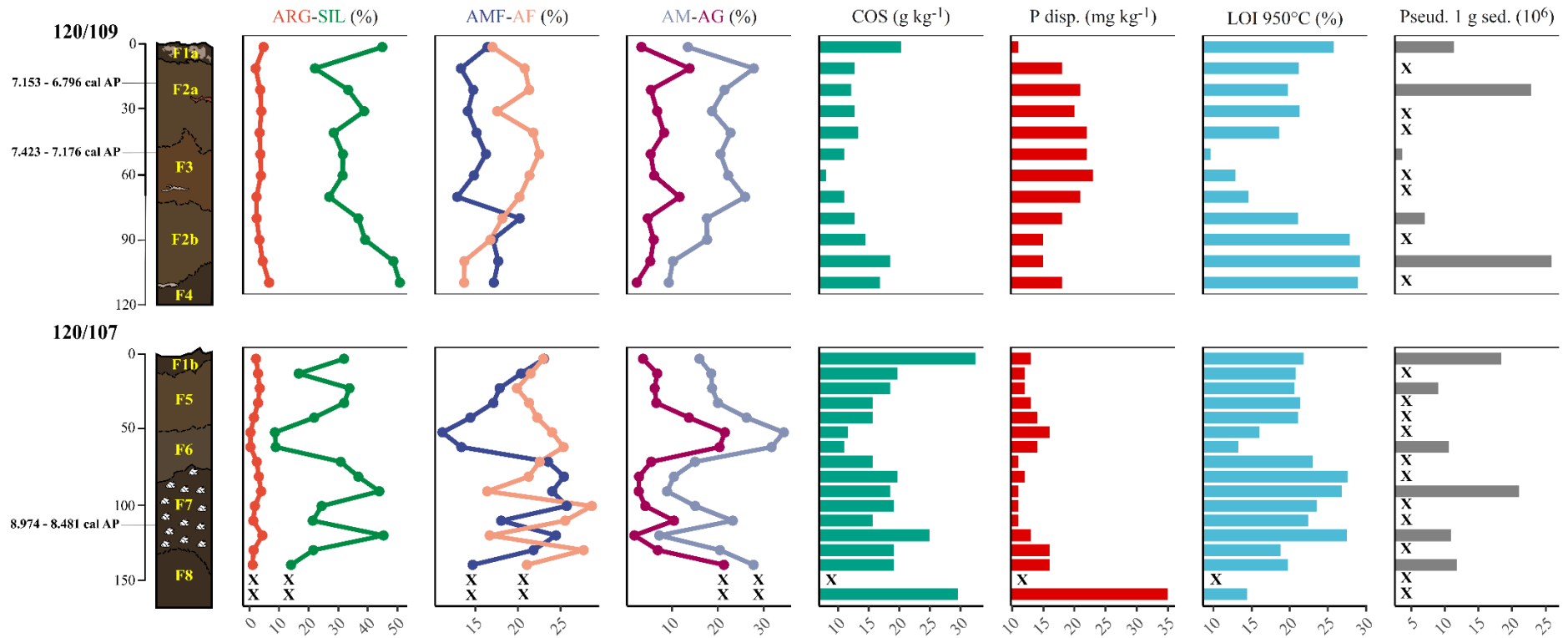


Figura 86 – Seções estratigráficas esquemáticas S da quadra 120/109 e N da quadra 120/107 com idades radiocarbônicas calibradas (ver Tabela 3), comparada com diversos parâmetros: granulometria (ARG = argila, SIL = silte, AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média e AG = areia grossa), COS, P disponível, LOI 950°C e microvestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio por grama de sedimento. A cruz (X) indica ausência de amostra.

6.5 Parâmetros químicos básicos: COS, LOI 950°C e pH

Os resultados da determinação de COS, LOI 950°C e pH são apresentados no APÊNDICE 26. Com uma média de 17,49 g kg⁻¹ o COS, medido em todas as amostras do abrigo (N = 31), teve um mínimo de 8,11 g kg⁻¹ na F3, quadra 120/109, e um máximo de 32,46 g kg⁻¹ na F1b, topo da quadra mais exposta 120/107. A LOI 950°C teve teores médios de 20,99%, oscilando entre 9,59% na F3 e 29,18% na F4 da mesma quadra. Por fim, os valores observados de pH estiveram entre 7,5 e 8,2, no caso do medido em água, e entre 7 e 7,8 para o medido em KCl, indicando meio neutro a básico. Os mínimos desse indicador foram obtidos nas F8 e F16, respectivamente, e os máximos em várias amostras nas F2a, F3, F2b e transição F3/F2b.

Na comparação dos setores interno (N = 15, quadras 114/111 e 120/109) com o mais exposto às intempéries (N = 16, quadra 120/107), percebe-se uma aparente leve maior dispersão nos teores do COS no primeiro respeito do segundo, o que não é, entretanto, refletido de forma significativa nas diferenças entre as medianas (Figura 87a). Isso pode ser explicado pela presença potencial de dois *outliers* no setor exposto (Figura 87a) na F1b (CSQB46, com 32,46 g kg⁻¹) e na F8 (CSQB75, com 29,57 g kg⁻¹). Em termos estratigráficos (Figura 86), observa-se a diminuição com a profundidade até por volta dos 60 cm, sendo mais marcado o efeito na quadra 120/107, desde o pico da F1b até depósitos da F6, e menos oscilantes os valores da F1a até F2a na quadra 120/109. Por volta dos 70 cm os teores aumentam de forma gradual até a base escavada na última, enquanto na primeira há um aumento mais abrupto e pontuado, abarcando a transição F6/F7 e o depósito bioclasto-suportado da F7, com um claro pico aos 120-130 cm.

As dispersões dos setores interno (N = 15, 9,59 – 29,18%) e mais exposto (N = 16, 14,41 – 27,56%) da LOI 950°C são tanto visível quanto estatisticamente semelhantes (Figura 87b). Estratigraficamente, a quadra 120/109 repete, com um efeito mais marcante, o padrão de decréscimo até os 60 cm e aumento aos 70 cm da superfície observado no COS (Figura 86). Já na quadra 120/107 registram-se, *grosso modo*, dois grandes blocos, um que abarca da F1b até a F5 por volta dos 60 cm e outro, com teores maiores que o primeiro, que agrupa a base da F6 e toda a F7, diminuindo a partir de um pico aos 120 cm até a F8 (Figura 86).

Para o pH as diferenças significativas intersetores foram detectadas unicamente para o medido em água, sendo maiores no setor interno (Figura 87c). Os valores oscilam

pouco em profundidade, com diminuição pontuada no pH KCl na 120/107 e uma concentração de amostras com valores maiores em KCl (de 7,8) na F3 (APÊNDICE 26).

Com exceção do COS (Figura 87a), a amostra do solo local apresentou valores abaixo das dispersões centrais dos parâmetros de base (Figura 87b-d), sendo mais acentuada a diferença no caso da LOI 950°C (com apenas 1,30%). Os dados do COS permitem pensar na ação biológica enriquecendo a fração orgânica das fácies superiores, F1a e F1b, e diminuindo com a profundidade, sendo o fenômeno mais evidente na parte mais exposta às intempéries. Essas fácies corresponderiam, de fato, com horizontes A de solo (ver Capítulo 7). Os aumentos por volta dos 70 cm, tanto na F2b quanto o claro destaque da F7 e o pico da F8, podem ter explicação em contribuições humanas distintas: no primeiro caso, um enriquecimento crescente orgânico nas fácies bruno-escuras (F2b e F4) com incremento, mesmo que leve, dos materiais de combustão e aumento dos fragmentos de concha de gastrópodes (seção 6.2); no segundo caso, o alto aporte orgânico do depósito bioclasto-suportado (F7) e o subjacente depósito com ao redor de 20% de fragmentos de conchas. Em ambos os casos, esses enriquecimentos podem indicar, também, a presença de superfícies estáveis expostas por um tempo (ver Capítulo 7).

Por razões óbvias, o panorama da LOI 950°C nos depósitos de um abrigo calcário é bem mais complexa do que nos abrigos areníticos do Estudo de caso 1. Porém, ao se considerar o baixo teor da amostra de solo local próximo do paredão calcáreo, de 1,30%, fica claro que o principal aporte carbonático às fácies do sítio deriva de outras fontes. O caso da fonte conchífera parece estar por trás dos teores do “bloco” da F7 (Figura 86), o depósito bioclasto-suportado da quadra 120/107, mas também nas fácies superiores matriz-suportadas ricas em fragmentos de concha da mesma quadra. Já os maiores teores na base da quadra 120/109, nas F2b e F4, não podem ser unicamente explicados pela presença de conchas, de menor frequência do que as presentes do lado exposto. O aporte antrópico das cinzas calcíticas e sua dissolução/reprecipitação parece ser aqui a principal origem dos carbonatos, conforme visto em seção delgada (seção 6.2) e observado nos microvestígios (ver seção 6.3).

Por fim, o pH, igual ou superior a 7,5 no medido em água ou igual ou superior a 7, e, na maioria dos casos acima de 7,3 em KCl, indica um meio alcalino ótimo para a preservação dos restos ósseos e das cinzas calcíticas (Berna; Matthews; Weiner, 2004; Karkanas, 2010; Karkanas et al., 2000). Conforme visto, essas condições preservacionais seriam levemente melhores no setor interno para o pH medido em água.

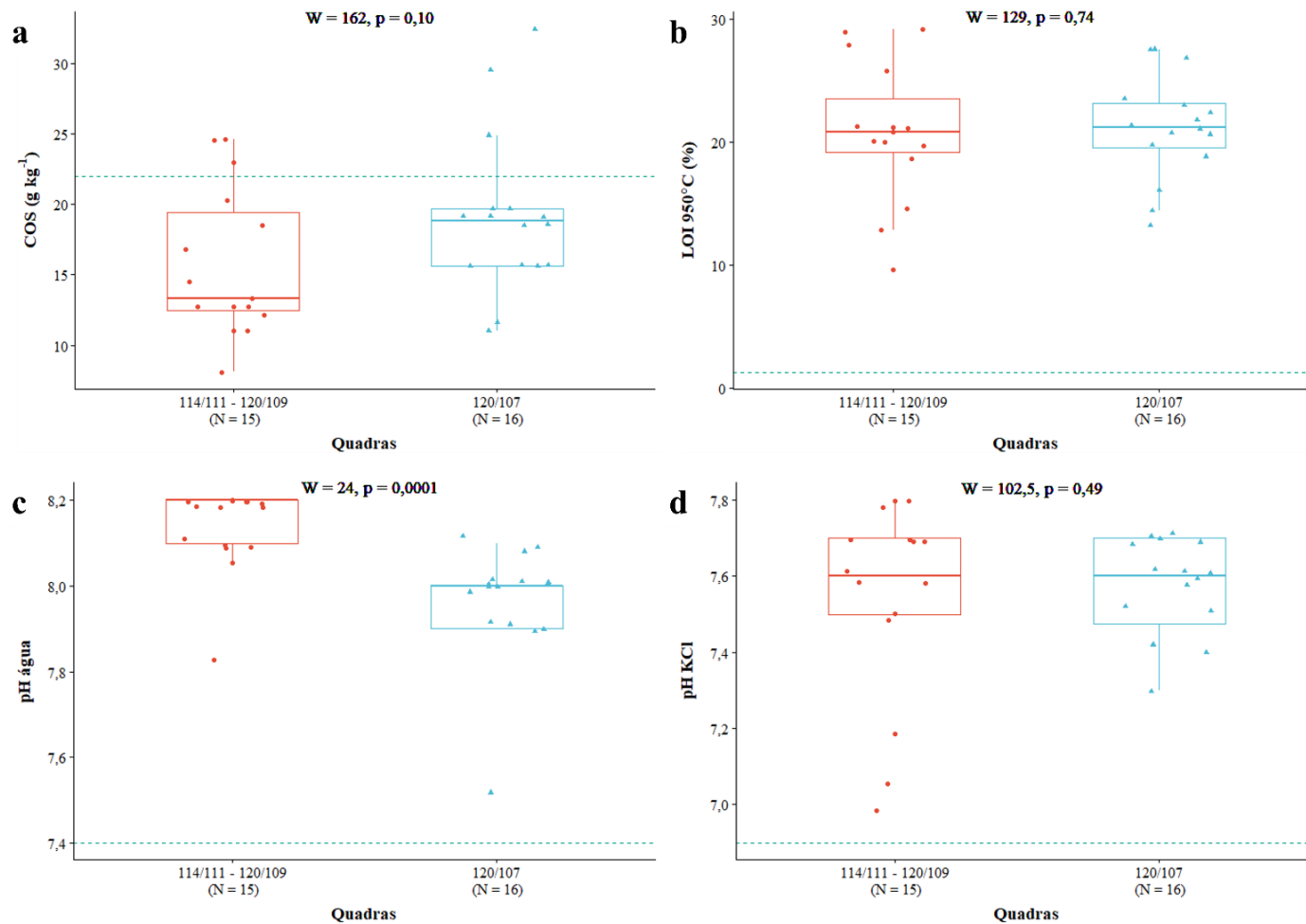


Figura 87 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (114/111 – 120/109) e mais exposto (120/107) do sítio Abrigo Maximiano, em termos de carbono orgânico (a), LOI 950°C (b), pH em água (c) e pH em KCl (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do solo local. Notar ausência de diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W) para todos os indicadores com exceção do pH em água.

6.6 Elementos majoritários: P disponível, bases trocáveis e óxidos

No APÊNDICE 26 apresentam-se os resultados dos teores do elemento extraível P disponível, e dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ obtidos para o sítio. Por sua vez, os resultados da análise dos óxidos MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , CaO , TiO_2 e MnO por meio de XRF de amostras das três quadras e amostra de solo local são apresentados nos APÊNDICES 26 e 27.

Os valores médios do elemento P disponível foram de $18,92 \text{ mg kg}^{-1}$, com um mínimo, encontrado na F1a, base da F6 e ao longo da F7, de 11 mg kg^{-1} e um máximo de $46,10 \text{ mg kg}^{-1}$ na F16, na última planta escavada na quadra 114/111. Para o cátion Ca^{2+} , a média foi de $94,55 \text{ mmolc kg}^{-1}$, sendo o mínimo de 40 mmolc kg^{-1} encontrado uma vez na F6 e o máximo de $192,20 \text{ mmolc.kg}^{-1}$ detectado também na F16. O cátion Mg^{2+} , com média de $15,42 \text{ mmolc kg}^{-1}$ teve seu teor mínimo (5 mmolc kg^{-1}) ainda na F6, e o máximo (54 mmolc kg^{-1}) no topo da quadra 120/109. Por fim, o cátion K^+ , com média de $0,63 \text{ mmolc kg}^{-1}$ oscilou pouco entre os $0,5 \text{ mmolc kg}^{-1}$, em várias fácies (F1b/F5, F6 e F7) da quadra exposta, e os $0,8 \text{ mmolc kg}^{-1}$ em meio à F7.

Uma observação inicial das dispersões centrais dos quatro elementos extraíveis (Figura 88a-d), permite pensar que elas são maiores, mesmo que levemente, no setor interno ($N = 15$, quadras 114/111 e 120/109) do que no mais exposto às intempéries ($N = 16$, quadra 120/107). Isso fica confirmado de forma estatística para três dos cátions, ficando fora apenas o K^+ . Embora para três dos elementos os teores mínimos internos e expostos sejam iguais ou semelhantes (P disponível: 11 mg kg^{-1} , Mg^{2+} : 8 e 5 mmolc kg^{-1} , e K^+ : $0,54$ e $0,5 \text{ mmolc kg}^{-1}$) para o cátion Ca^{2+} valores baixos (incluindo o mínimo) de entre 40 e 53 mmolc kg são obtidos no último setor, sendo os valores no primeiro sempre acima dos 61 mmolc kg . No exame do comportamento estratigráfico fica claro, no caso do elemento P disponível, um aumento na quadra 120/109 da superfície até valores relativamente constantes entre os 20 e os 80 cm , que são maiores dos da quadra 120/107, onde a homogeneidade de valores baixos só fica interrompida pelo pico da última planta escavada, na F8 (Figura 86). Dentre os outros cátions (não plotados) Mg^{2+} e K^+ exibiram variações verticais mínimas, com exceção do pico do primeiro no topo da quadra 120/109. Por fim, o cátion Ca^{2+} mostrou-se em profundidade de forma semelhante ao COS, diminuindo até os $50 - 70 \text{ cm}$ e aumentando então até as últimas plantas nas duas quadras (APÊNDICE 26).

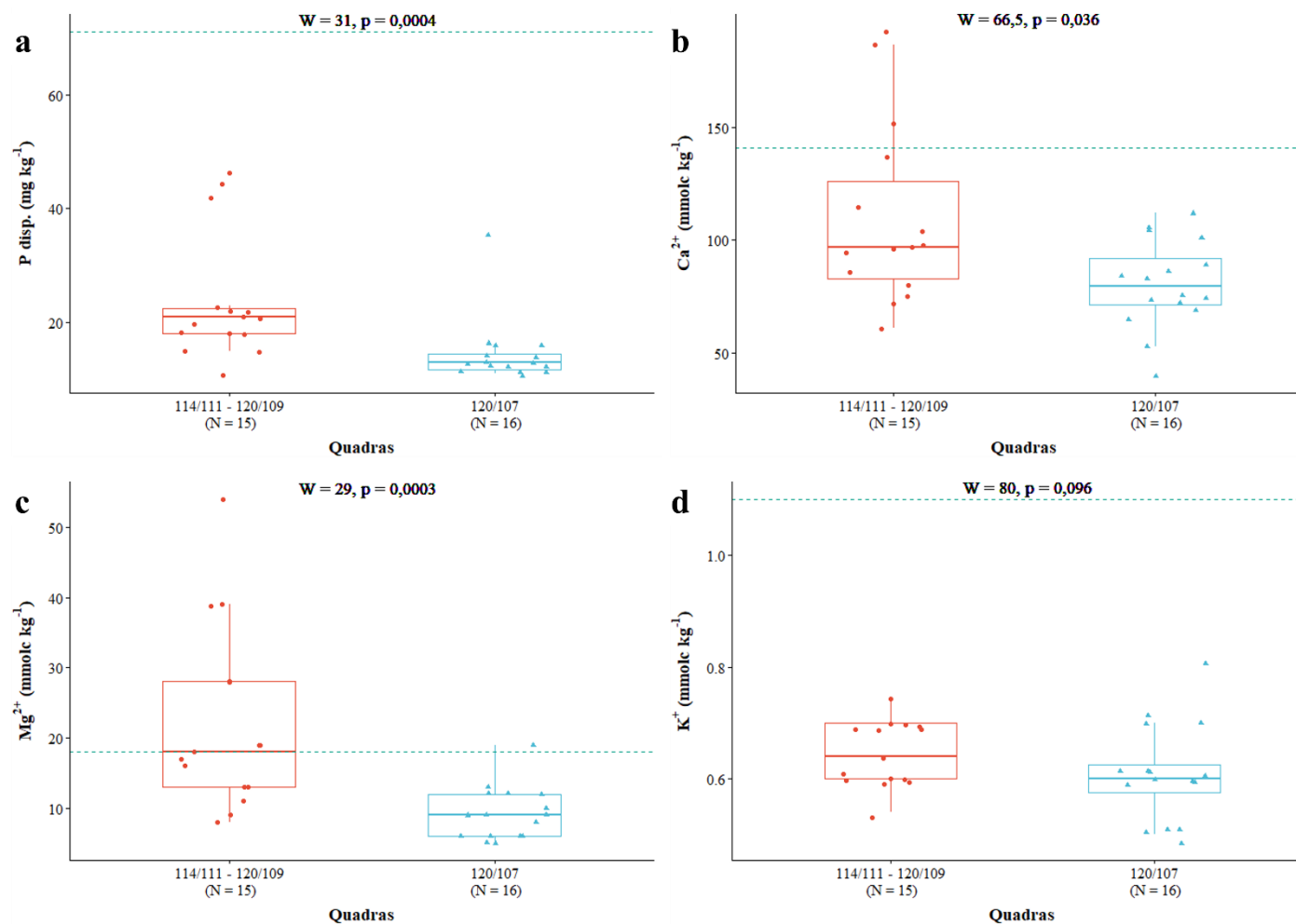


Figura 88 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (114/111 – 120/109) e externo (120/107) do sítio Abrigo Maximiano, em termos de P disponível (a), Ca²⁺ (b), Mg²⁺ (c) e K⁺ (d). A linha tracejada verde indica os teores da amostra do solo local. Notar diferenças significativas no teste da soma dos postos de Wilcoxon (W), para todos os indicadores com exceção do cátion K⁺.

A amostra do solo local teve seus valores tanto dentro das dispersões centrais arqueológicas no caso do Mg^{2+} quanto pouco acima do terceiro quartil para o Ca^{2+} (Figura 88b, c). É notório, por sua parte, o fato do P disponível e o K^+ apresentarem valores por acima dos outliers das quadras amostradas (Figura 88a, d).

O componente siliciclástico dos depósitos, como indicado pelo composto SiO_2 , apresentou na quadra 120/109 um aumento até os 50 – 60 cm, dos 22,4 até 71,5%, e uma diminuição a valores dentre 18,9 e 26,9% na F4 (Figura 89). Esse padrão de aumento até e diminuição desde os 50 – 60 cm também se registra na quadra 120/107, com valores de 36 até 62,9% nas F1b, F5 até F6 e uma descida a valores maiormente em torno dos 20%, com a base da F7 exibindo o valor mínimo de 13,4% (APÊNDICE 28). A comparação com o CaO (Figura 89b), que pode indicar contribuição antrópica das cinzas e das conchas, mas também da litologia do abrigo, apresentou teores que vão do 8,67 até o 38,4%, assinala parte da F2b, maior parte da F6 e F3 como empobrecidas no elemento e enriquecidas em SiO_2 . As F1a, transição F6/F7, base da F7, F8 e F4 são as mais enriquecidas em CaO, enquanto a parte superior da quadra 120/107 (F1b, F1b/F5, F5/F6, F6) e as internas F2a e F16 com parte da F2b tiveram valores intermédios. Os óxidos de P (Figura 89a) e Mg (Figura 90) exibiram um comportamento mais variável em relação à sílica, ocupando, também aqui, as F6 e F3 e parte da F2a a posição de empobrecimento e a F16 um lugar intermédio. A base da F7 foi a única mais enriquecida em P_2O_5 e o mesmo ocorre para a F1a com o elemento MgO, tendo o resto das amostras posições intermédias a baixas para ambos os indicadores.

Na interpretação da origem do elemento P, uma correlação alta e positiva do P_2O_5 com o COS ($N = 30$, $R^2 = 0,81$, $p < 0,001$) poderia fazer pensar no aporte principalmente pedogenético. No entanto, a ausência de uma relação significativa da fração (bio)disponível do elemento com o COS ($N = 31$, $R^2 = -0,16$, $p = 0,39$) e um comportamento variável em profundidade para as duas formas, com claros picos no depósito bioclasto-suportado da F7 (P_2O_5) e na subjacente F8 (P disponível), apontam para uma contribuição antrópica, principalmente sob a forma de fácies ricas em material malacológico. Já maiores teores do P disponível nas quadras internas, que têm menor conteúdo conchífero, permitem pensar em outros aportes humanos, como a combustão, mas também na alta frequência de ossos lá observados (seção 6.2).



Figura 89 – Dispersão dos elementos majoritários P₂O₅ (a) e CaO (b) em relação ao SiO₂ em amostras (N = 31) do sítio Abrigo Maximiano, segundo fácies arqueológicas e do solo local (FE1).

Para as formas do elemento Ca há também uma relação com o COS (Ca²⁺: N = 31, R² = 0,59, p = 0,00045; CaO: N = 30, R² = 0,69, p < 0,001). A relação com o elemento P não é forte no caso dos teores extraíveis (P disponível vs Ca²⁺: N = 31, R² = 0,35, p = 0,057) mas sim no caso dos teores totais (P₂O₅ vs CaO: N = 30, R² = 0,85, p < 0,001). A relação do elemento Ca com o COS e com o elemento P faz também, como ocorria no caso do Abrigo do Alvo, se pensar na contribuição antrópica sob a forma de atividades pirotécnicas (Milek; Roberts, 2013; Wilson; Davidson; Cresser, 2008). Enriquecimento conjunto nos elementos Ca e P caracterizam fácies e microfácies de cinzas e sedimentos submetidos à queima em diferentes abrigos e cavernas calcáreas (Araujo; Piló; Neves, 2010; Araujo et al., 2008; Friesem et al., 2021; Sousa et al., 2015).

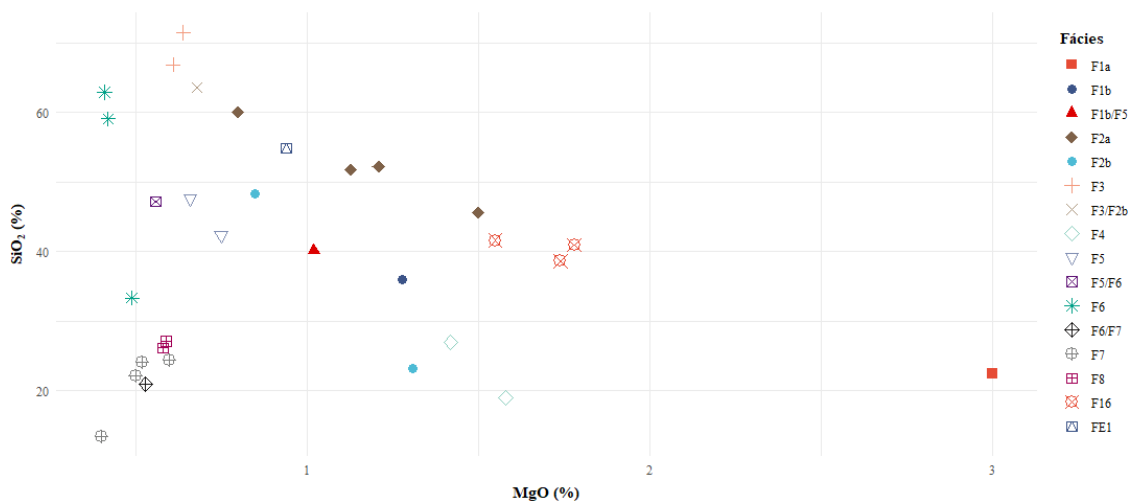


Figura 90 - Dispersão do elemento majoritário MgO em relação ao SiO₂ em amostras (N = 31) do sítio Abrigo Maximiano, segundo fácies arqueológicas e do solo local (FE1).

No entanto, a diferença, em termos de dispersão, das amostras enriquecidas no elemento P respeito das enriquecidas em Ca aponta para processos mais complexos e outros aportes para o último além da combustão. Seguramente o principal aporte conjunto seja dos ossos, i.e., da sua fração mineral (HAp), algo a ser observado no FTIR (seção 6.8). O elemento Mg, um dos indicadores pirotecnológicos habituais (Karkanas, 2021; Middleton; Price, 1996), não apresentou aqui relação significativa com o COS (N = 30, MgO vs COS: R = 0,24, p = 0,21; N = 31, Mg²⁺ vs COS: R = 0,35, p = 0,053), nem com os teores totais dos elementos P (N = 30, MgO vs P₂O₅: R = 0,13, p = 0,51) e Ca (N = 30, MgO vs CaO: R = 0,016, p = 0,93). Porém, a relação sim foi significativa entre os teores extraíveis Mg²⁺ e Ca²⁺ (N = 31, R = 0,87, p < 0,001) e do MgO com Ca²⁺ (N = 30, R = 0,73, p < 0,001), o que pode indicar aporte de materiais de origem antrópica como as cinzas, dissolvidos, disponíveis e migrando na solução dos depósitos. O fato de que os sedimentos com agregados acinzentados da F1a (Tabela 16, Figura 63), constituam a fácies mais enriquecida tanto em MgO e Mg²⁺, quanto em CaO e Ca²⁺ parece apontar também nessa direção.

6.7 INAA

As concentrações obtidas por INAA para todas as amostras (N = 34) são apresentadas nos APÊNDICES 29 e 30. Como indicado na seção 5.1.5, foi realizado, também para o Estudo de caso 2, o controle de qualidade analítico com as mesmas alíquotas do RM *ISE-2015-1* usadas no Estudo de caso 1. No APÊNDICE 8 são apresentados os valores encontrados para o RM, os valores refinados sem *outliers* e desvio padrão relativo (DPR) recalculado e os valores certificados para o material. Os elementos que apresentaram uma precisão inferior a 10% foram os mesmos utilizados no Estudo de caso 1: Ce, Co, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Sc, Th e Yb. Neste caso, foi incluído também o elemento Cs, removido no Estudo de caso 1.

A Figura 91 apresenta um diagrama de aranha com as concentrações de todos os elementos (incluídos os removidos no controle de qualidade), transformadas a logaritmo de base decimal. O exame visual permite ver a amostra de solo local externo ao sítio com o maior teor em quase todos os elementos medidos. Muito por perto encontra-se a amostra da lente de argila rubificada coletada na quadra 120/109 e classificada como mF2 na análise micromorfológica (Figura 70a-b). Enquanto as amostras da quadra exposta 120/107 ocupam a posição seguinte, tanto as amostras das quadras internas 120/109 e 111/114 quanto a amostra de material micrítico cimentado com cinzas caracterizado como mF4a (Figura 71a-c), possuem as menores concentrações.

Na análise por agrupamentos (*cluster analysis*) foram observados três grupos composicionais no dendrograma hierárquico (Figura 92a). O primeiro está formado por 14 amostras, que inclui a maioria das amostras das fácies do setor mais exposto do abrigo, na quadra 120/107, mais uma amostra do topo da F3, na quadra interna 120/109, a amostra do solo externo e amostra de argila rubificada da mF2 (“ArgR” na Figura 92a-b).

O grupo 2 reúne oito amostras, incluindo algumas específicas da quadra 120/109, do topo (F1a, F2a) e da base (F4), junto com amostras do topo e base do depósito bioclasto-suportado rico em fragmentos de concha de gastrópodes do setor exposto (F7) e amostra de cinzas cimentadas da mF4a (“Ciment” na Figura 92a-b).

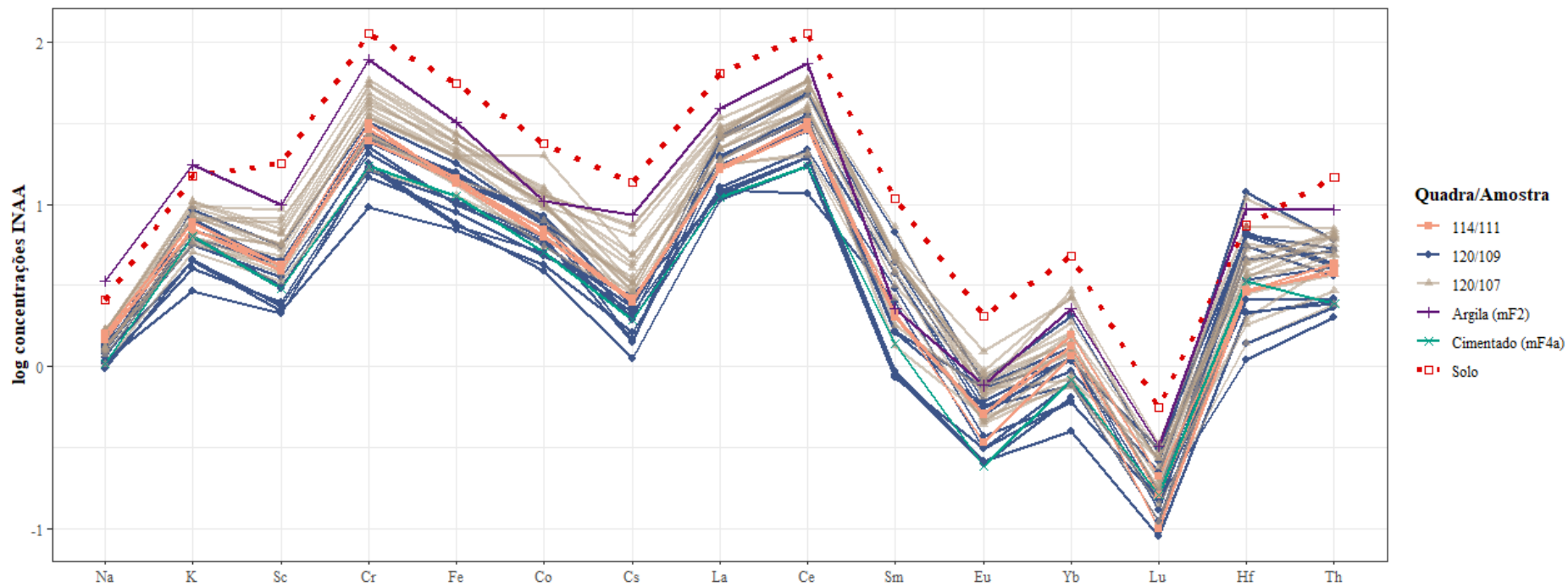


Figura 91 - Concentrações elementares (transformadas a logaritmo de base 10) medidas por INAA do sítio Abrigo Maximiano, segundo amostras das quadras, amostras de lentes de argila rubificada e sedimento com cinzas cimentadas, e amostra de solo local.

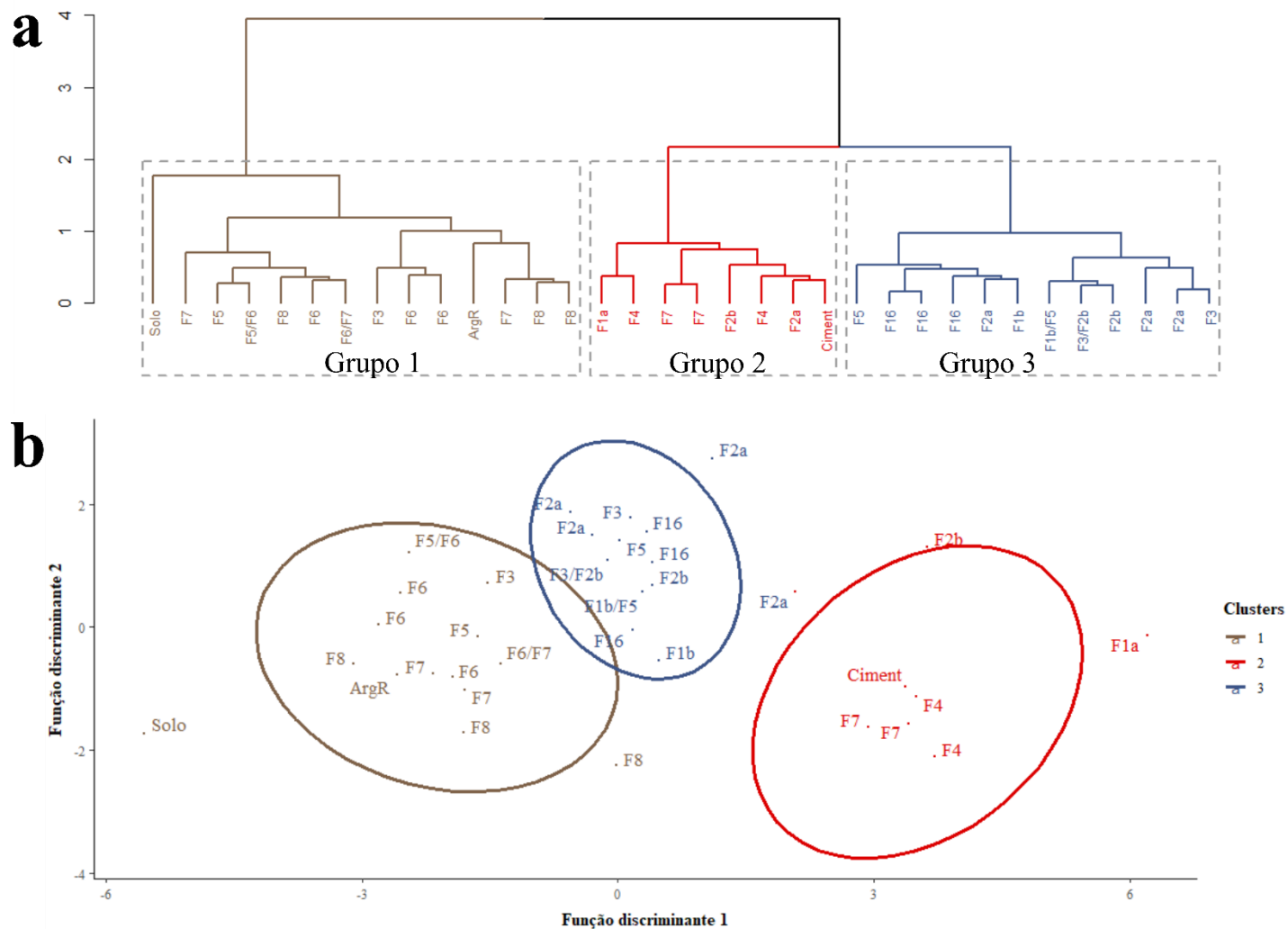


Figura 92 – Grupos (*clusters*) de amostras (segundo fácies) analisadas mediante INAA do sítio Abrigo Maximiano e solo local obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. ArgR = mF2; Ciment = mF4a.

Por fim, o grupo 3, constituído por 12 amostras, apresenta amostras de fácies internas das quadras 120/109 (F2a e F2b, transição F2b/F3 e F3) e 114/111 (F16, última planta escavada contra o paredão) com amostras do topo da quadra exposta (F1b, transição F1b/F5 e F5).

Na análise discriminante linear (Figura 92b) se observa a clara separação dos grupos 1 e 2, e uma menor distância entre os grupos 1 e 3, com algumas amostras por fora das elipses de 95% de confiança, incluída a amostra de solo externo, as amostras do topo da quadra 120/109 e uma amostra da F8 na base escavada da quadra 120/107. O caso da amostra de solo é bem chamativo e, de fato, no dendrograma obtido (ver Figura 92a) ela poderia chegar a constituir um “grupo” em si mesma.

Um olhar mais detalhado para os grupos formados pelos elementos medidos por INAA no Maximiano permite distinguir alguns cenários formativos. Assim, o grupo 1 reúne fácies ricas em material siliciclástico, como a base da F5 e a F6 e parte do depósito bioclástico (ver Figura 86, diagrama estratigráfico), francoarenosas a franco-argiloarenosas, que inclui a amostra de argila rubificada da mF2. O grupo 2 apresenta um sinal mais antropogênico, pirotecnológico, onde as cinzas cimentadas da mF4a e a F4 (enriquecida em agregados e lentes desse material, ver Tabela 16) aparecem junto com parte do depósito bioclástico. O grupo 3 apresenta um comportamento intermédio, com fácies bruno-escuras francas a francossiltosas, que aponta para mistura de materiais de origem diversa, terrígena e antropogênica, mas também de alto conteúdo orgânico, como ocorre com o topo da quadra 120/107 e a maioria das fácies interiores.

Quando consideradas as médias e desvio padrão das concentrações para os três grupos (Tabela 17), é possível observar que o grupo 1 foi o mais enriquecido em todos os elementos, seguido pelo grupo 3 e o grupo 2. Assim, o enriquecimento nos elementos medidos está do lado mais terrígeno dos agrupamentos, enquanto os menores teores estão no lado mais antropogênico/pirogênico. Tendência similar foi observada em estudos com INAA no sítio, também em rocha calcária, Lapa Grande de Taquaraçu (Tudela, 2013; Tudela et al., 2020).

Tabela 17 – Média e desvio padrão das concentrações elementares INAA (em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado) do sítio Abrigo Maximiano e amostra de solo, de forma total e segundo grupos composicionais identificados

Elemento	Total (N = 34)	Grupo 1 (N = 14)	Grupo 2 (N = 8)	Grupo 3 (N = 12)
Na (mg g^{-1})	1,44±0,45	1,71±0,57	1,10±0,12	1,36±0,16
K (mg g^{-1})	7,59±2,85	9,64±3,13	4,93±1,18	6,96±0,95
Sc	5,21±2,94	7,55±3,29	2,77±0,60	4,10±0,51
Fe (mg g^{-1})	17,63±9,15	25,29±9,46	9,58±2,24	14,04±2,51
Co	8,80±4,11	11,99±4,44	5,08±0,83	7,57±1,45
Cs	3,55±2,55	5,42±3,10	2,11±0,58	2,34±0,66
La	22,19±10,02	30,07±10,83	13,15±2,81	19,02±2,93
Ce	39,75±19,71	56,82±18,24	18,43±3,14	34,06±5,44
Eu	0,65±0,33	0,90±0,35	0,33±0,09	0,56±0,13
Yb	1,40±0,86	2,04±1,01	0,74±0,23	1,10±0,25
Lu	0,21±0,09	0,28±0,10	0,15±0,03	0,17±0,06
Hf	4,44±2,62	5,85±3,02	1,98±0,74	4,45±1,59
Th	4,90±2,42	6,79±2,59	2,46±0,26	4,32±0,59

6.8 Espectroscopia FTIR

Os minerais detectados por meio de espectroscopia FTIR são apresentados na Tabela 18, junto com as bandas de absorbância indicativas encontradas, as fácies correspondentes e as referências usadas na interpretação. Já na Figura 93 são apresentados os espectros de infravermelho de algumas das fácies das quadras 120/109 e 120/107 e da amostra de solo local. Num primeiro olhar na figura, fica evidente a grande semelhança que há entre as amostras do abrigo e a grande diferença delas respeito da amostra externa.

O principal componente mineral do sítio é a calcita, detectada principalmente nas bandas de absorbância ao redor de 1421 (vibração de estiramento assimétrico, ν_3), 874 (dobramento fora de plano, ν_2) e 713 cm^{-1} (dobramento no plano, ν_4) (White, 1974). Ela é encontrada em todas as amostras do abrigo, não sendo observada na amostra do solo local. Os argilominerais são o segundo grande constituinte mineral dos depósitos abrigados, com bandas indicativas genéricas em torno de 3620 (estiramento dos grupos OH interiores), 1630, 1030 (estiramento Si - O), 530 (dobramento Si - O - Al), ao redor de 470 (dobramento Si - O - Si) e de 422 cm^{-1} (Madejová, 2003).

Como fora estabelecido nos resultados do Estudo de caso 1, a espectroscopia FTIR não é a técnica mais utilizada para diferenciação dos argilominerais em misturas (Weiner, 2010). No entanto, um olhar mais detalhado comparativo dos picos do abrigo e da amostra do solo local revela um cenário complexo: a presença das bandas 3695, 3628, 1009 cm^{-1} (embora formando um ombro na amostra de solo) pode indicar a presença de caulinita; mas, a ausência de outras bandas diagnósticas da caulinita na região das oxidrilas (ver Farmer, 1998), a presença de uma banda ampla por volta dos 3430 cm^{-1} (adsorção d'água) na maioria das amostras (ver mais abaixo), da banda única Si - O por volta dos 1030 cm^{-1} em todas as amostras (sem o duplet característico 1011 e 1030 cm^{-1} da caulinita), apontam para o grupo das esmectitas (Madejová, 2003). Este grupo de argilominerais 2:1 inclui a montmorilonita, a nontronita, entre outros. A busca espectral na base de dados utilizada do Kimmel Center (Weiner, 2010) revelou a presença de nontronita, como principal mineral na amostra de solo local externo. Argilas do tipo 2:1 são esperadas em Cambissolos³¹ (Pereira et al, 2020), principal grupo presente no PETAR e na área sob estudo (ver seção 2.2.1.2).

³¹ No entanto, esses argilominerais são também esperados em outras classes de solo e na alteração de diferentes litologias (Celarino; Ladeira, 2011).

Tabela 18 – Materiais detectados mediante espectroscopia FTIR em amostras do sítio Abrigo Maximiano e amostra do solo externo.

Componente	Bandas de absorvância características (cm ⁻¹) encontradas	Fácies e amostra (sem o “CSQ”)	Referências
Calcita	2512, 1795 a 1797, 1421 a 1425, 874 a 875, 713	F1a (B36), F3 (B41), F4 (B62), F1b (B46), F5 (B48), F6 (B52), F7 (B57, B58), F8 (B60)	Chukanov (2014); Weiner (2010)
Argilominerais (grupo das esmectitas, e.g. nontronita)	3620 a 3629, 3438 a 3443, 1030 a 1038, 530 a 534, 464 a 470	F1a (B36), F3 (B41), F4 (B62), F1b (B46), F5 (B48), F6 (B52), F7 (B57, B58), F8 (B60), FE1 (solo, B61)	Chukanov (2014); Madejová (2003)
Argilomineral (caulinita)	3695, 3620, 1009 a 1011, 529	FE1 (solo, B61), mF2	Farmer (1998); Madejová (2003)
Argilomineral genérico	3620 a 3629, 3422 a 3424, 530 a 534, 464 a 470, 423	F1a (B36), F3 (B41), F4 (B62), F1b (B46), F5 (B48), F6 (B52), F7 (B57, B58), F8 (B60), FE1 (solo, B61)	Madejová (2003)
Quartzo (duplet ~798-778 suave, “ombro”)	797-775, 693 a 694	F3 (B41), F4 (B62), F1b (B46), F7 (B58)	Lippincott et al. (1958); Weiner (2010)
Quartzo (duplet forte)	797-779, 694	F5 (B48), F6 (B52), F7 (B57), F8 (B60)	Lippincott et al. (1958); Weiner (2010)
Hidroxilapatita carbonatada	874 a 875, duplet 603-565	F1a (B36), F3 (B41), F4 (B62), F5 (B48), F7 (B58)	Weiner (2010)
Matéria orgânica	1629	FE1 (solo, B61)	Weiner (2010)

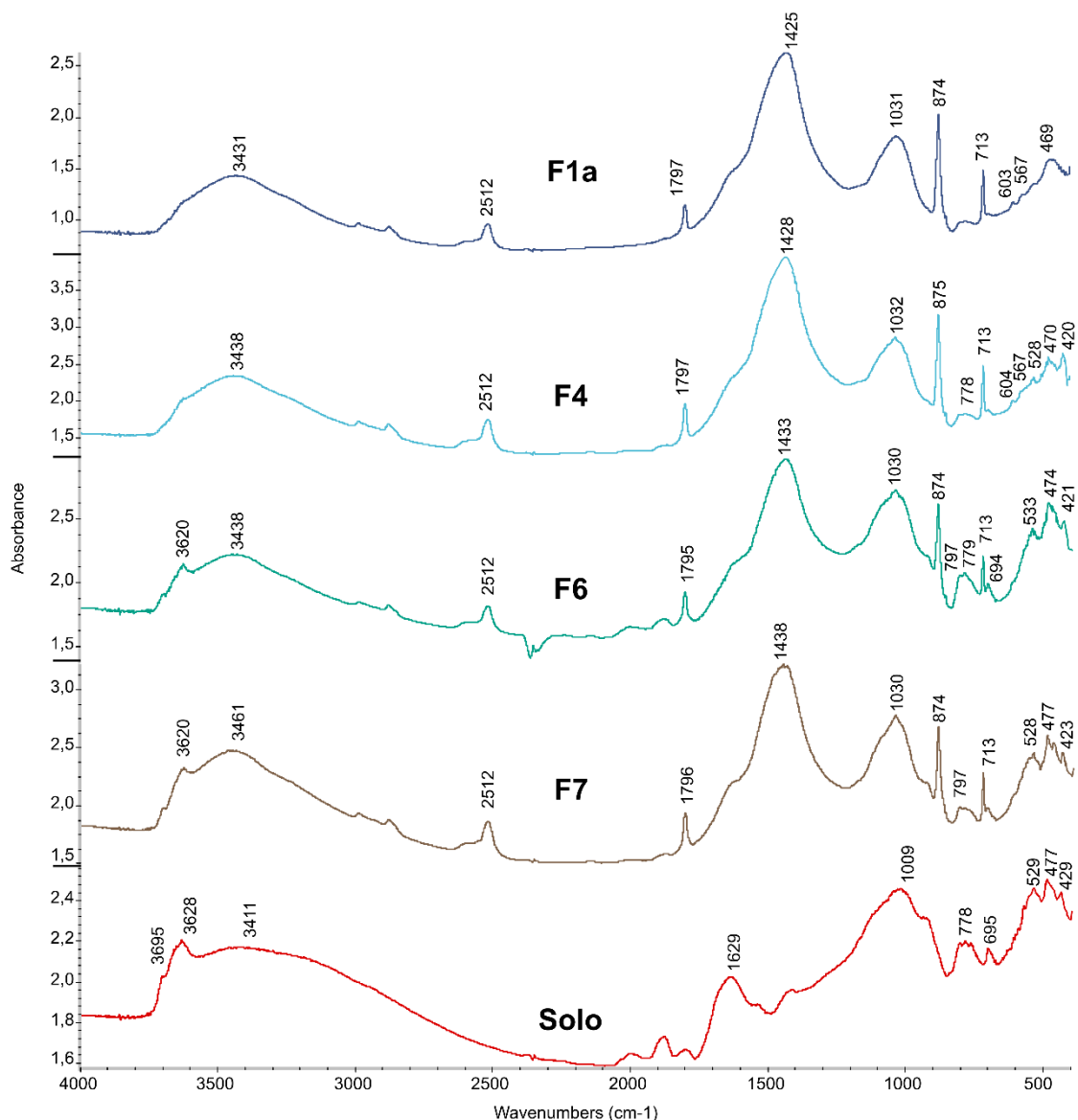


Figura 93 – Espectros FTIR das fácies F1a, F4, F6 e F7 do sítio Abrigo Maximiano e do solo externo. No topo da quadra 120/109 (F1a) nota-se a presença de calcita (bandas 1425, 874 e 713 cm^{-1}) e argilominerais (3431, 1031, 469 cm^{-1}), com baixos teores de hidroxilapatita carbonatada (leve duplet 603-567 cm^{-1}). Na base escavada dessa quadra (F4) observa-se a mesma composição. Em torno dos 60-70 cm da quadra 120/107 (F6) nota-se uma maior presença de argilominerais em relação à calcita, presença de quartzo (duplet 797-779 cm^{-1} , banda 694 cm^{-1}) e ausência de hidroxilapatita carbonatada. No depósito bioclasto-suportado (F7) repetem-se os componentes da F6. O solo local destaca pela ausência de calcita, sendo basicamente formado por argilominerais, MO (banda 1630 cm^{-1}) e quartzo.

Além de calcita e argilomineral, o terceiro constituinte dos sedimentos é o quartzo, indicado pelo duplet em torno dos 798-778 cm^{-1} (estiramento Si – O) e a banda ao redor do 694 cm^{-1} (dobramento C – O). O duplet “forte” ou mais pronunciado do quartzo é encontrado nas fácies externas, a partir da F5 (por volta dos 20 cm de profundidade),

sendo maiores (indicando maior abundância do mineral) tanto ele quanto a banda de 694 cm^{-1} na F6. O mesmo ocorre na amostra do solo local.

Com esses três componentes, calcita, argilominerais e quartzo, os espectros FTIR do Maximiano não são muito diferentes de outros coletados em fácies de cavernas e abrigos calcários do mundo (e.g. Friesem et al., 2021; Shahack-Gross et al., 2008, 2014; Villagran et al., 2017). Além deles, foi aqui detectada, a hidroxilapatita carbonatada, fase mineral dos ossos também frequente em sítios calcários com boas condições preservacionais, conforme sintetizado na seção 3.3.2. Essa fase mineral é indicada, sobretudo, pela presença do típico duplet ao redor dos $604\text{--}565\text{ cm}^{-1}$ (dobramento antissimétrico ν_4 do íon PO_4). Ela foi encontrada em todas as fácies analisadas, com exceção das externas F1b, F6 e F8 e da FE1 (solo). Em todas as amostras onde está presente, o duplet não é acentuado (e.g. Figura 93, F1a e F4), sugerindo baixas quantidades do mineral dos ossos no sedimento.

O problema da alteração térmica dos sedimentos também foi abordado neste Estudo de caso. Num primeiro olhar, utilizando-se os critérios de Berna et al. (2007) e de Weiner (2010, p. 303-306) de forma estrita, pode se afirmar que ela não é observada nos espectros ou que ela ocorreu a temperaturas menores que 500°C . Assim, a banda típica dos argilominerais ao redor de $1030\text{--}1035\text{ cm}^{-1}$ está sempre nessa posição, sem migrar para maiores números de onda. No entanto, o efeito mistura de argilominerais alterados e não alterados pode também estar tendo lugar. Nesse sentido, alguns sinais de alteração parecem ser visíveis na quadra 120/109: ausência dos picos diagnósticos das argilas na região das oxidrilas (i.e. ao redor dos $3620\text{ a }3629\text{ cm}^{-1}$) nas F1a, F2b e F4 (e.g. Figura 93); pouca definição do vale entre $530\text{ e }460\text{ cm}^{-1}$ (e.g. F4, Figura 93) ou desaparecimento do primeiro (na F1a, Figura 93). O fato de que a banda Si – O ao redor de 1030 cm^{-1} possua um aspecto mais largo pode também estar indicando mistura com materiais alterados que ficam ocultos em ombros (Forget et al., 2015).

A análise também foi realizada para determinar a origem e possível alteração das lentes e agregados de argila observados nas colunas amostradas (Figura 94).

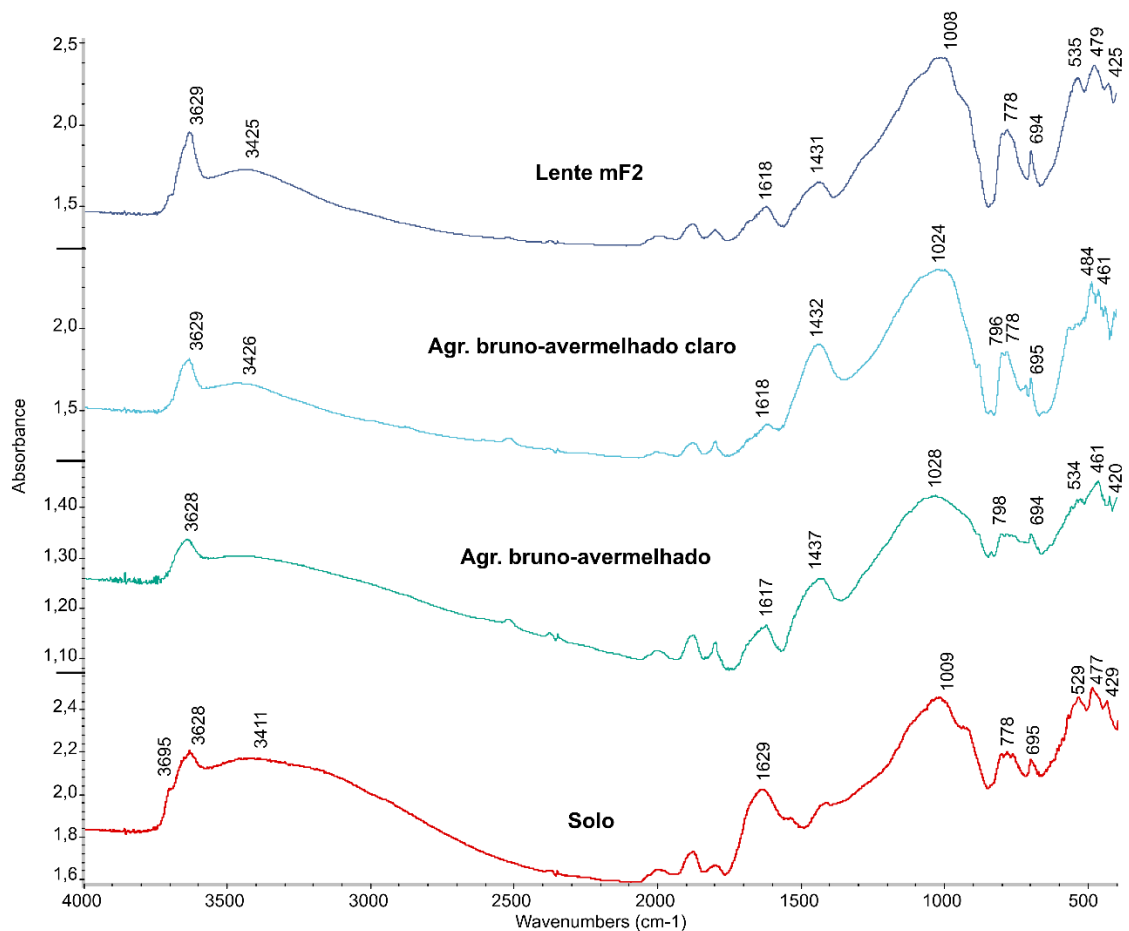


Figura 94 – Espectros FTIR de amostras de lentes e agregados de argila do sítio Abrigo Maximiano, comparados com o solo externo. Note-se a semelhança entre eles, com exceção da absorbância marcada em 1432 a 1437 cm⁻¹ (v3 da calcita) que aparece levemente no solo local. A presença de quartzo (duplet 796-778 cm⁻¹, banda 694 cm⁻¹) é maior na lente mF2 e no agregado bruno-avermelhado claro.

Verifica-se a semelhança desses materiais argilosos com o solo local, o que serve de potencial indicação de fonte (junto com as análises multi-elementares), além de mostrar o impacto do aporte da calcita dos depósitos abrigados (a banda v3, e, como um ombro, a v4). De novo, sinais de alteração térmica não são evidentes, suscitando os mesmos problemas até agora resenhados.

7 DISCUSSÃO

Neste capítulo, os resultados dos capítulos 5 e 6 são discutidos. Como na apresentação dos dados, a Discussão é separada para cada Estudo de caso em duas grandes subseções primárias, subdivididas segundo as particularidades de cada caso.

7.1 Estudo de caso 1: os sítios Abrigo do Alvo e Abrigo Roncador

A discussão do estudo comparativo dos abrigos areníticos começa por uma síntese das diferenças entre os sítios. A seguir, é analisada a origem dos depósitos do abrigo, aguçando o foco no problema do elusivo sinal antropogênico. Os processos pós-deposicionais e o seu impacto no registro arqueológico são discutidos na sequência. Por fim, os processos formativos dos sítios são sintetizados e inseridos no arcabouço paleoambiental regional para determinar os possíveis fatores que fizeram possível a ocupação humana.

7.1.1 Explorando diferenças e semelhanças entre os abrigos areníticos

O problema da comparação entre os dois abrigos, Alvo e Roncador, residiu numa exploração de diversos parâmetros, das diferenças e semelhanças entre “irmãos” geográficos: dois abrigos formados no arenito da Formação Botucatu que fazem parte de uma mesma bacia hidrográfica, a do rio Corumbataí, e de um grupo de sistemas serranos próximos, a Serra do Cuscuzeiro e a Serra Grande. Juntando tanto as observações de campo quanto os indicadores medidos fica evidente, como conclusão primária, a enorme diferença que há entre os dois.

Uma forma de representar essas grandes diferenças é por meio de gráficos que sintetizam os resultados obtidos para os dois sítios. Assim, em primeiro lugar, a granulometria da fração livre de matéria orgânica e carbonatos (Figura 95) evidencia as claras distribuições bimodais silte/areia fina do Abrigo do Alvo, que conforme visto são mais marcadas nas quadras mais expostas I12 e J12, e o contraste com as mais largas e pior selecionadas distribuições unimodais na areia média do Abrigo Roncador. Em segundo lugar, os Parâmetros químicos básicos comparáveis COS, pH em água e em

KCl³² (Figura 96a, c-d) e o elemento majoritário P disponível (Figura 96b) são significativamente diferentes entre os depósitos dos abrigos. O cátion K⁺, não plotado por falta de espaço, também se mostrou com diferenças significativas entre os sítios (H = 20,825, gl = 2, p = 3,006e-05). Em terceiro lugar, a análise multi-elementar por meio de INAA mostra a clara separação entre os dois sítios (Figura 97a-b), com o Roncador constituindo um grupo composicional único e o Alvo exibindo os dois grupos principais encontrados na análise intra-sítio (as três amostras do grupo 2 ficam agora dentro do grupo 3).

Por fim, uma análise de componentes principais das variáveis comuns aos dois sítios (Figura 98), distingue dois componentes que juntos explicam 77,6% da variância total. Num primeiro componente, a sílica (SiO₂) e, de forma muito fraca, os artefatos, contribuem para a separação das amostras do Roncador e uma amostra da quadra G12 do Alvo, das amostras do Alvo separadas pelo resto das variáveis químicas. Num segundo componente, os Parâmetros químicos básicos e, em menor medida, o Al₂O₃ contribuem para a separação da maioria das amostras da quadra J12 e duas da G12 respeito de duas do Roncador (empobrecidas), enquanto as variáveis medidas por INAA agrupam o resto das amostras do Alvo e a sílica as do Roncador. Mais uma vez, o enriquecimento está do lado do Alvo e não do Roncador, a não ser na sílica.

7.1.2 O problema do sinal antropogênico: origem dos materiais

O principal processo geogênico comum à formação dos dois sítios é o da desagregação da rocha arenítica que dá origem à areia. Esse processo foi observado diretamente, no caso do Abrigo Roncador, tanto em campo, no aspecto altamente friável da rocha (também por Collet, 1982, p. 15), quanto em seção delgada. No Alvo, foi observada em campo, sobretudo, a desagregação da rocha da base ou piso do abrigo (e.g. Figura 30a-b). De acordo com Donahue e Adovasio (1990) a desintegração granular (*attrition*) do teto e das paredes consiste numa das principais fontes de sedimento em abrigos em arenito. Ele contribui, segundo os autores, com uma adição lenta e contínua de grãos que cria uma acumulação de material embaixo do teto. A outra grande fonte está

³² A LOI 950°C foi desestimada devido à ausência de quaisquer indícios de carbonatos no Abrigo Roncador.

constituída pela queda de blocos e matacões, que podem, dependendo do tamanho, afetar a geometria mesma dos depósitos.

Diferentes evidências apontam para o processo de desintegração granular. Uma seleção levemente melhor nas distribuições de tamanho de grão no setor interno, o fato de que as unidades desse setor estejam dentre as mais enriquecidas em SiO_2 , confirmado pela XRF e pelo FTIR, e que, pelo menos, uma amostra da quadra G12 contribua para a separação da primeira componente principal na análise conjunta com o Roncador, indicam o aporte dominante da rocha arenítica na proximidade do paredão do Alvo. Nos depósitos do Roncador é claro o mesmo processo ao longo da sequência, de forma muito mais uniforme, com as frações mais grossas na U4 indicando desagregação da rocha-mãe, teores de SiO_2 sempre acima do 90% e presença dominante do quartzo nos espectros FTIR.

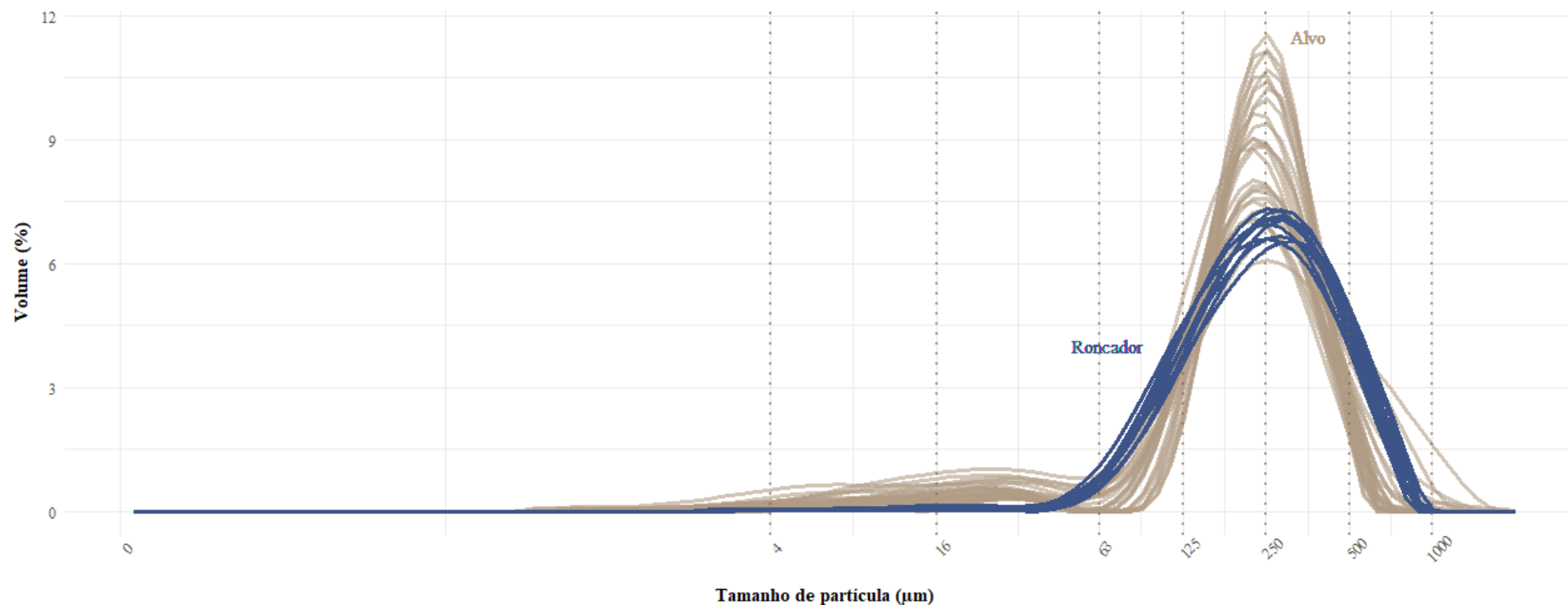


Figura 95 – Comparação das curvas de distribuição granulométrica dos sítios Abrigo do Alvo (N = 27) e Abrigo Roncador (N = 9). As linhas pontilhadas indicam limites das faixas granulométricas argila (<4 µm), silte muito fino e fino (4 – 16 µm), silte médio e grosso (16 – 63 µm), areia muito fina (63 – 125 µm), areia fina (125 – 250 µm), areia média (250 – 500 µm) e areia grossa (500 – 1000 µm). Note-se a presença de uma moda na transição areia fina /média para o sítio Abrigo do Alvo, sendo mais marcada na areia média para o Abrigo Roncador. As principais diferenças estão no engrossamento nas frações do silte e na melhor seleção da moda principal, ambos para o Abrigo do Alvo.

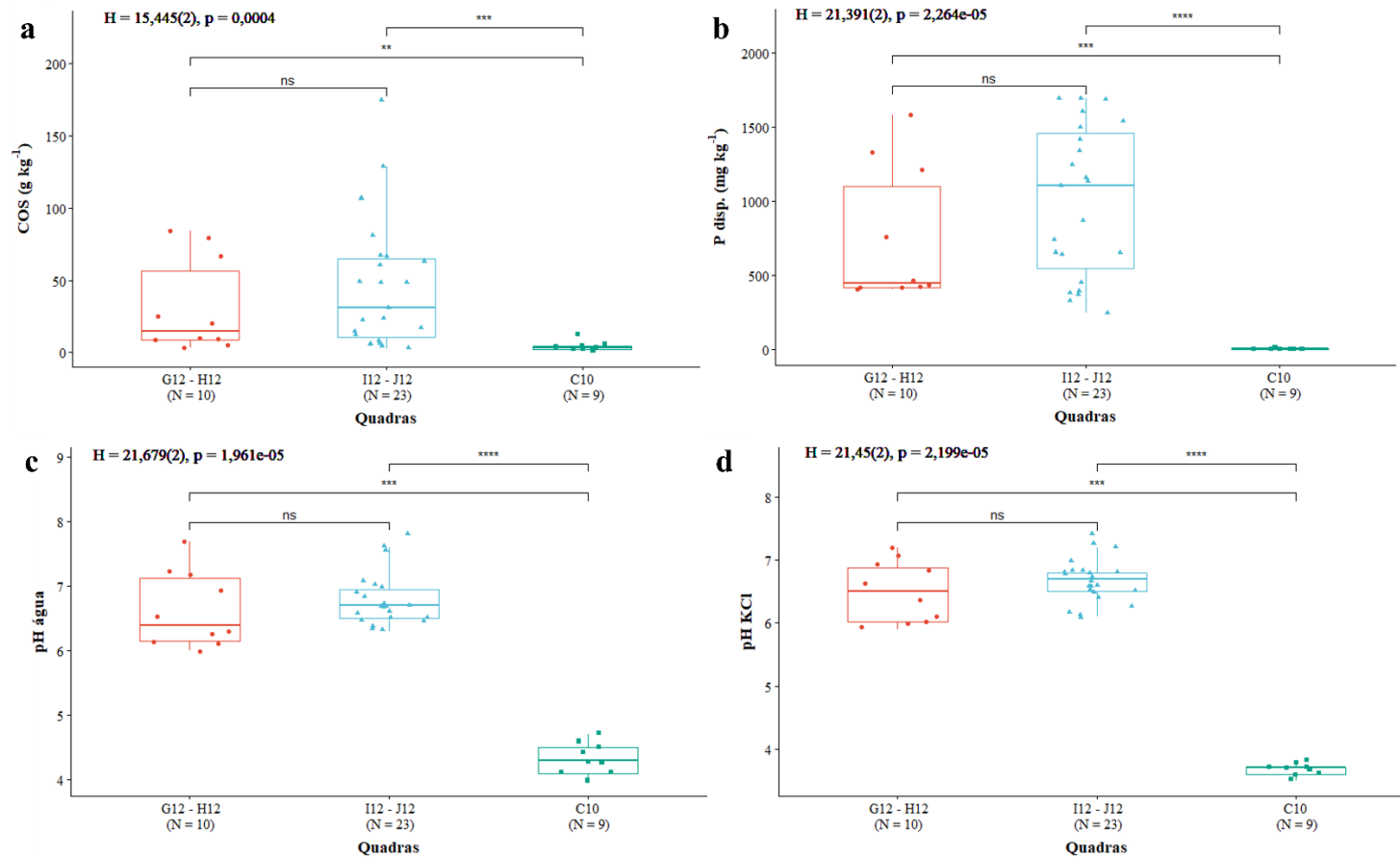


Figura 96 – Comparação dos dados das quadras por setor interno (G12 – H12) e externo (I12 – J12) do sítio Abrigo do Alvo e quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, em termos de carbono orgânico (a), P disponível (b) e pH em água (c) e KCl (d). Notar presença de diferenças significativas no teste de Kruskal-Wallis (H) para dois graus de liberdade. Significância nos testes par-a-par de Wilcoxon: ns = diferenças não significativas ($p > 0,05$), ** = diferenças significativas ($p \leq 0,01$), *** diferenças significativas ($p \leq 0,001$), **** diferenças significativas ($p \leq 0,0001$).

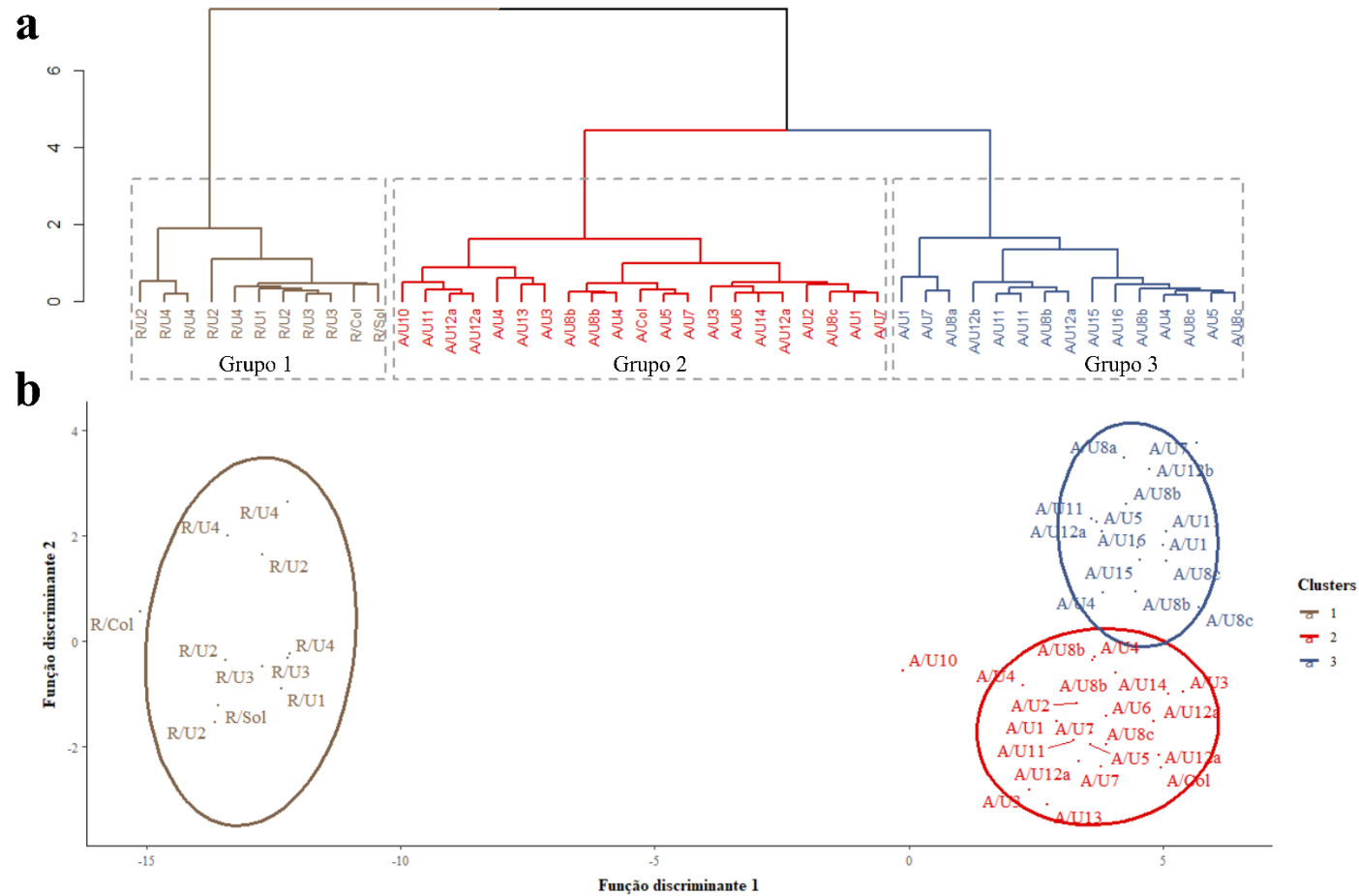


Figura 97 – Grupos (*clusters*) de amostras (segundo unidades estratigráficas) analisadas mediante INAA dos sítios Abrigo do Alvo (A) e Abrigo Roncador (R) obtidos no dendrograma hierárquico (a) e gráfico das duas primeiras funções discriminantes para os grupos (b). As elipses representam um nível de confiança de 0,95%. R/Col = Colúvio Roncador; R/Sol = Solo Roncador; A/Col = Colúvio Alvo.

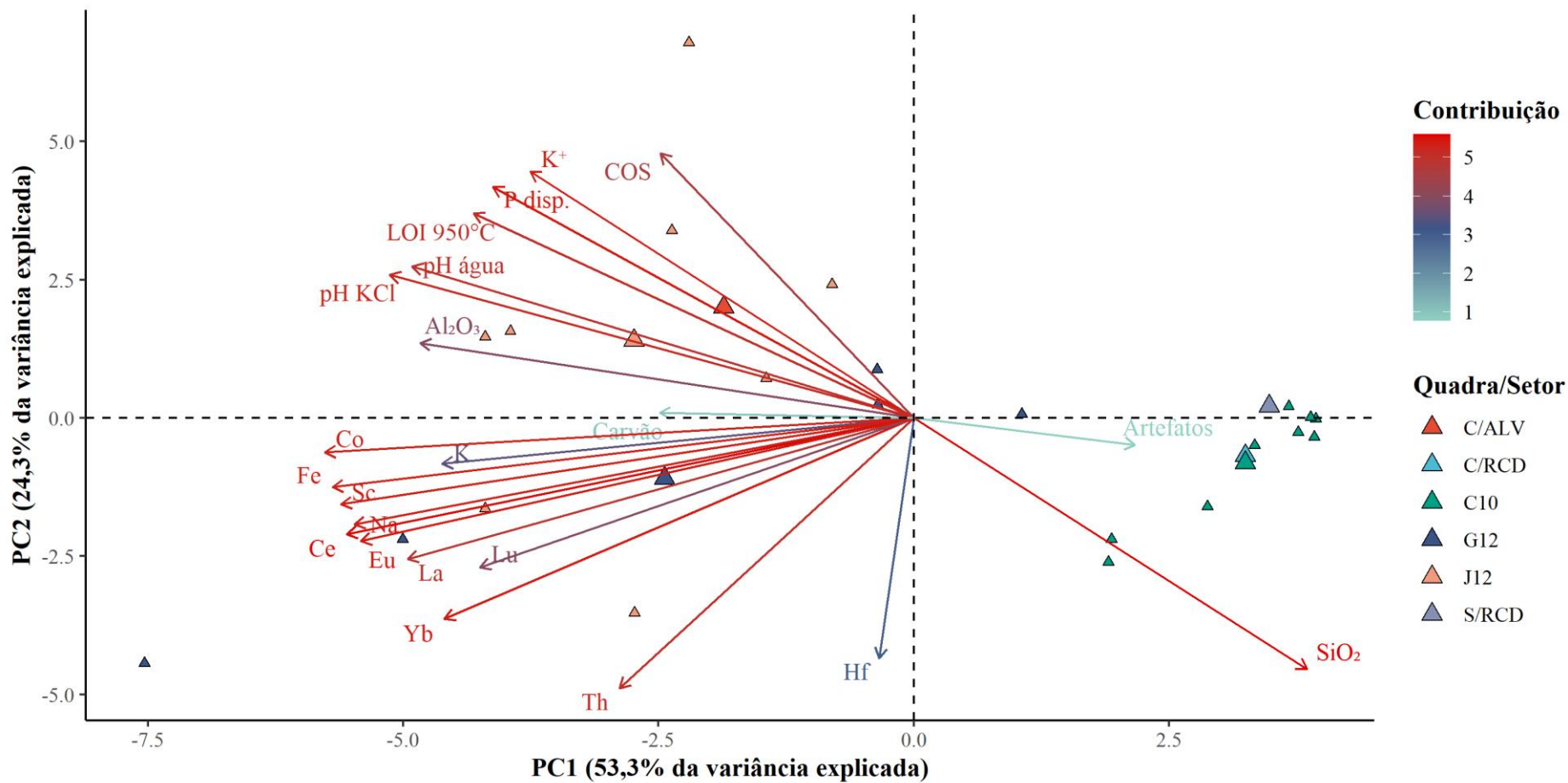


Figura 98 – Gráfico (*biplot*) de indivíduos (amostras) e variáveis (setas) dos dois primeiros componentes principais para variáveis comuns químicas e de inclusões medidas em quadras dos sítios Abrigo do Alvo (G12 e J12) e Abrigo Roncador (C10). C/RCD = Colúvio Roncador; S/RCD = Solo Roncador; C/ALV = Colúvio Alvo.

A origem do arenito da Formação Botucatu é também evidente na literatura geológica regional. Assim, Wu e Caetano-Chang (1992, Tabela 2) relataram, para a região do Município de Analândia, onde se inserem os dois abrigos, que os afloramentos da formação estão conformados por quartzo-arenitos com 97% de grãos de quartzo distribuídos numa moda areia média/grossa e outra muito fina/fina, arredondados a bem arredondados na primeira e subangulosos a arredondados na segunda, com baixa ocorrência de feldspatos e de cimento de óxidos/hidróxidos de ferro e argila. Essa descrição bate totalmente com o observado nas três seções delgadas do sítio Abrigo Roncador.

A queda de clastos de tamanho bloco e matacão tem um lugar de destaque nos dois sítios. Conforme destacado na seção 2.1.3, Araujo (2012, p. 183-187) observou em campo a seção transversal cônica do Abrigo do Alvo, com um declive acentuado da base para fora, que não teria permitido a acumulação de sedimento (e o seu respectivo registro arqueológico) a não ser pelo colapso de matações evidente na porção E da trincheira (Figura 30a-b) e consequente formação de uma “armadilha” sedimentar. Esse efeito morfológico da rocha-mãe foi também observado em campo no Roncador, com a presença de degraus na rocha no setor NE da quadra (Figura 50) e na seção transversal desenhada por Collet (Figura 9a). O mergulho dos materiais plotados com estação total em ambos os sítios fornece mais um subsídio para essa leitura, apesar da maior dispersão no caso do Roncador (Figuras 99 e 100). Seções transversais cônicas e eventos iniciais mais acentuados de queda de blocos foram também observados em abrigos areníticos do oeste (Abbott, 1997, p. 322-323) e do leste estadunidenses, incluído o Meadowcroft Rockshelter, onde a trajetória da sedimentação é também incidida pela deformação das camadas após a queda dos grandes matações (Donahue; Adovasio, 1990, p. 236-239).

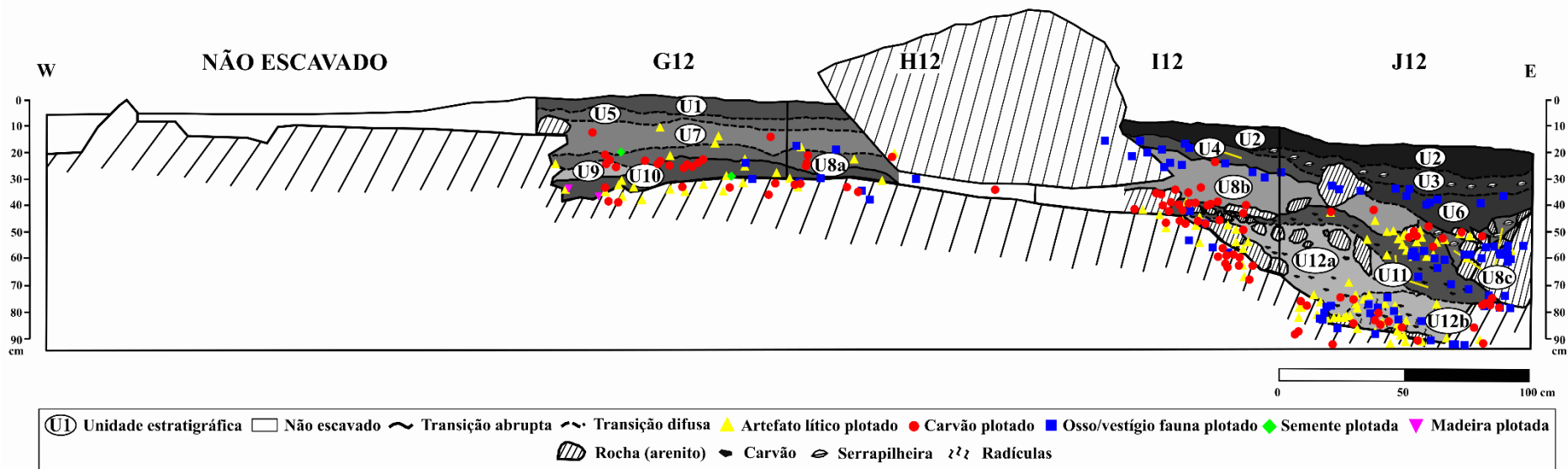


Figura 99 – Desenho da seção estratigráfica transversal do sítio Abrigo do Alvo, apresentada na Figura 23, com projeção das diferentes categorias de peças plotadas (>2 cm) em campo com estação total. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em fichas e desenhos de campo de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

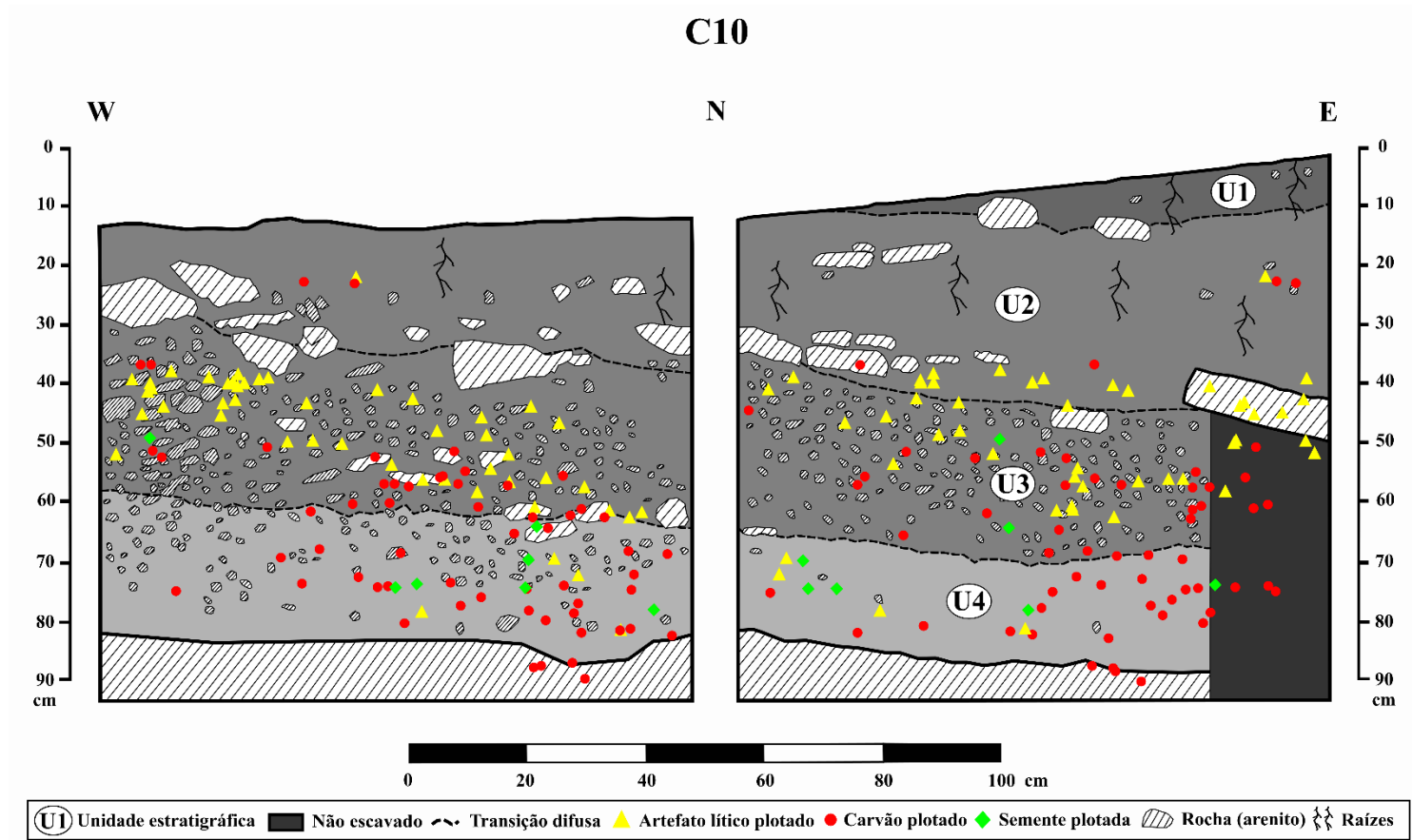


Figura 100 – Desenho da seção estratigráfica NE da quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, apresentada na Figura 45, junto com a contígua seção NW, com projeção das diferentes categorias de peças plotadas (>2 cm) em campo com estação total. Elaborado por Nicolás Batalla, com base em fichas e desenhos de campo de Astolfo G. M. Araujo e equipe.

O aporte geogênico em ambos os sítios é também indicado pela INAA. A análise inter-sítio permite considerar, de forma clara, que no Roncador esse é o único tipo de processo deposicional. A separação, na análise intra-sítio, do grupo composicional 1 do sítio Abrigo Roncador, o mais enriquecido, parece indicar um sinal siliciclástico com maior presença de argila, tanto na base quanto no topo. No caso do sítio Abrigo do Alvo o sinal geogênico “puro” é mais complicado, podendo estar representado no grupo 1, mais empobrecido (grupo 2 da Figura 97), no aporte da areia das unidades superficiais e basais e da matéria orgânica, e nos grupos 2 e 3 (grupo 3 da Figura 97), com maior presença de argila, e potenciais contribuições antrópicas (ver abaixo). O caminho que vai do empobrecimento ao enriquecimento multi-elementar em análises geoarqueológicas que envolvem elementos terras raras, tem sido relacionado com um gradiente que começa no baixo sinal da rocha de base, continua em sedimentos com aporte orgânico e termina em sedimentos/solos também orgânicos e com altos teores devidos a atividades antrópicas (Gallelo et al., 2013). Esse caminho faz todo sentido em solos arenosos, onde os lantanídeos (elementos do La ao Lu) tendem a ocorrer em quantidades naturais muito baixas (Kabata-Pendias; Szteke, 2015, p. 371-373). Mas é um cenário diferente do que acontece em abrigos calcários com boa preservação de cinzas, como o sítio Abrigo Maximiano (ver também Tudela et al., 2020).

O problema da identificação das agências nas análises químicas está ligado a um maior problema: o reconhecimento do sinal humano. Todas as linhas de evidência abordadas neste estudo indicam que o único sítio com potencial para identificação de depósitos antropogênicos, i.e. materiais de qualquer origem depositados, unicamente, pela ação humana (Karkanias; Goldberg, 2018), é o Abrigo do Alvo. Essas evidências consistem, da base ao topo, em:

- a) Feição de combustão na base quadra H12, datada em, pelo menos, 3.911 anos cal AP: feição circular, de pelo menos 10,6 cm de espessura (de acordo com dados da estação total), reconhecida em U7 e U15 (Figura 26, UP4, nível 2), com a maior densidade de carvão do setor interno (9960 g/l), com presença de cinzas, entre 40 e 269 mil grãos por grama de sedimento, que podem explicar o máximo teor de carbonatos encontrado no sítio (4,62 de LOI 950°C), alto conteúdo de P disponível (de até 1582 mg kg⁻¹) e o máximo do cátion K⁺ (240,40 mmolc kg⁻¹). O sedimento apresentou evidências de alteração térmica por meio de FTIR;

- b) Possível feição de combustão e outros na transição U6/U8c na quadra J12, datada em, pelo menos, 3.723 anos cal AP: mancha de sedimento escuro no canto NE por volta dos 37 cm de profundidade, na U8c (Figura 29, nível 5) rica em areia grossa e com cascalho, com alta concentração de carvão, a maior densidade de restos ósseos do sítio (5,85 g/l) e um dos maiores teores de P disponível (1.690 mg kg⁻¹), de carbonatos (1,90 de LOI 950°C), de P₂O₅ (0,67%) e de CaO (2,17%). Não foram detectadas evidências de alteração térmica por meio de FTIR;
- c) Materiais de combustão retrabalhados na transição U4/U6, datado em, pelo menos, 1.427 anos cal AP: manchas de sedimentos escuros e esbranquiçados, sem forma específica em planta, ricos em silte, com presença de ao redor de 58 mil grãos de cinzas, com menores teores nos citados indicadores com exceção do CaO (2,62%). Não foi detectada alteração térmica por meio de FTIR;
- d) Feição de combustão na U3 na quadra J12: manchas de sedimentos escuros e esbranquiçados de formas diversas no setor E da planta, com presença de ao redor de 109,8 mil grãos de cinzas, com cascas de madeira preservadas, com os maiores teores de COS (174,49 g kg⁻¹), de P disponível (1.690 mg kg⁻¹), P₂O₅ (0,73%), CaO (4,65%) e MgO (0,91%) do sítio. Apresentou evidências de alteração térmica por meio de FTIR.

Em todos os casos, a falta de uma observação meso e microestratigráfica não permite confirmar o arranjo dos materiais nas camadas lenticulares ou a presença de cinzas articuladas e de tecidos parcialmente carbonizados para afirmar que se trata de estruturas de combustão intactas ou primárias (Mentzer, 2014; ver o caso do Maximiano, na seção 7.2.2.2). Parece claro que esse não poderia nunca ser o caso na situação “c”, onde, potencialmente, exista extensivo retrabalhamento de materiais, incluindo cinzas e ossos, cuja origem (geogênico e biogênico vs atividades humanas como varredura e jogado, ver seção 3.3.4) só poderá ser desvendada com análises posteriores. Mesmo assim, não pode se descartar que uma estrutura de combustão tivesse sido acesa a norte ou leste, fora do setor escavado. Mas o denotativo genérico de feição de combustão sim pode ser aplicado ao caso “a” e o caso “d”, e, potencialmente, ao caso “b”.

Os sedimentos avermelhados ricos em silte com carvão que motivaram a coleta ocasional CSQB35 na quadra G12 não apresentaram nem grãos preservados de cinzas, nem altos teores elementares a não ser os derivados da INAA, nem evidências claras de alteração térmica. Experimentos desenvolvidos por Aldeias et al. (2016, p. 73) com fogo acesso por 19 hs a 600°C em substrato de areia quartzosa úmida indicaram a presença de rubefação por oxidação do ferro até por volta dos 8,5 cm de profundidade. Mesmo assim, a rubefação não é um produto direto de específicas faixas de temperatura na literatura experimental (Aldeias, 2017; Canti; Linford, 2000). Por outra parte, não pode ser descartada nem a mistura de sedimentos alterados e não alterados que obliteram o sinal da alteração térmica nos espectros de FTIR, nem uma exposição a temperaturas menores de 500°C que não deixam maiores mudanças nos mesmos (Berna et al., 2007; Karkanias, 2021). Nem pode ser descartada alguma atividade como varredura ou incineração que possam ter remobilizado parte do substrato rubificado de alguma feição contígua não escavada. A origem do material não poderia estar na feição da quadra H12, pois esta última apresenta uma idade que é, pelo menos, 2.179 anos mais recuada (ver Tabela 1).

Uma pergunta que surge em relação com a presença de cinzas e enriquecimento químico nos mencionados contextos da quadra J12 é: por que fazer fogueira na parte externa do abrigo, ou seja, por fora da linha de goteira? Por que não aproveitar o espaço interno e dá-lhe o uso que seu nome envolve para fazer fogo? O próprio Collet também observara, à ocasião da escavação do próximo Abrigo da Glória (na Serra de Itaqueri), a presença de “fogueiras, logo na entrada” (1980, p. 16), esta vez no setor ainda abrigado. Uma resposta pode vir de uma diferenciação de áreas de atividade, haja vista a presença das representações rupestres no paredão.

Não é possível descartar, contudo, um fator fundamental: os incêndios florestais, inclusive, os induzidos por seres humanos no passado. Collet (1981, p.2) mencionou que “grandes incêndios recentes facilitam a aproximação do pé de certos morros” na região geral de Analândia no ano 1981. Pelo menos algum desses incêndios seriam antropogênicos, indicando “queimadas anuais, voluntárias ou não”, sendo que “há 1 ano grandes clareiras foram abertas pelo fogo a meia encosta” (Collet, 1980, p. 10). O descobridor dos sítios se mostrava preocupado pela possibilidade de os incêndios florestais deixarem expostos os motivos rupestres presentes em muitos dos sítios regionais à radiação solar e outros fatores (Collet, 1994; ver discussão em Amaral; Cisneros; Araujo, 2022).

Por fim, este trabalho constituiu um dos ainda escassos aportes à geoarqueologia em abrigos areníticos no Brasil, o que dificulta a comparação dos dados aqui obtidos sobre potenciais contribuições antrópicas aos sedimentos. Estudos geoarqueológicos desenvolvidos por Bitencourt (2008, p. 62-68) no sítio Sangão, detectaram importantes contribuições antropogênicas na forma de depósitos de combustão e de enriquecimentos nos teores de vários elementos químicos, dentre eles o elemento P, relacionados com aumento no consumo de vertebrados em áreas de atividade periféricas.

Outro estudo que oferece alguns subsídios para a comparação foi realizado por Souza (2019) no sítio Abrigo de Itapeva, abrigo arenítico localizado na bacia do alto rio Taquari Guaçu, parte da região arqueológica do alto Paranapanema, na escarpa aberta no cânion de Itanguá, porção sul do Estado de São Paulo (ver Araujo, 2001a, p. 169-170; Souza, 2019). Com idades (Souza, 2019, p. 134) entre 4.770 ± 30 AP (5.584-5.325 cal AP) e 640 ± 30 AP (650-541 cal AP), teria sido ocupado no Holoceno Médio e Tardio por diversos grupos, tanto caçadores-coletores como ceramistas, numa área conhecida como de importantes interações e fronteiras culturais ao longo do tempo (Correa; Souza, 2017; Souza, 2019).

Num ambiente de transição entre Mata Atlântica e Cerrado *lato sensu*, pelo menos alguns dos ocupantes do abrigo consumiram mamíferos tais como cachorro do mato, veado campeiro e anta (os primeiros, de ambientes diversos e a última, presente na Mata Atlântica), confeccionaram artefatos em ossos de cervídeos, usaram plantas da floresta (evidenciadas por sementes) e de diferentes gradientes térmicos e altitudes (evidenciadas por fitólitos), usaram a concha do molusco *Megalobulimus* para colocar pigmentos, e se inspiraram nos cervídeos que caçavam para pintar as paredes (Souza, 2019, p. 67-78, 146-148, Figura 201). Um importante resultado geoarqueológico do estudo de Souza (2019) em Itapeva, que incorporou micromorfologia, granulometria e suscetibilidade magnética, diz respeito da presença de uma forte modificação antropogênica na forma de feições de combustão, todas aparentemente retrabalhadas, com cinzas calcíticas e carvões. A autora relatou também extensiva evidência de pisoteio, na forma de fraturas dos materiais queimados e não queimados do abrigo. Por fim, associadas com essas evidências pirotécnicas, a autora reportou o acúmulo de sedimento na forma de montículos no centro de uma das quadras (Souza, 2019, p. 234).

7.1.3 O problema pós-deposicional e preservacional

Os processos pós-deposicionais que oferecem indícios sobre o problema da preservação de materiais ósseos e outros no sítio Abrigo Roncador são a acidificação e iluviação. A ocorrência desses processos é indicada pela presença em seção delgada, na micromassa, de agregados porosos de MO polimórfica e de revestimentos de MO monomórfica em torno dos grãos de quartzo e fragmentos de rocha, com presença de pouca argila *dusty* (De Coninck, 1980; Wilson; Righi, 2010). Tanto a fauna quanto a microbiota do solo e os fungos têm um papel fundamental na quebra e degradação da MO, podendo essa biodegradação ser induzida por diferentes processos, e.g. a presença de uma serrapilheira ácida (Coelho et al., 2012; Phillips; FitzPatrick, 1999). Duas grandes forças poderiam estar intervindo: a migração de compostos orgânicos (por vezes, formando complexos organometálicos) dissolvidos no horizonte superior e sua acumulação em profundidade, que deriva na formação dos revestimentos de MO monomórfica ao redor de vazios e grãos; a decomposição *in situ* das raízes, que produz pellets de MO polimórfica sem translocação vertical, que caracteriza horizontes B soltos ricos em raízes em alguns tipos de solos (Buurman; Jongmans, 2005; De Coninck, 1980).

Os resultados micromorfológicos aqui obtidos, que incluem os produtos das duas forças acima resenhadas, fazem pensar em processos de acidificação crescente e migração vertical de componentes (French, 2003). A química também aponta nessa direção, pois os teores do cátion Al^{3+} obtidos e os valores de pH inferiores a 4,9 (os aqui encontrados, em água, foram menores que 4,7) poderiam estar indicando a formação de complexos organometálicos estáveis com a MO (Shoji; Fujiwara, 1984). A acumulação dos complexos Al-humus tem um papel fundamental, e.g. na estabilização de horizontes chamados de espódicos em solos arenosos em ambientes tropicais (Coelho et al., 2010).

Qual o processo que está levando à remoção da MO e outros finos num sítio abrigado e quais suas implicações? A água é um agente fundamental na mobilização da matéria orgânica (Wilson; Righi, 2010). A menor frequência de pellets e agregados polimórficos em relação aos revestimentos monomórficos na transição U3/U4 e o aspecto subarredondado dos fragmentos de carvão sobretudo na transição U1/U2 e U2/U3, indicam a forte lavagem pela ação d'água e remoção dos materiais finos na seção vertical com uma leve tendência à maior redeposição na U3. A ação da mesofauna é marcada na seção toda, com marcas de passagem e comuns canais preenchidos assinalando forte

bioturbação. A decomposição faunística e fúngica das raízes *in situ* tem um papel importante, sobretudo, nas duas primeiras transições estratigráficas, gerando excrementos que nunca preenchem a porosidade de forma importante, à exceção de localizados agregados internamente porfíricos, o que mostra e, por sua vez, favorece, o fluxo hídrico ao longo da sequência. O fato de a quadra C10 estar do lado de dentro da linha de goteira faz pensar que a disponibilidade natural de MO para ser degradada sob a forma de serrapilheira, plantas e suas raízes não chega a ser tanta quanto em contextos arenosos a céu aberto (French, 2003; Coelho et al., 2012), o que constrange o processo.

O intenso regime hidráulico ao que está submetido o sítio Abrigo Roncador foi observado à ocasião do trabalho de campo em dezembro de 2020. Após um dia de chuva intensa de verão, a maior parte da planta do abrigo encontrava-se úmida quando a equipe arribou (Figura 101a-c). Essa umidade foi claramente observada nas seções da quadra C10 e em parte das paredes do abrigo. Obviamente, trata-se apenas da observação de um dia e não de um controle periódico do impacto d'água pluvial sobre o sítio, mas permite ter uma ideia de que a água parece ser um agente importante nos processos pós-depositacionais do abrigo. Esse impacto não seria tão importante no Abrigo do Alvo, pelo menos na parte das quadras G12 e H12.

Estudos sobre precipitação pluvial na bacia do rio Corumbataí indicam que é no setor NW da mesma, onde estão presentes as cabeceiras dos principais formadores de rios nas serras onde se inserem os dois abrigos, onde os maiores valores médios se concentram, alcançando os 1562 mm anuais (Tavares; Christofolletti; Santana, 2007; Zavatini; Cano, 1993). A forte declividade que apresentam as escarpas das *cuestas* tem um grande efeito no escoamento superficial regional e nas enchentes sazonais nas cidades à jusante (Tavares; Christofolletti; Santana, 2007). E o efeito da água pluvial tem estreita relação com controles morfoestruturais regionais (Stefanuto; Lupinacci, 2016; ver seção 7.1.4).

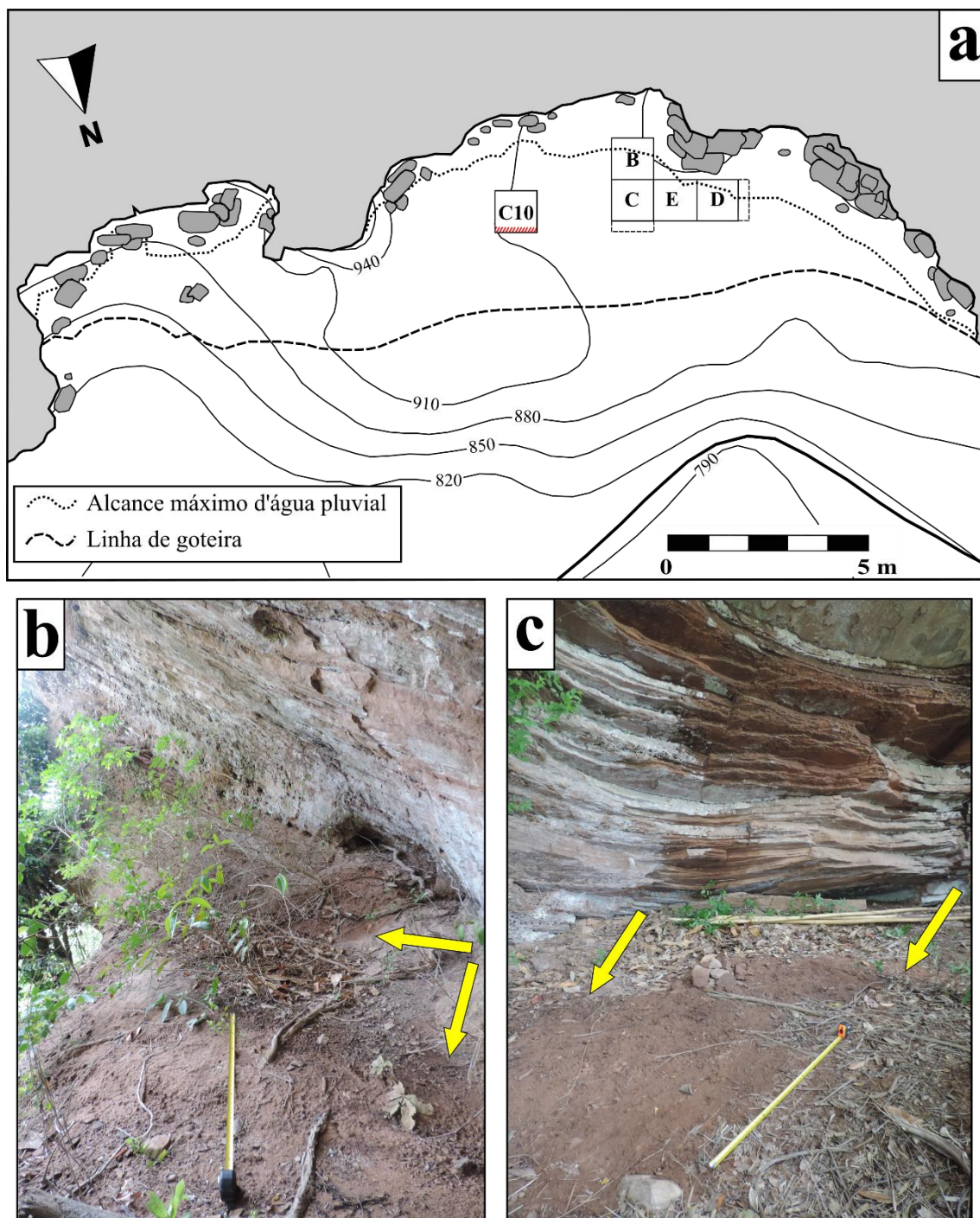


Figura 101 – Extensão d'água da chuva em planta observada no sítio Abrigo Roncador em dezembro de 2020. A extensão máxima do piso úmido após um dia de chuva intensa de verão foi mapeada na planta da Figura 9b (a). Ela era visível tanto no setor E (b) quanto no setor W (c), conforme marcado pelas setas amarelas (as trenas indicam 1 m). Fotos: Nicolás Batalla.

Conforme sintetizado na seção 3.3.4, alta degradação da MO e pluviosidade intensa são a combinação característica de sítios arqueológicos e etnográficos em ambientes tropicais a céu aberto, que têm o efeito de diminuir o pH e desfavorecer a

preservação de materiais como as cinzas, os ossos e o próprio carvão (Araujo et al., 2013; Friesem et al., 2016; Mallol et al., 2007; Trueman et al., 2004). Intensos, flutuantes e cíclicos regimes hidráulicos e específicas interações com a macro e microporosidade dos ossos em meios ácidos não irão favorecer a sua preservação (Hedges; Millard, 1995; Nielsen-Marsh; Hedges, 2000), e isso, caso eles alguma vez tenham sido lá depositados, é o que parece ter acontecido no Abrigo Roncador.

A questão da presença passada de ossos no Roncador pode, então, ser respondida através da avaliação do modelo de “cascata de reações diagenéticas” sintetizado na seção 3.3.4 e Figura 19 (Friesem et al., 2021; Karkanas, 2010; Karkanas et al., 2000, 2002; Shahack-Gross et al., 2004). Na micromorfologia não foram observados ossos nem nenhuma evidência de fosfatos secundários como a hidroxiapatita carbonatada autigênica ou a montgomerita, que pudessem ter sido formados a partir da dissolução deles. O FTIR não evidenciou nenhum espectro com as bandas de absorção características dos grupos fosfatos. As análises de elementos majoritários não puderam detectar P_2O_5 nem CaO , estando presentes, apenas em teores muito baixos a não quantificáveis, as formas biodisponíveis e trocáveis desses elementos, migrando verticalmente.

Portanto, usando apenas o citado modelo, não há evidências de uma cascata de reações diagenéticas potencialmente derivada do mineral dos ossos no setor escavado do abrigo, conforme indicado pela análise visual (micromorfológica) e mineralógica (FTIR). Mas, além de ser necessária a aplicação de outras técnicas para aprofundar a avaliação do modelo, incluídas as que analisam componentes dentro da própria seção delgada (e.g. μ -FTIR, ver Berna, 2017), outras considerações podem ser feitas sobre a aplicação dele em contextos tropicais. De acordo com o estudo experimental de Trueman et al. (2004), apresentado na seção 3.3.3, o regime hidráulico intenso e flutuante, de precipitações sazonais, junto com o ataque microbiano, afeta a preservação de ossos em ambientes de savana tropical a céu aberto e levam à rápida dissolução da HAp e posterior redistribuição dentro do osso e precipitação de fosfatos e de outros minerais autigênicos. De fato, os autores mencionam ter encontrado escassa evidência desses fosfatos nos próprios ossos (em apenas duas de nove amostras). Em experimento recente, McAdams, Morley e Roberts (2021) colocaram caixas de plástico com areia, ossos e outros materiais por cima, cobriram elas com guano e água, e levaram à estufa a $30^\circ C$ para reproduzir condições úmidas e quentes de uma caverna tropical durante dois anos. Os autores detectaram mudanças pós-deposicionais em ossos apenas um mês após o início do experimento,

interpretando, dentre outros, a presença de microambientes ácidos induzindo a degradação e a reprecipitação de fosfatos, e de um conjunto de outras substituições mineralógicas e de minerais autigênicos não reportados na literatura geoarqueológica, mas sim conhecidos em estudos em cavernas tropicais do SE asiático (McAdams et al., 2020). Embora guano não seja observado no Abrigo Roncador, a menção desse estudo serve para ilustrar os diferentes caminhos transformacionais que podem ocorrer em ambientes tropicais, mesmo abrigados, e que podem ser muito mais rápidos e diferentes das cascatas diagenéticas tipicamente exploradas pela geoarqueologia.

A possibilidade de ossos terem sido depositados junto com artefatos líticos em Roncador pode também ser pensada pela associação que existe entre as duas classes de vestígios, tanto na U8c quanto nas unidades estratigráficas basais do Alvo (ver Figura 99). Essa relação não é, contudo, confirmada estatisticamente para o sítio como um todo ($N = 20$, $R^2 = -0,12$, $p = 0,58$) nem para o setor exposto ($N = 15$, $R^2 = -0,19$, $p = 0,50$). Não entanto, não é possível descartar que a maior quantidade de artefatos líticos recuperados em Roncador tenha estado vinculada com alguma atividade relacionada ao descarte de ossos. Só escavações e estudos posteriores (e.g., traceológicos) poderão avaliar essa e outras relações entre materiais nos sítios.

Um cenário pós-deposicional diferente é o do Abrigo do Alvo. A relação do pH com a preservação de cinzas e ossos foi claramente observada neste sítio. A correlação significativa (mesmo que inferior a 0,8) pH – LOI 950°C, o fato que o máximo valor de pH em KCl fora obtido no específico contexto da U3 onde foram encontradas cinzas calcíticas, e que os maiores valores do setor interno foram observados na feição de combustão da base da quadra H12, apontam nessa direção. Nesses dois casos, o pH em água foi maior que 7,2 (7,6 e 7,7, respectivamente), indicando boa preservação dos ossos segundo Berna, Matthews e Weiner (2004), embora estariam já dentro da janela de recristalização (a partir de 7,55) com precipitação de hidroxiapatita autigênica, algo que estudos futuros de tafonomia e FTIR deverão confirmar.

Uma avaliação mais detalhada dos processos pós-deposicionais no Abrigo do Alvo fica limitada pela falta de observações microestratigráficas. A macroestratigrafia e a química apontam para pedogênese ocorrendo, pelo menos, nas quadras expostas I12 e J12. Assim, as U2, U3, U4 e U6, pretas a brunas muito-escuras, ricas em COS e MO (de acordo com o FTIR), que apresenta uma diminuição relativa coerente com a profundidade (junto com o P disponível e o Ca^{2+} , embora ambos pontuados por picos), poderiam ser

atribuídas a algum processo de humificação e migração vertical que análises posteriores deverão mostrar.

7.1.4 A formação dos sítios e o contexto da ocupação humana em chave paleoambiental regional

Ao serem pensados os dois abrigos em termos de cronologia e processos de formação, têm-se oito grandes momentos:

- 1) Deposição das unidades estratigráficas basais U10, U11, U12a e U12b do sítio Abrigo do Alvo, 7.667-7.284 cal AP: consiste no sinal mais recuado para os dois sítios. Trata-se do primeiro aporte geogênico após a queda dos blocos e matacões na porção E do sítio. Esse aporte já apresenta materiais líticos, carvões e ossos, mas sem evidência de contextos de atividades específicas;
- 2) Deposição U4 do sítio Abrigo Roncador, 4.403-4.088 cal AP, e atividades de combustão na U8c e U15 do Abrigo do Alvo, respectivamente 3.980-3.724 e 4.216-3.911 cal AP: começa o registro sedimentar efetivo do Roncador. De forma paralela, ocorre o primeiro depósito antropogênico reconhecível em Alvo, que tem lugar no setor interno do abrigo. Praticamente ao mesmo tempo, há o acúmulo de ossos, carvão e artefatos líticos da exposta U8c do Alvo;
- 3) Queda de matacões no sítio Abrigo do Alvo: o matacão central da trincheira cai e apoia sobre as unidades basais. A observação de vários matacões próximos (ver Figura 7a-b) faz pensar em eventos de queda contemporâneos, algo que futuros trabalhos deverão provar;
- 4) Deposição da U3 do sítio Abrigo Roncador, 3.167-2.888 / 3.153-2.881 cal AP: consiste no principal momento de ocupação do abrigo, de acordo com as densidades de artefatos e carvão, coincidente com queda de blocos e seixos;

- 5) Atividades na transição U7/U8a no sítio Abrigo do Alvo, 1.886-1.732 cal AP: constitui o aporte do conjunto de restos carbonizados e sedimentos avermelhados mais recente na quadra G12. A não detecção de cinzas calcílicas nem de alteração térmica dos sedimentos pode indicar que se trata de materiais remobilizados de alguma feição não escavada;
- 6) Atividades de combustão na transição U4/U6 no sítio Abrigo do Alvo, 1.427-1.688 cal AP: trata-se do aporte dos sedimentos escuros e esbranquiçados ricos em cinzas na parte externa. Pela posição estratigráfica, a deposição da interna U5 poderia ser inserida nesse momento;
- 7) Atividades de combustão na U3 no sítio Abrigo do Alvo: o último sinal deposicional antropogênico dos abrigos, numa feição com enriquecimento químico e sinais de alteração térmica;
- 8) Deposição das unidades superiores do sítio Abrigo do Alvo e ocupação pré-cabraliana recente, 1.058-933 cal AP: trata-se das camadas superficiais ou próximas da superfície U13, U1, U2 e U3. A idade obtida na quadra E11, contra o paredão, envolveria este momento.

Em termos pós-deposicionais, podem ter ocorrido diferentes eventos de pedogênese nos dois sítios ao longo do tempo, o que inclui a humificação das unidades superiores dos abrigos, sobretudo, nas unidades externas I12 e J12 no caso do Alvo (a ser abordado por outros estudos).

Como se inserem esses momentos nas dinâmicas paleoambientais da região? De acordo com os poucos e já revisados estudos paleoambientais existentes para áreas próximas no centro do Estado de São Paulo (seção 2.1.14), no momento do começo do sinal arqueológico no sítio Abrigo do Alvo, as condições gerais seriam mais secas do que as atuais, mas com ocorrência de elementos de cerradão (Gouveia et al., 2002; Scheel-Ybert et al., 2003; Souza et al., 2013; Turcq; Pressinotti; Martin, 1997). Essas condições mais secas são também observadas na região sul do Estado no espeleotema St8 da caverna de Santana, no PETAR, conforme estudos de Cruz et al. (2006), a serem examinados em

detalhe na seção 7.2.7 (ver Figura 103). Importantes mudanças nos regimes hidrológicos, com grandes diminuições nos níveis de base regionais têm sido reportadas para o Holoceno Médio na região (Cheliz; Giannini, 2020; Cheliz et al., 2021). Condições localmente mais úmidas foram encontradas na região de Botucatu, ao redor de 120 km ao sul de Analândia, com presença de campos, mas importante ocorrência de formações florestais entre por volta dos 8.168 e 5.467 cal AP (Bissa et al., 2013; Bissa; Toledo, 2015). É possível pensar que, em meio a condições gerais adversas e instáveis, as escarpas da paisagem de *cuestas* constituiriam um atraente refúgio para os grupos indígenas com economias de pequena escala do Holoceno Médio. O aproveitamento dos recursos de um diverso mosaico de vegetação deve ter sido um forte fator na ocupação da região.

De fato, vários dos sítios abrigados do Cerrado também participam de um importante debate sobre condições climáticas áridas que teriam influenciado no abandono e re-localização por parte dos seus ocupantes no Holoceno Médio e começos do Holoceno Tardio, fenômeno denominado “hiato do Arcaico” (Araujo; Piló, 2017; Araujo et al., 2005). O impacto demográfico das flutuações climáticas e ambientais teve, de fato, uma escala subcontinental (Riris; Arroyo-Kalin, 2019).

Características mais favoráveis teriam encontrado os primeiros habitantes do sítio Abrigo Roncador (momento 5, um mínimo de 2.881 anos depois da ocupação em Alvo). Interpreta-se um cenário de maior calor, umidade e expansão da floresta (Bissa et al., 2013), que tenderia a se acentuar para o momento da última ocupação datada do sítio, 3142-2881 cal AP, com vegetação mista (Scheel-Ybert et al., 2003). O caráter transicional (floresta/campo) da vegetação regional pôde ter continuado tendo um papel importante nas ocupações regionais.

Um fator de crucial relevância para a geração do próprio registro sedimentar dos dois abrigos, conforme destacado, foi a queda dos blocos e matacões. Essas quedas também podem ser relacionadas com as variações de umidade no passado. Como fora estabelecido na seção 2.1.1.1, a morfogênese do *front* das *cuestas* nas serras do NW da bacia do rio Corumbataí tem uma forte herança morfoestrutural na existência de lineamentos que canalizam as drenagens locais (Lupinacci, 2014). Aproveitando falhamentos e zonas de fragilidade, a chuva vai modelando as serras e contribuindo à desintegração da rocha, dando origem a reentrâncias e nascentes fluviais (Stefanuto; Lupinacci, 2016). A presença de secas estendidas seguidas de chuvas torrenciais, no Holoceno Médio, deve ter sido um fator de fundamental importância na geração dos

próprios espaços abrigados e da queda de blocos que propiciou os seus conteúdos sedimentares. E o mesmo processo que levou à sua formação levou à acidificação e baixa preservação no sítio Abrigo Roncador.

7.2 Estudo de caso 2: o sítio Abrigo Maximiano

A discussão do sítio Abrigo Maximiano começa por uma síntese da sua complexa estratigrafia, onde os dados de microscopia, granulometria e geoquímica convergem para caracterizar grupos de tipos de microfácies. Na leitura de processos deposicionais a discussão se move para a origem dos componentes, onde o problema dos gastrópodes é tratado em profundidade em relação com a literatura malacológica. Os processos pós-deposicionais são analisados na sequência. Por fim, a discussão se move para o problema do abrigo como um sítio de matriz de conchas e sua relação com os sambaquis fluviais do vale do Ribeira de Iguape.

7.2.1 Síntese estratigráfica do sítio Abrigo Maximiano: grupos de fácies e microfácies

A análise conjunta macro e microestratigráfica, das observações de campo e dos dados micromorfológicos, permite identificar três grandes grupos de fácies presentes nas quadras escavadas por Guy-Christian Collet e equipe na década de 1970. Esses grupos reúnem depósitos ora ricos (predominantemente abundantes) em material malacológico, ora ricos em material pirogênico, ora ricos em matéria orgânica. Diferentes grupos de tipos de microfácies integram cada um desses três grupos de fácies, ficando por fora das observações micromorfológicas apenas as fácies do topo F1a e F1b, as fácies das últimas bases escavadas F8 e F16 e as F12 e F14. A seguir, são listados, segundo o nome, os grupos de fácies e seus respectivos grupos de tipos de microfácies característicos:

- Fácies ricas em conchas de gastrópodes e outros componentes: F6, F7, F10, F11, F14, F15

Mistura de fragmentos de concha e outros componentes: tipos mF7b, mF8a e mF8b;

Conchas inteiras e fragmentos de concha em distribuição horizontal: tipos mF10a, mF10b, mF10c, mF10d e mF11;

Lenticulares estratificadas: tipos mF13, mF14a e mF14b.

- Fácies ricas em materiais pirogênicos: F2a, F2b, F3, F4, F9, F12, F13, F16
Mistura de materiais pirogênicos e outros componentes: tipos mF1a, mF1b, mF2, mF3;
Cinzas: tipo mF4b;
Cinzas cimentadas e lente de carvão: tipos mF4a e subjacente mF5;
Argila rubificada e cinzas: tipos mF12a, mF12b, mF12c;
Acumulação rica em carvão: tipo mF9.
- Fácies ricas em matéria orgânica: F1a, F1b, F5, F8
Matéria-orgânica e outros componentes: tipos mF6 e mF7a.

7.2.2 Grupos de fácies e processos deposicionais

7.2.2.1 Fácies ricas em conchas de gastrópodes e outros componentes

A *Mistura de fragmentos de concha e outros componentes* caracteriza a porção superior, por volta dos 70-90 cm de profundidade da superfície na quadra 120/107, da F7, o depósito bioclasto-suportado com mais de 50% de fragmentos de concha de moluscos. Também é identificada na F15 em duas microfácies (mF8b) ao redor dos 75-77 cm e dos 83-86 cm de profundidade na SV. Ela é formada por um material orgânico, rico em silte e areia muito fina, com uma moda nesta última e outra na argila (Figura 84, CSQB55), com grãos de quartzo subangulosos a angulosos e diversos outros componentes terrígenos na fração grossa, como artefatos líticos, e não terrígenos como as próprias conchas, os ossos queimados até calcinados, não queimados e o carvão. Conforme avança a profundidade na F7, por volta dos 100-120 cm, o depósito conchífero vai ficando mais enriquecido em areia média e grossa e empobrecido nas frações finas. Embora não possa ser descartado totalmente o efeito de uma remoção incompleta das conchas pelo pré-tratamento com HCl no engrossamento do sedimento, é interessante observar que a base do depósito volta a ter o mesmo padrão do topo, i.e., um enriquecimento nos pelíticos.

O contato entre o topo da F7 e a base da F6, por volta dos 60-70 cm de profundidade da superfície, é microestratigráficamente caracterizado na seção delgada B na transição entre os tipos mF8a e mF7b, respectivamente (Figuras 72g-h). Embora o tipo mF7b também apresente o característico arranjo aleatório de componentes de origem diversa do tipo mF8a, ele é mais enriquecido em grãos de quartzo numa microestrutura granular e, por vezes, de grãos interligados. Granulométricamente são os depósitos mais ricos nas frações areia média e grossa das colunas analisadas, possuindo uma distribuição de classes semelhante à da amostra externa, embora com menor presença de silte (Figura 85). Trata-se de depósitos empobrecidos quimicamente (em carbonatos, CO₃, Ca²⁺, P₂O₅, CaO e MnO) e com maior presença de quartzo e argilominerais (FTIR). Algo similar ocorre aos 40-50 cm da quadra 120/109, o que indica a presença de uma superfície afetada por intemperismo ou outro processo no centro do abrigo (ver seção 7.2.5).

O grupo de microfácies de mistura, onde os fragmentos de concha de moluscos são os principais protagonistas, tem sido observado em diferentes contextos arqueológicos. A primeira categoria de sítios onde foi encontrada é a formada pelos concheiros ou sambaquis no Brasil (*shell-mounds* em inglês), englobados nos denominados sítios de matriz de concha (Villagran, 2019; ver seção 7.2.6). Os trabalhos de micromorfologia e outros indicadores realizado nos sambaquis da costa sul brasileira por Villagran (2010, 2012, 2014, 2019) e colaboradores (Villagran; Giannini; De Blasis, 2009) permitiram identificar uma microfácies predominante, denominada de mF Tipo A, com uma fração grossa formada por fragmentos de concha de bivalves, alguns queimados a temperaturas maiores dos 600°C, ossos queimados e não queimados, carvão, grãos de quartzo e feldspato na faixa areia, fragmentos de rocha, em meio a uma micromassa rica em micrita, microcarvão, argila e fosfatos secundários. A mF Tipo A é interpretada como produto do retrabalhamento por processos antrópicos, como o varrido ou a redeposição, de materiais depositados de forma secundária (de refugo secundário), que vem de depósitos primários anteriores onde atividades como a queima foram desenvolvidas.

Microfácies similares ao Tipo A dos sambaquis costeiros vem sendo identificadas em outros contextos. Em Portugal, no concheiro Cabeço de Amoreira, Aldeias e Bicho (2016) identificaram sedimentos altamente orgânicos, ricos em microcarvão, com uma mistura aleatória de fragmentos de concha, ossos queimados, não queimados e alguns parcialmente dissolvidos, que os autores denominaram mF Tipo 4 e interpretaram como retrabalhamento de produtos do descarte de restos de comida e combustão num setor do

montículo. No Vietnã, no sítio costeiro a céu aberto de Thach Lac, Grono et al. (2022) relataram três tipos de microfácies (A, D e F) de “descarte humano de rejeitos misturados antropogênicos” com o característico arranjo caótico de componentes queimados e não queimados em meio a matrizes altamente porosas.

A principal semelhança micromorfológica da mistura antropogênica aqui reconhecida com os tipos de microfácies vistos em outros contextos reside, além de no caráter diverso dos componentes da fração grossa e de suas histórias pré-deposicionais, nas suas distribuições básicas aleatórias e no seu empacotamento aberto, nas razões g/f em torno 70/30 (aqui 60/40 a 65/35), e nas microestruturas predominantemente intergranulares e distribuições relacionadas g/f enáulicas. A composição altamente orgânica da micromassa é mais semelhante com alguns contextos, e.g. o caso da mF Tipo 4 do Cabeço de Amoreira (Aldeias; Bicho, 2016) e da mF A de Thach Lac (Grono et al., 2022).

A presença de cinzas derivadas da queima de plantas, ora soltas na micromassa, ora fazendo parte de agregados é um aspecto particular do grupo de mF de *Mistura de fragmentos de concha...* Ela indica boas condições preservacionais em que pese ao fato da grande alteração produzida pela fauna do solo, sobretudo na quadra 120/107. A presença de agregados de cinzas (Figura 72f) em meio à matriz podem sugerir a remobilização, por meio do jogado ou de atividades como a varredura, de materiais de estruturas de combustão (Mentzer, 2014; Miller et al., 2010; ver próxima seção) presentes numa parte próxima do abrigo. A observação de cinzas e de cinzas recristalizadas em meio a uma lente discreta de fragmentos de concha horizontalmente distribuídas e interconectadas (Figura 72f) indicam que pelo menos parte delas provem de sedimentos ricos em conchas depositados originalmente em outro lugar ou em outro setor do sítio. Isso também vale para a lente de cinzas e carvão aderidos à face côncava do fragmento de concha visto na mF8b (Figura 75b), fenômeno também encontrado na mF Tipo A dos sambaquis costeiros sulinos (Villagran, 2012, p. 371). De fato, a alta concentração das cinzas na porção média da F7, em 21,06 milhões por grama de sedimento, a maior da quadra 120/107 e próxima do valor máximo encontrado (25,90 milhões), pode indicar o acúmulo de grãos advindos das duas dinâmicas: o aporte cotidiano da manutenção do sítio mais o aporte específico da construção do depósito bioclástico.

Do ponto de vista geoquímico elementar o topo da F7, lugar da coleta micromorfológica, não se destaca especialmente por altas concentrações, mas esse

cenário muda na metade, com um pico de COS, as maiores concentrações do cátion K^+ e, já na base, os maiores valores dos óxidos P_2O_5 e CaO.

O grupo de *Conchas inteiras e fragmentos de concha em distribuição horizontal* caracteriza os depósitos da F10, por volta dos 20-40 cm de profundidade na quadra 127/110, a subjacente F11 que vai até os 65 cm na mesma quadra, e a base da seção delgada I na SV na mF10d, ao redor dos 86-88 cm de profundidade da superfície. Os sedimentos ricos em conchas inteiras de gastrópodes que formam linhas subhorizontais da F14, por volta dos 42-62 cm de profundidade na SV, podem ser incluídos, apenas do ponto de vista macroestratigráfico, neste grupo.

A característica principal do grupo é dada pelo caráter predominantemente horizontal a sub-horizontal da distribuição (referenciada à superfície atual) das conchas. Uma subdivisão interna poderia ser feita entre microfácies com conchas inteiras e aquelas que apresentam apenas fragmentos. Mas a escassa diferenciação entre as variantes dos tipos mF11 e mF10, que inclui a transição do depósito cascalhento com conchas inteiras da F11 para a F10, respectivamente, em termos de fundo matricial e do contato entre os fragmentos sub-horizontais de ambas as duas, fazem pertinente a não separação. A principal diferença reside na maior porosidade na mF11 que vai diminuindo para cima junto com a frequência de fragmentos de concha. A presença de ossos (15-20%), alguns com sinais de queima, é uma característica comum desses depósitos.

Embora não se tenham dados granulométricos, a micromorfologia deste grupo mostra uma maior frequência (>35%) de grãos minerais subangulosos a angulosos tamanho areia muito fina a grossa. A presença de um bloco anguloso de calcário na seção delgada F permite ver que os grãos de quartzo que fazem parte da rocha em meio aos cristais de calcita são semelhantes aos presentes na fração grossa dos tipos mF10a, mF10b, mF10c (Figura 73a-b, m-n). A maioria desses grãos apresentam alterações pontilhadas na superfície como as observadas nos grãos da rocha. Isso permite pensar que o bloco fazia parte da rocha do abrigo e que o aporte de grãos predominante nesse grupo é o autóctone ou próximo ao sítio (ver seção 7.2.4).

O grupo de microfácies onde predominam as conchas num arranjo sub-horizontal tem também sido encontrado em análises microestratigráficas. No concheiro Túnel VII da Terra do Fogo, na Argentina, ocupado em tempos pós-colonização europeia pelo povo Yamana, Villagran (2012, 2019) identificou uma microfácies denominada mF Tipo 3, onde mais do 60% de espécimes inteiros e fragmentos maiores de concha de bivalves não

queimadas apresentam-se horizontalmente distribuídos, enquanto fragmentos menores e ossos queimados e carvão, estão distribuídos de forma aleatória. A interpretação dada pela autora é a do produto de eventos de descarte, por meio do lançado (*tossing*), de resíduos da vida cotidiana na periferia da habitação, comportamento de manutenção de sítio observado por cronistas do povo Yamana. Um descarte de mais de 50% de elementos inteiros e de fragmentos de berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) sub-horizontais com resíduos aleatórios foi também identificado nos sambaquis de núcleo quartzo-arenoso (Villagran, 2012, 2019), na mF Tipo F, embora haja nesses depósitos um maior aporte de carvão e outros resíduos de combustão.

A deposição antrópica por meio do lançado de conchas de moluscos foi também inferida a partir de microfácies de fragmentos em concheiros portugueses e no mencionado sítio vietnamita de Thach Lac (Grono et al., 2022). Aldeias e Bicho (2016) relataram para a mF Tipo 1 a presença de sedimentos, ora altamente porosos, ora com uma matriz micrítica, suportados por esses fragmentos, os quais apresentam-se por vezes interconectados após fragmentados, que os autores interpretam como produtos da deposição rápida e imediata. Cenário semelhante foi observado por Duarte et al. (2019) no sítio Poças de São Bento, onde a mF Tipo 5 apresenta orientação referenciada sub-horizontal e oblíqua à superfície, com um subtipo (mF Tipo 5b) rico em carvão. Por fim, Grono et al. (2022) interpretam a mF G como depósitos de eventos individuais de descarte direto de conchas de algumas espécies, as quais não foram sujeitas a pisoteio.

Os resultados aqui obtidos e a comparação com a citada literatura permitem interpretar os depósitos de conchas em linhas sub-horizontais como produto de ações de lançamento ou jogado desse e outros materiais que fazem parte da vida dos ocupantes do Abrigo Maximiano. Eles são o resultado da forma em que as conchas caem sobre o substrato, mas também não pode ser descartado o arranjo específico, alinhado, dos espécimes inteiros. De fato, esse arranjo particular de conchas inteiras de *Megalobulimus* spp., por vezes com bivalves e o gastrópode aquático *Pomacea* sp., foi observado nos sambaquis fluviais do vale do Ribeira, em frequente associação com sepultamentos (e.g. ver Plens, 2007; Tognoli, 2016; ver seção 7.2.7).

As principais diferenças do grupo com as microfácies pensadas como produto de comportamentos semelhantes residem em um caráter menos clasto-suportado, com maior domínio de matriz conforme a sequência avança na transição das mF11 para as mF10. Uma outra grande diferença é a presença de um processo pós-deposicional que está

acontecendo no topo da sequência e que será mencionado na próxima seção, na menção da *Acumulação rica em carvão* e na seção 7.2.5.

O grupo de microfácies *Lenticulares estratificadas* sintetiza a complexa sequência encontrada na F15 da SV, no setor oeste do abrigo. Ela foi encontrada apenas nessa porção, a partir dos 77 cm da superfície atual, da estratigrafia do abrigo. A sequência aqui agrupada inclui três tipos de microfácies reconhecidas em quatro camadas lenticulares centimétricas, que foram depositadas acima da mF8b (grupo de *Mistura de fragmentos de conchas...*, já mencionado), que por sua vez sobrepõe-se às (e é um retrabalhamento de) *Conchas inteiras e fragmentos de concha em distribuição horizontal*. Duas lentes ricas em fragmentos de concha interconectados após a fragmentação, de empacotamento fechado, são intercaladas por duas lentes com menor presença de fragmentos e com fragmentos menores de concha, ricas em cinzas e agregados de argila rubificada. Uma íntima associação do material malacológico com produtos de combustão de material vegetal é outra importante característica deste grupo.

Camadas lenticulares de fragmentos de concha de moluscos empacotados e interconectados são também uma presença recorrente na microestratigrafia de depósitos conchíferos. Elas foram encontradas na América do Sul na mF Tipo A1 dos sambaquis costeiros sulinos, onde as conchas interconectadas predominam (70%) em meio a ossos e carvão (Villagran, 2019), e na mF Tipo 4 do concheiro Túnel VII, onde também apresentam alta frequência de fragmentos, carvão e fragmentos de rocha (Villagran, 2019; também Balbo, et al., 2010). A interpretação dada a essas camadas é a de superfícies afetadas por pisoteio (*trampling*) no caso do concheiro etnográfico, ou por pisoteio e/ou pressão exercida pelos sedimentos subjacentes no caso dos sambaquis.

Após essas identificações iniciais, depósitos de conchas afetados por pisoteio têm sido observados nos citados contextos portugueses, onde são interpretados como produtos de lançamento de conchas e pisoteio (mF Tipo 1 de Aldeias; Bicho, 2016) ou como superfícies de ocupação, por vezes enriquecidas em microcarvão, que foram sujeitas a pisoteio (mF Tipo 3 de Aldeias; Bicho, 2016; mF Tipo 4 de Duarte et al., 2019). Uma observação interessante desses contextos, é que essas superfícies conchíferas foram colocadas acima de depósitos antropogênicos de jogado de materiais. Depósitos conchíferos de empacotamento fechado sub-horizontais foram também encontrados nas cavernas de Diêm e Con Moong no norte do Vietnã e ligados ao pisoteio (McAdams et al., 2022). Evidências de compactação associadas com ocupação têm sido encontradas

em depósitos endurecidos de um concheiro na costa sul peruana (Beresford-Jones, et al. 2022).

As microfácies do grupo *Lenticulares estratificadas* apresentam, além dos fragmentos de concha interconectados fortemente empacotados, outras evidências de pisoteio. Uma indicação está dada pela presença, na mF14a rica em cinzas compactadas e matéria orgânica, de fissuras de orientação paralelas à superfície do depósito que intersectam com fissuras perpendiculares formando blocos angulares fracamente separados, imediatamente embaixo de fragmentos de conchas interconectados após fragmentação (Figura 75e). Esse alinhamento das fissuras formando blocos e associado com microestruturas do tipo laminar (*platy*) ou lenticular é um indicador micromorfológico de pisoteio (ver Araujo, et al., 2008; Matthews, et al., 1997; Milek, 2012; Rentzel et al., 2017).

Por fim, é importante ressaltar que o fato de se manter um grupo único de microfácies *Lenticulares estratificadas* reside na observação de um claro padrão construtivo antropogênico. Nele intervirem materiais conchíferos e não conchíferos numa sequência sucessiva.

7.2.2.2 Fácies ricas em materiais pirogênicos

A *Mistura de materiais pirogênicos e outros componentes* caracteriza os depósitos da seção vertical S quadra 120/109, da parte interna do abrigo. De acordo com os dados granulométricos, são sedimentos ricos em material fino, sobretudo silte médio/grosso e em areia média. Vistos sob o microscópio estão formados por grãos subangulosos a subarredondados de quartzo, aglutinados com a micromassa maiormente em grumos porosos e grânulos. A presença de um fundo matricial rico em cinzas de queima de material vegetal, ora soltas ora agregadas, de microcarvão que confere um aspecto “sujo” à argila e a micrita, e de carvão e ossos queimados (até 25%), todos distribuídos aleatoriamente, permite considerá-los como misturas ricas em material derivado da combustão.

O fato de se tratar de depósitos ricos em cinzas foi comprovado quantitativamente, apresentando, pelo menos na amostra analisada na F2a (depósitos do tipo mF1a), aos 20 cm de profundidade da superfície, teores de 22,87 milhões por grama de sedimento, próximos ao máximo encontrado. Mesmo assim, as menores contagens foram também

encontradas no setor interno, pouco acima do bloco D, aos 50 cm de profundidade, junto com outros indicadores que tiveram seus menores valores (ver mais abaixo). São depósitos ricos em carbonatos, P disponível e relativamente enriquecidos em bases trocáveis Mg^{2+} e Ca^{2+} . As lentes de argila rubificada, agrupadas no tipo mF2, são derivadas dos mesmos argilominerais do solo local externo, de acordo com os dados da INAA (grupo 1) e do FTIR. Eles não apresentam alteração térmica evidente, de acordo com os dados espectroscópicos.

Acumulações retrabalhadas de cinzas, agregados de argila, carvão e ossos queimados são tipicamente encontradas em sítios abrigados do mundo todo (Araujo et al., 2008; Araujo; Piló, 2017; Goldberg et al, 2009; Marcazzan; Miller; Conard, 2022; Miller; Goldberg; Berna, 2013; Schiegl et al., 1996; Silva, 2013; Villagran et al., 2017a). Essas misturas caóticas de materiais de baixa seleção com frequentes agregados arredondados de cinzas, têm sido experimentalmente interpretadas (Mallol et al., 2013; Miller et al., 2010) como o produto do jogado (*dumping*) de materiais, fora ou na proximidade de áreas onde a combustão estava sendo realizada. São o produto de atividades de manutenção ou limpeza do sítio ou do setor de ocupação. Miller et al. (2010, p. 33) assinalaram a dificuldade de distinguir depósitos jogados de aqueles sujeitos à varredura, indicando, no entanto, que os segundos apresentam uma maior seleção produzida pelos rápidos movimentos de remoção do material fino da fogueira.

As observações realizadas por Collet e citadas na seção 2.2.4 de “20 camadas de fogueiras, ora finas, ora grossas, variando de 1 até 6 cms. de espessura” (1978b, p. 18), todas elas presentes sempre no mesmo canto NW da quadra SI-B (ou seja, 120/109) “mas em níveis diferentes” até pelo menos os 120-130 cm de profundidade do *datum* (1978c, p. 6), podem sustentar a ideia de que essa foi, para as ocupações de entre 7931 e 7164 cal BP (ver seção 7.2.7), a principal área de queima (que, aliás, é no setor central do abrigo). A partir de lá, os materiais poderiam ter sido mobilizados por meio do varrido, da ancinhagem (*rake-out*) e do jogado, criando espessas misturas antropogênicas como as observadas na seção vertical S, que está um pouco mais abaixo do que a seção N. Essas misturas escuras e francossiltosas constituem a “terra fofa” de Collet (1978b, c). Obviamente, como repetido muitas vezes ao longo deste trabalho, a caracterização de uma estrutura de combustão depende de estritas observações estratigráficas tanto macro como meso e microscópicas, algo não disponível para as feições escavadas por Collet devido ao colapso das seções nesse setor do abrigo. No entanto, as observações do

escavador inicial, mesmo que não sistemáticas, oferecem mais um insumo à interpretação sobre a origem dessas acumulações.

As *Cinzas* estão formadas por um específico tipo de microfácies, a mF4b, encontrada em quatro camadas lenticulares na sucessão da F13, registrada aos 85 cm de profundidade da superfície na quadra 127/110. Os claros e bem preservados cristais de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio apresentam-se, por vezes, recristalizados e fazendo parte de um material fino com argila, coalescidas em massas e agregados separados por cavidades e vazios de empacotamento complexo, por vezes laminadas e articuladas, servindo de plano de fundo de carvão, agregados de argila rubificada, fragmentos de concha e ossos queimados. Apesar de não apresentar apenas cinzas, o nome do grupo é ainda pertinente pela clara predominância delas na micromassa num setor onde fazem parte de uma clara sequência.

Microfácies lenticulares de cinzas são outras das clássicas presenças em abrigos e cavernas, conforme mencionado na seção 3.3.1. São caracterizadas por microestruturas maciças, podendo localmente exibir camadas laminadas e ondulantes com a presença de cinzas articuladas e de tecidos parcialmente carbonizados (Mallol; Mentzer; Miller, 2017, p. 308; Miller; Goldberg; Berna, 2013). Lentes de cinzas, algumas em conexão anatômica e com linhas de carvões de distribuição subparalela são característicos de estruturas de combustão intactas (primárias) encontradas em cavernas (e.g., dentre muitas outras, Kebara e Hayonim Cave, Schiegl et al., 1996; Qesem Cave, Shahack-Gross et al., 2014; Riwi Cave, Whitau et al., 2018).

Mentzer (2014, p. 633, Figura 8) indica que, dependendo de fatores tais como o tipo de substrato, a duração da combustão, o ambiente e os processos pós-deposicionais atuantes, a presença dos três componentes típicos (sintetizados na seção 3.3.1) de uma estrutura de combustão intacta pode variar. Lentes de cinzas podem ser preservados acima de lentes de carvão e esses acima de substratos avermelhados ou rubificados, mas podem também ser preservadas apenas as cinzas. Em alguns casos, como evidência desse processo preservacional, podem ficar apenas “fogueiras cinzentas” (*ashy hearths*), conforme estabelecido por Mentzer (2014), em casos em que as fogueiras são acesas uma acima da outra (as *multi-sequence burnt layers* de Courty, Goldberg e Macphail, 1989, p. 110). A superposição de fogueiras aumenta a visibilidade arqueológica (Aldeias, 2017). No caso da sequência da F13, há evidências da preservação de lentes de cinzas únicas (as

duas praticamente sobrepostas da base e a do topo da seção delgada H) e de lentes de cinzas com lentes de carvão laminados na base (a terceira camada desde a base da seção).

A sequência finamente laminada e ondulante de cinzas cimentadas encontrada na base da terceira camada de *Cinzas* apresenta interessantes evidências nessa direção. Experimentos conduzidos por oito anos por Karkanias (2021) indicam que eventos únicos de combustão em fogueiras abertas dificilmente ficam preservados, sendo as estruturas de combustão observadas em contextos arqueológicos com lentes de cinzas de ao redor de 2 cm (como as aqui observadas), o produto provável de vários episódios, i.e., de estruturas acendidas no mesmo lugar uma acima da outra. O autor observou que o aspecto interno finamente laminado ao interior das camadas de cinzas é o resultado de diferenças de compactação, com lâminas densas finas separadas por massas fusionadas espessas esponjosas (porosas) de cristais microespáticos. Essas diferenças são explicadas pelo “*sintering*”, uma ligação física e uma mudança química das cinzas quando expostas a temperaturas de 700-900°C que leva à formação de crustas compactadas, embora esse processo possa ser também provocado pelo contínuo re-acendimento do fogo no mesmo local. É possível pensar, portanto, numa combinação de processos de compactação e cimentação afetando as cinzas (algo observado tanto por micromorfologia quanto por meio de SEM) numa área de estruturas de combustão acessas uma cima da outra ao longo do tempo (ver mais abaixo). Um processo similar, com presença de finas lentes de cinzas e cinzas articuladas, uma acima da outra, tem sido interpretado para o sítio Lapa do Santo (Villagran et al., 2017a).

O grupo de *Cinzas cimentadas e lente de carvão* está também conformado por dois tipos de microfácies, o tipo mF4a, que é encontrado em diferentes posições estratigráficas na quadra 120/109, sobretudo, a partir dos 100 cm de profundidade da superfície, e o tipo mF5 que subjaz ao tipo mF4a. A mF4a constitui uma lente maciça de micrita secundária com evidentes cinzas e cinzas articuladas preservadas que coalescem formando comuns cavidades, e que foi afetada por impregnação de óxidos/hidróxidos de Fe. Além da extensa reprecipitação que as cinzas exibem (e que lhe confere um aspecto denso em campo), a lente específica coletada na F4, apresenta um topo mais escuro com reentrâncias e cavidades conectadas por fissuras intra-agregados, e uma base em transição nítida com uma lente de carvão (denominada de tipo mF5).

O enriquecimento em cinzas calcíticas foi demonstrado na separação dos microvestígios, com 15,42 milhões de grãos pseudomórficos por 1 grama de sedimento.

Esse valor é menor do que o encontrado na F4, o depósito que “encapsula” as lentes cimentadas, que apresentara 25,90 milhões, o que pode estar mostrando o impacto da cimentação na diminuição de cristais de calcita pseudomorfa preservados e claramente visíveis. Do ponto de vista geoquímico multi-elementar os dois depósitos (lente cimentada e F4) fazem parte de um mesmo grupo composicional INAA, ao tempo que a F4 constitui o depósito mais rico em carbonatos, com o segundo maior teor de CaO do sítio.

Feições lenticulares e materiais cimentados com maiores ou menores teores de cinzas e de calcita geogênica são também tipicamente encontrados em sítios abrigados cársticos (Courty; Goldberg; MacPhail, 1989; Shahack-Gross et al., 2008). A cimentação contribui para a preservação das próprias cinzas, com a formação de crustas resistentes (Karkanias, 2021; Mentzer, 2014, p. 649).

O fato de se ter uma lente de cinzas cimentadas acima de uma lente de carvão indica que elas fizeram parte de uma estrutura de combustão intacta, conforme a sequência esperada (Mentzer, 2014). Mas, a presença de uma superfície bruno-escura com características particulares aponta para mais um processo: a exposição e o pisoteio. A oxidação que o topo da lente apresenta indica uma superfície exposta a ciclos de umidificação e secagem, ou de retenção temporal de umidade (Gé et al., 1993; McAdams et al., 2022). Já as fissuras sub-horizontais ao plano, interligando cavidades e conferindo um aspecto laminar à microestrutura, os fragmentos de concha em distribuição também sub-horizonta e mais empacotados do que no restante da camada lenticular, e a presença de reentrâncias perpendiculares preenchidas, em alguns casos, por fragmentos de concha, indicam o já mencionado processo de pisoteio (Araujo et al., 2008; Milek, 2012; Miller et al., 2010). Ao que tudo indica então, este grupo de microfácies é o produto de atividades de combustão que ocorreram em alguma parte do sítio, que constituíram parte de uma superfície de ocupação sujeita a cimentação, pisoteio e ferruginização e que depois foi jogado em meio aos depósitos que constituem a F4. Algo semelhante foi encontrado por Miller, Goldberg e Berna (2013, p. 3448) no abrigo de Diepkloof, onde as lentes de cinzas cimentadas podem ter ficado expostas em lugares de maior umidade ou durante hiatos ocupacionais que levaram à sua cimentação.

O grupo de *Argila rubificada e cinzas* está representada pelos tipos mF12a, mF12b e mF12c, que se intercalam às lentes de *Cinzas*. Trata-se de uma mistura de componentes derivados da combustão, que difere da *Mistura de materiais pirogênicos e outros*

componentes pelo caráter muito menos terrígeno e orgânico, com um predomínio dos constituintes que dão seu nome na micromassa.

Apesar de serem misturas, com arranjo aleatório de componentes, chama a atenção a presença de fragmentos de concha, tanto de bivalves quanto de gastrópodes em orientação paralela à superfície. O arranjo sub-horizontal de materiais grossos, como os carvões grandes, na proximidade das fogueiras tem sido interpretado como produto da ancinhagem (*rake-out*), que tende a deixar, pelos movimentos laterais, os elementos mais pesados (pela dificuldade de mobilizá-los mais longe) próximos à área de combustão (Homsey; Capo, 2006). Por outro lado, bivalves próximos das áreas de combustão foram observados por Collet (1978c), sendo por ele também destacado que “a quantidade de bivalves de água doce encontrados nesse corte [SIII ou 127/110 aqui] foi bem maior que nos outros” (Collet, 1978b, p. 22).

A avaliação das evidências de presença de estruturas de combustão primárias existentes na literatura e a comparação com as obtidas nas microfácies de *Cinzas* e de *Argila rubificada e cinzas* permite realizar então a afirmação de que elas estão preservadas no sítio Abrigo Maximiano. Elas podem ser sintetizadas assim: presença de lentes de cinzas com cinzas articuladas, finas lamina ondulantes de cinzas cimentadas intercaladas com lâminas também ondulantes de carvão, o possível efeito de estruturas de combustão “empilhadas” uma acima da outra e afetadas por processos pós-deposicionais de compactação e cimentação (ver seção seguinte) que, no entanto, permitiram a boa preservação; presença de sedimento retrabalhado rico em cinzas e argila e materiais queimados intercalado às lentes de cinzas, indicando um retrabalhamento de estruturas de combustão; coerência na eleição de um mesmo setor para o acendimento das fogueiras, separado pelos processos de retrabalhamento.

A *Acumulação rica em carvão* corresponde ao tipo mF9, que caracteriza a F9 na quadra 127/110. Trata-se de um depósito poroso, formado por grânulos e agregados subangulares, com frequentes carvões, que estão sendo desprendidos da subjacente mF10a. A desagregação que está ocorrendo nessa porção do abrigo indica a formação de alguma superfície de dessecação na mais densa e compacta F10, com topo erosivo na F9 (ver seção 7.2.5).

7.2.2.3 Fácies ricas em matéria orgânica

Estas fácies foram observadas, em termos macroscópicos, nas porções superficiais (sobretudo, F1b), intermédias subjacentes a estas (F5) e basais (F8) das quadras. Micromorfológicamente foram observadas no grupo de *Matéria-orgânica e outros componentes*, constituído pelos tipos mF6 e mF7a. Esses tipos fazem parte da transição entre as F5 e F6 e caracterizam-se por microestruturas com microagregados intergranulares e esponjosas, localmente grumosas, sobretudo no topo da sequência (mF7a). A humificação é o claro processo por detrás destas microfácies melânicas ricas em canais preenchidos e marcas de passagem.

Essas características apontam para processos pedogenéticos, com um carácter excremental da micromassa e de excrementos como pedocaracteres, composta por agregados mamilares, esferas e elipsoides que são produzidos pela mesofauna do solo (Bullock et al., 1985, p. 133-136; Kooistra; Pulleman, 2010; Stolt; Lindbo, 2010). O fato de que os maiores teores de COS tenham sido encontrados no topo da quadra 120/107 e de que esse indicador tenha uma diminuição coerente com a profundidade até por volta dos 50 cm, também assinala o processo de formação de um horizonte A que está acontecendo na posição superior e intermédia do setor mais exposto às intempéries. Esse processo poderia estar acontecendo também na SV, onde fora identificada a sucessão F1a/F5, algo que análises posteriores deverão confirmar.

No caso das fácies basais F8, que subjazem aos depósitos conchíferos nas quadras 120/107 e SV, a evidência granulométrica aponta para a maior semelhança com a amostra do solo local, ao tempo que a química indica que se trata de depósitos ricos em COS, sobretudo na última planta escavada na quadra 120/107 (amostra CSQB75). Esse enriquecimento, que é também em elementos majoritários extraíveis, pode indicar a lavagem e migração vertical de íons das sobrepostas fácies conchíferas. Mas, pode também estar indicando a existência de uma paleosuperfície, com características de um horizonte A de um solo soterrado (Retallack, 2001; French, 2003).

7.2.3 O problema das areias e dos finos

A origem do material terrígeno do sítio Abrigo Maximiano pode ser desvendada a partir das comparações granulométricas e geoquímicas das colunas com a amostra externa e das observações das diferentes microfácies que compõem o sítio.

A observação, na seção delgada F, de um clasto tamanho bloco de rocha carbonática com quartzo como mineral acessório, cujos grãos apresentam as mesmas características do que dos grãos presentes na maior parte das amostras do abrigo, permite determinar a origem autóctone dessas areias. Trata-se de grãos subangulosos a angulosos com comuns alterações na superfície do tipo pontilhado (Bullock et al., 1985), sendo elas mais predominantes no setor leste do abrigo.

De acordo com a síntese geológica do PETAR, área onde se insere o Maximiano, apresentada na seção 2.2.1.1, as rochas que compõem os sistemas cársticos locais consistem em calcários metamorfizados (metacalcários) do Grupo Lajeado, que incluem metacalcarenitos, metacalcilutitos e mármore, tanto calcíticos quanto dolomíticos (Fundação Florestal, 2018a, p.133-149). Análises petrográficas desenvolvidas por Frascá (1992, p. 45-49) em amostras coletadas no Município de Iporanga indicam presença predominante de calcita (65-100%) e, quando houver, subordinadamente, de dolomita (15-30%), sendo a maioria delas classificadas como metacalcários, metacalcários dolomíticos, calcita mármore e dolomita mármore. O quartzo é, de acordo com a autora, o principal mineral (acessório) não carbonático, junto com opacos, e, em menor abundância, micas, clorita, rutilo e feldspatos. O citado (na seção 2.2.4) estudo geoquímico realizado na década de 1950 por Guimarães (1952) que incluía uma amostra coletada próxima ao paredão do Maximiano (embora sem localização específica), classificou a rocha como calcário silicoso.

Embora fuja dos objetivos do presente trabalho se fazer um estudo petrográfico da rocha do abrigo, a contextualização apresentada permite somar na interpretação da origem dos terrígenos que fazem parte dos depósitos do sítio. Em efeito, as rochas locais são metacalcários, com quartzo como principal mineral acessório e as mesmas características estão presentes no abrigo.

A presença de uma maior concentração de grãos de quartzo alterados na porção leste do sítio coloca um problema à interpretação. O fato desses grãos serem os derivados da própria rocha do abrigo coloca a questão de se eles refletem um processo natural

restringido a esse setor. A maior proximidade da quadra 127/110 ao paredão, respeito das outras quadras estudadas, sustenta essa hipótese, devido à maior exposição à desagregação regular da rocha. Além disso, o paredão está lá menos inclinado para fora do que em outros setores estudados, aumentando o aporte de fragmentos angulosos de rocha (*éboulis*) e de grãos minerais pela exposição episódica às chuvas e outros fatores do intemperismo e a posterior queda por gravidade. A fragmentação da rocha de abrigos calcários por meio da hidratação após exposição prolongada ao calor tem sido observada em outros contextos (Farrand, 2001b, p. 43).

Um segundo problema à interpretação da origem dos terrígenos vem dada pelos grãos subarredondados de quartzo misturados com os predominantes grãos angulosos da rocha do abrigo. Esses grãos são mais frequentes na mF8a, parte do grupo de *Mistura de fragmentos de concha e outros componentes*, e são também observados, em menor medida, nas fácies internas de *Mistura de materiais pirogênicos e outros componentes* na quadra 120/109. Eles também foram observados nas microfácies no setor oeste. A procedência desses grãos pode estar associada aos materiais introduzidos na criação do depósito bioclasto-suportado da F7, tanto como sedimento intencionalmente jogado *per se* quanto como sedimento aderido aos fragmentos de concha, ossos e artefatos líticos. Mas, as diferenças granulométricas entre os grãos subarredondados (e.g. com moda areia fina/média na F7) e os angulosos (areia fina predominante nas seções delgadas F e G) da rocha-mãe podem estar apontando para uma diferenciação por seleção, onde inclusive atividades humanas como o varrido e a ancinhagem podem estar por trás (Homsey; Capo, 2006; Miller et al., 2010).

No que concerne à origem dos argilominerais, a mencionada (seção 7.2.2.2) comparação química entre a amostra externa e lentes e agregados de argila confirma que, pelo menos a que está presente na F7 e nas fácies internas, ela é a mesma do que a do entorno do abrigo. A maior separação da amostra externa no grupo composicional 1 da INAA respeito da elipse de confiança de 95% na análise discriminante pode indicar diferenças devidas ao enriquecimento em metais da própria dinâmica do solo. Parte desses agregados pode ter ingressado ao sítio com os materiais jogados e lançados nos depósitos ricos em conchas de molusco, advindos de áreas de atividade com o mesmo tipo de argilominerais. Outra parte pode ser derivada de quedas de material de acima do barranco, sobretudo pelo observado na lateral E como área exposta aos aportes por caída.

Evidência chave de que parte do sedimento terrígeno vem de fora do abrigo foi obtida por meio da análise de SEM/EDS no bloco polido da amostra I. Assim, o fato de ter sido encontradas diatomáceas de água doce misturadas com potenciais fitólitos de folhas de gramíneas em meio ao tipo mF14b, a camada basal rica em cinzas calcíticas e agregados de argila da sequência de *Lenticulares estratificadas*, indica que esse sedimento foi trazido do lado de fora do abrigo, próximo ao rio Maximiano ou outro corpo d'água. O achado de diatomáceas em meio a agregados de argila na caverna Sibudu foi reportada por Goldberg et al. (2009) e interpretada como sedimento trazido para o sítio da beira do rio próximo.

7.2.4 O problema dos gastrópodes

A presença de conchas de gastrópodes no sítio Abrigo Maximiano tem estado no centro do debate sobre o problema da origem antrópica das camadas, conforme descrito na seção 2.2.4. Nesse sentido, Araujo (2016a, p. 69) levantou a questão de se as carapaças inteiras foram ou não o produto da deposição humana, haja vista o hábito desses gastrópodes se enterrarem no substrato. A denominação de “sambaqui fluvial em abrigo sob rocha do Maximiano” por parte de Collet (1985, p. 320) não deixa maiores dúvidas sobre a ideia que o seu escavador inicial tinha sobre a origem das camadas ricas em conchas.

O problema das conchas dos gastrópodes terrestres no Maximiano tem sido indicado para outros sítios abrigados no Brasil. Assim, Prous e Lima (2019, p. 181-182) comentam terem observado, em escavações no norte de Minas Gerais, camadas de fragmentos de concha e conchas inteiras de *Megalobulimus* de espessuras de até 20 cm, espécimes isolados em camadas com cinzas e argila, e conchas queimadas e não queimadas em fogueiras. Considerando o sepultamento sazonal no substrato, os autores cogitam se os moluscos aproveitaram buracos de postes, se procuraram as camadas de cinzas para se “acomodarem”, ou se tiveram suas conchas queimadas de forma não intencionada após terem sido acessas fogueiras acima das finas camadas de sedimento que as cobriam. A dificuldade de diferenciar entre a concha de um caramujo trazido como alimento, daquela cujo portador chegou em procura de um substrato rico em carbonato foi também colocada pelos autores para sítios conchíferos (Prous; Lima, 2019, p. 182).

Toda observação geoarqueológica sobre as conchas dos gastrópodes no sítio deverá passar, em primeira instância, por uma consideração sobre a biologia e hábitos desses animais. A ecologia dos caramujos depende de determinados micro-ambientes com específicos valores de umidade, sombra, vegetação, alimentação, etc., que são característicos de cada espécie (Coppolino, 2010; Evans, 1972; Nunes; Santos, 2012). Ao serem conhecidos esses parâmetros para as comunidades vivas das distintas espécies de uma região, é possível utilizá-los para se realizar inferências paleoambientais a partir do estudo das conchas recuperadas em contextos arqueológicos. De fato, essa tem sido uma das principais aplicações dos gastrópodes em arqueologia, sobretudo em regiões com solos calcários onde as conchas são preservadas, como nas ilhas britânicas (Allen, 2017; Evans, 1972).

Conforme mencionado na seção 2.2.4 e ao longo do trabalho, o gênero de gastrópodes mais expressivo nos depósitos do sítio Abrigo Maximiano é o *Megalobulimus*. Felizardo (2017, p. 92-93) relatou, após análise do material malacológico dos níveis escavados nas quadras 114/111 (a partir dos 180 cm de profundidade da superfície atual) e 120/107 (a partir dos 160 cm) no ano 2016, conchas (completitude não reportada, presumivelmente inteiras) de duas espécies daquele gênero, i.e., das espécies *Megalobulimus gummatum* e *Megalobulimus yporanganus*, além de espécimes das espécies *Helicina iguapensis*, *Rectartemon iguapensis* e *Bahiensis punctatissimus*.

Neste estudo, conchas inteiras de gastrópodes encontradas ocasionalmente nas amostras de sedimento das fácies F4 (N = 1), F1b (N = 2), F6 (N = 2), F7 (N = 5) e F8 (N = 2) foram levadas para consulta taxonômica ao Dr. José Fontenelle do Parque Zoobotânico Orquidário Municipal de Santos, em Santos (SP), malacologista especialista no gênero *Megalobulimus* (Fontenelle, 2012; Fontenelle; Miranda, 2017; Miranda; Fontenelle, 2015). Sob nenhuma medida essa coleta e consulta representam um estudo sistemático dos gastrópodes do sítio, se tratando apenas da necessidade de um assessoramento especializado sobre eles para a realização desta tese. A maioria dos espécimes pertencem à espécie *Megalobulimus yporanganus* Ihering & Pilsbry, 1901 sendo apenas dois assignados a *Thaumastus* sp. É de fundamental importância esclarecer que conchas pertencentes a esses dois gêneros foram observadas nos depósitos de *Conchas inteiras...* A continuação realiza-se uma revisão sintética da literatura sobre esses gastrópodes antes de se discutirem as implicações dos resultados aqui obtidos.

O gênero *Megalobulimus* Miller, 1878 faz parte da subfamília Megalobuliminae (Strophoecilidae) e seus indivíduos são popularmente conhecidos no Brasil como “aruás do mato” ou “caracóis-gigantes” (Fontenelle, 2012; Leme, 1973). Trata-se dos maiores gastrópodes pulmonados terrestres endêmicos da América do Sul com conchas de entre 20 e 160 mm de comprimento (Bequaert, 1948), e com mais de 50 espécies documentadas nos planaltos do leste brasileiro, do Maranhão ao Rio Grande do Sul, sendo 35 delas descritas para a Mata Atlântica (Fontenelle, 2012, p. 2). São caracóis longevos, chegando a atingir ao redor dos 35 anos de idade (Fontenelle; Miranda, 2017) e apresentam tanto uma baixa densidade populacional quanto um baixo potencial reprodutivo, com posturas dentre 2 a 5 ovos. Essas últimas características, somado à introdução de espécies invasoras nas últimas quatro décadas que competem pelos mesmos nichos ecológicos, tem feito com que seja muito difícil encontrar espécimes vivos em prospecções (Fontenelle, 2012), fato já observado por Collet no seu relatório sobre o Maximiano (Collet, 1978b, p. 21). Em consequência, estudos sobre a ecologia e comportamento deste gênero são escassos (Fontenelle; Miranda, 2017).

Apesar da pouca informação disponível, é possível de se sintetizarem alguns dados de relevância arqueológica. Os *Megalobulimus* spp. são animais noturnos, como outras espécies de gastrópodes terrestres, e tanto durante o dia quanto em períodos de dormência, possuem o hábito de se enterrar no folhiço ou serrapilheira ou sob o solo solto. Bequaert (1948, p. 24), numa revisão sistemática sobre a família, afirmou que durante períodos de seca, esses animais se enterram “*deep down in the ground or crawl into crevices of rocks or in caves, where they estivate after closing the aperture with an epiphragm*”. O epifragma consiste numa hiperplasia da borda do manto (parte mole do animal) que recobre a abertura da concha (Fontenelle, 2012). Como em outros gastrópodes terrestres, o principal fim da dormência é o de limitar a perda d’água por evaporação. Há uma grande variação específica no que tange ao período tanto da estivação quanto nos ciclos de postura de ovos, o que tem estreita relação com as variações sazonais da região onde vivem (Fontenelle; Miranda, 2017). Para *M. paranaguensis*, por exemplo, a estivação ocorre entre novembro e fevereiro quando aumentam a temperatura e evapotranspiração nas áreas onde é encontrado (norte dos estados de Santa Catarina, Paraná e até São Vicente em SP), diminuindo a probabilidade de captura tanto nesses meses quanto durante o período menos úmido de junho e julho

(Miranda; Fontenelle, 2015). A estivação dura, em média, uns quatro meses para o gênero (Fontenelle 2022, informação verbal).

Por sua parte, o gênero *Thaumastus* Albers, 1860, integra a família Bulimulidae, sendo também gastrópodes terrestres pulmonados com distribuição única sul-americana. No Brasil, tem-se reconhecido 31 espécies deste gênero (Vasconcelos; Pena, 2012). Apresenta uma característica concha cônica globosa (Colley, 2012), “alongada” e diferente da dos *Megalobulimus*, com alturas médias menores a estes que vão dos 55 aos 95 mm de altura (Colley, 2012). Também são animais noturnos (Jurberg, 1978).

Não há estudos sistemáticos específicos sobre as profundidades máximas atingidas pelos gastrópodes *Megalobulimus* spp. e *Thaumastus* spp. durante a estivação (Fontenelle 2022, informação verbal). Durante o dia, o enterramento abarca uns poucos centímetros da superfície, tendo sido reportado que o extremo apical da espira fica visível no caso da espécie *M. lorentzianus* da região central argentina (Horta Tricallotis; Gordillo; Yáñez, 2022, p. 757). No caso de *Thaumastus tainaisii* da costa leste brasileira, Jurberg (1978) relatou em estudo comportamental que apenas as partes moles do animal ficaram enterradas durante a quiescência (i.e., quando há formação de epifragma), ficando a concha visível.

Outras espécies de gastrópodes reportadas para Maximiano, como *Helicina iguapensis*, *Rectartemon iguapensis* e *Bahiensis punctatissimus*, apresentam conchas de menor tamanho do que as megalobulímidas e os *Thaumastus* spp. É pensável que algumas dessas espécies e os microgastrópodes que foram observados em seção delgada tenham chegado e morto lá, de forma natural. Isso também vale para alguns indivíduos de *Megalobulimus* spp. e *Thaumastus* spp. Mas, as evidências micromorfológicas apresentadas, que apontam para a coerência na formação de depósitos específicos de conchas inteiras e com fragmentos de *Megalobulimus* spp. sugerem fortemente que, pelo menos, os animais que fazem parte deles, não chegaram e morreram nesses pontuais lugares. Eles foram depositados. A evidência regional (seção 7.2.7) aponta na mesma direção.

7.2.5 A alteração dos depósitos: processos pós-deposicionais

As duas grandes forças que alteraram os depósitos do Maximiano foram as humanas e as não humanas. As primeiras já foram desenvolvidas nas seções 7.2.2.1 e

7.2.2.2, e afetaram, tanto durante quanto após as ocupações, às fácies dos dois primeiros grupos. As segundas podem ser nucleadas em duas agências: a água e os agentes bióticos.

O principal papel da água inferido no abrigo é o produto das chuvas sazonais e percolações que levaram à dissolução de materiais, à recristalização e à cimentação. A própria origem da micrita presente em todas as seções tem, em parte, uma contribuição da água meteórica carregada em carbonatos que percola no paredão metacalcário e em parte o aporte da dissolução das cinzas da queima de material vegetal. Esse último aporte é mais visível nas fácies de *Mistura de materiais pirogênicos...*

Os processos de dissolução e recristalização são mais visíveis nas microfácies de *Cinzas* e de *Cinzas cimentadas com lente de carvão*. No primeiro caso, a boa preservação geral dos cristais de calcita pseudomorfa, a presença de revestimentos de calcita em torno de cavidades e o caráter localizado dos preenchimentos microespáticos que não chegam a ocluir por completo o espaço intra-poro, permitem inferir que não houve acumulação de águas quietas. Esses preenchimentos pontuais microespáticos podem ser formados pela exposição subaérea e/ou a influência de águas meteóricas (Flügel, 2004, p. 94-95). No caso da cimentação, o papel da água não é pós-deposicional em relação aos depósitos pirogênicos em que hoje se encontram as lentes e agregados (onde foram jogadas), mas provavelmente sin-deposicional. Isso pode ser explicado por ciclos de umidade/secagem aos que estiveram expostas as lentes que, não entanto, foram leves e permitiram a preservação de cinzas articuladas.

Os organismos não humanos tiveram um papel muito importante na alteração dos depósitos, algo em certa forma esperável num abrigo inserido na floresta tropical úmida (McAdams et al., 2019). Tanto a mesofauna quanto os microrganismos contribuem à humificação visível no sítio todo (com exceção da seção H) e que chega a obliterar componentes e transições sob o microscópio. As fábricas excrementais que caracterizam as microfácies ricas em matéria orgânica, são um claro exemplo de alteração pela mesofauna, que inclui minhocas e outros organismos que consomem e excretam material orgânico e mineral sólido (Kooistra; Pulleman, 2010). Além da bioturbação visível em seção delgada, há uma maior ocorrendo ainda hoje, que envolve a presença de animais de médio porte como os tatus, conforme indicado pela galeria observada em 2020 na base da seção E da quadra 120/109 que não estava presente em 2016. Esses animais têm um grande efeito na movimentação de materiais arqueológicos (Araujo; Marcelino, 2003; Araujo; Piló; Neves, 2010).

A fosfatização, um processo importante em muitos abrigos e cavernas do mundo (e.g., Shahack-Gross et al., 2004; Stephens; Rose; Gilbertson; 2017; Friesem et al., 2021), tem também um papel no sítio, embora de baixa magnitude. A maior contribuição foi observada na sucessão de *Cinzas* e de *Argila rubificada e cinzas* da quadra 127/110, com uma micromassa com setores fosfatizados. Análises de SEM/EDS evidenciaram o principal papel que os ossos, em alguns casos como fragmentos subarredondados tamanho silte grosso (Figura 77c-d), tem na contribuição à micromassa e à fração grossa. Isso confirma a importância da técnica na observação de ossos em depósitos antropogênicos (Schaefer et al., 2004). Por outra parte, a detecção por FTIR de hidroxilapatita carbonatada em amostras das fácies ricas em materiais pirogênicos da quadra 120/109 e das F5 e F7 indica que fosfatos estão presentes nos sedimentos do abrigo.

Em relação com o processo de fosfatização talvez o aspecto mais chamativo do sítio sejam os baixos teores de P disponível medidos nas colunas amostradas quando comparados com a amostra externa (71,00 mg kg⁻¹), com um máximo de 46,10 mg kg⁻¹ na F16. Para comparação, dados geoquímicos para solos do PETAR são escassos. Um estudo desenvolvido na próxima trilha da caverna Casa de Pedra, coletou tanto amostras da trilha quanto amostras de controle no solo florestado para determinar o impacto dos visitantes do parque no solo (Castro, 2004). O autor encontrou valores entre 5 e 12 mg kg⁻¹ nos solos de controle (Castro, 2004, Quadro 3), sendo, portanto, menores aos encontrados no abrigo.

Indicador típico de contribuições antrópicas e de depósitos antropogênicos (Holiday; Gartner, 2007; Costa et al., 2009; Glaser; Birk, 2012), a modo de comparação, os valores mínimos encontrados nas Lapas do Boquete e do Malhador, da região cárstica de Peruaçu (Estado de Minas Gerais) no Brasil estão sempre acima dos 100 mg kg⁻¹ e superam os 700 mg kg⁻¹ (Vasconcelos et al., 2013). Indícios para os teores baixos (sempre em comparação com a amostra externa) em Maximiano podem vir da comparação com sítios com camadas conchíferas na Região dos Lagos (litoral de Rio de Janeiro) que estão nas antípodas em termos de fosfatização, apresentando um fundo matricial rico em P ligado ao Ca, com valores muito além dos 200 mg kg⁻¹ (acima dos 5.000 mg kg⁻¹ em muitos casos) na maioria dos casos (Corrêa et al., 2011; Corrêa; Schaefer; Gilkes, 2013). Nesses contextos, os autores interpretam uma pedogênese de longa duração que libera o elemento P dos ossos de peixe, das plantas e das cinzas, e clima semi-árido e um ambiente alcalino que evitam a dissolução posterior dos fosfatos, preservando-os. O potencial

menor descarte de ossos e uma pedogênese ativa, mas limitada pela proteção do abrigo (sobretudo, no interior), podem estar por trás da menor disponibilização do P em solução (ver seção 7.2.7). A abertura de trincheiras *off-site* deverá, no futuro, caracterizar as diversas formas do elemento P e os correspondentes teores para comparar com o abrigo.

Por fim, outro processo observado e de grande importância é o do intemperismo. Ele é observado na mencionada transição F6/F7 aos 50-70 cm e na transição F2a/F3 aos 40-60 cm, e o fato de existir uma leve inclinação para fora na seção transversal do abrigo indica que se trata de uma superfície arenosa única existente na parte central. Superfície que descansa sobre a acumulação conchífera externa e sobre a acumulação de materiais pirogênicos interna.

Três hipóteses podem surgir para a gênese dessa superfície: ela é deposicional, ou seja, uma camada de areia colocada por seres humanos acima da camada de conchas; ela é pós-deposicional, o produto da exposição da camada conchífera ao intemperismo; ou ela é as duas coisas. Toda a evidência disponível aponta na segunda direção: se a camada for deposicional, não é possível explicar por que há uma diminuição no aporte orgânico, de carbonatos e de cinzas do lado de dentro do abrigo, quando de forma simultânea à ocupação que deixou o depósito conchífero esse aporte era grande; não há nenhuma indicação de pisoteio, ao contrário do que acontece acima de depósitos de acumulação conchífera em muitos sambaquis costeiros (a mencionada mF Tipo A1 de Villagran, 2019), que possa assinalar uma superfície de ocupação; há uma depleção (pedocarácter) de matéria orgânica, argila e micrita na m7b, que mostra perda de micromassa em meio aos mesmos grãos da mF8a; embora não tenha sido datada a F3 e F2b, a diferença de idades entre F7 e a F2a indica a presença de uma diferença de pelo menos 1058 anos (a ser detalhada na seção 7.2.7). Trata-se de um hiato deposicional, uma ausência na sedimentação, e uma alteração pela exposição à chuva, o vento, etc. (Araujo; Neves, 2010; Farrand, 2001a, b, p. 555). Implicações desse hiato são analisadas na seção 7.2.7.

7.2.6 Um sambaqui em abrigo?

O problema das camadas com conchas de gastrópodes do Maximiano deriva do citado problema dos gastrópodes em sítios arqueológicos em geral e, particularmente, em sítios abrigados. A diferença dos bivalves e outros moluscos aquáticos, os caracóis terrestres são muitas vezes suspeitos de terem chegado aos abrigos e cavernas de forma

natural, sobretudo, como parte dos seus ciclos de vida (Bonizzoni et al., 2009; Prous; Lima, 2019). A principal tensão que está por trás do problema e que fundamenta o ceticismo, e a que separa a presença natural das conchas da presença como consequência da busca humana por alimento. No primeiro caso, são incluídos não apenas os ciclos de vida dos animais, mas também, no caso dos sítios abrigados, o transporte ocasional por meio dos rios ou d'água em geral, fluxos gravitacionais, queda desde os paredões ou através de feições como chaminés e introdução por parte de predadores como as aves e os carnívoros (Bonizzoni et al., 2009; Girod, 2011; Hunt; Hill, 2017). No segundo caso, tende-se a assumir que o principal apelo da coleta ou aproveitamento dos caracóis foi o alimentício, e isso tem, pelo menos na literatura do Velho Mundo (Lubell, 2004; Taylor; Bell, 2017), estreita relação com o tipo de acumulação antropogênica que se pressupõe por trás de muitos sítios: as lixeiras ou *middens*.

Antes de se passar a uma discussão sobre as lixeiras e sua relação com os resultados desta Tese, é necessário deixar em claro o problema principal da discussão sobre os caramujos. O estudo do uso dos *Megalobulimus* spp, *Thaumastus* spp e outros gastrópodes como alimento por parte dos habitantes pré-cabralianos do sítio Abrigo Maximiano está por fora dos objetivos deste trabalho. Só uma pesquisa de cunho zoológico, realizada com material coletado e quantificado sistematicamente em diferentes frações de sedimento escavado no abrigo, de acordo com específicos protocolos, junto com estudos experimentais, etnoarqueológicos e tafonômicos poderá, eventualmente, estabelecer forma de consumo e usos não alimentícios desses animais no passado. O uso como alimento importa à geoarqueologia unicamente em tanto que processos de descarte do material consumido possam deixar evidências deposicionais reconhecíveis (algo discutido na seção 1.2). Isso pode envolver depósitos de restos de comida ou a alteração de um depósito (e.g. por meio da varredura) onde as conchas foram descartadas. Em tudo caso, se todos os gastrópodes tivessem chegado sozinhos ao abrigo, alguns deles se enterrado, morrido e tido suas conchas fragmentadas ainda seria de interesse geoarqueológico saber como eles acabaram fazendo parte de depósitos com materiais arqueológicos macro e microscópicos.

O termo *midden* em inglês (lixeira, em português) tem origem escandinava e indica, na sua acepção mais extensa, uma acumulação de rejeito ou materiais descartados em relação a um lugar de habitação (Stein, 1992, p. 6). Numa análise crítica do conceito, Needham e Spence (1997) consideram os *middens* como depósitos ricos em rejeitos

produzidos pela acumulação deliberada e sequencial num lugar, claramente distinguível de outros tipos de acumulações incidentais de rejeitos (e.g. materiais jogados “em trânsito” de Schiffer, 1978, p. 64; materiais varridos ou chutados). O carácter formalizado e episódico do acúmulo de refugo é aceito como um indicador típico dos depósitos de lixeira (Beck; Hill, 2004; Needham; Spence, 1997), embora possam apresentar complexos cenários deposicionais (Shillito, et al. 2011; Shillito; Matthews, 2013).

No caso das acumulações de conchas de moluscos, o termo *shell-midden* tem sido utilizado na literatura anglófona para designar um típico tipo de sítio arqueológico encontrado, sobretudo, em áreas costeiras do mundo (Andersen, 2000; Marquardt, 2010; Stein, 1992). Esse conceito adiciona mais uma camada de complexidade, em tanto que em muitos casos os sítios não constituem lixeiras próximas a lugares de habitação (a acepção clássica do conceito de *midden*) e na maioria dos sítios não representam apenas a atividade de coleta de conchas de moluscos, estando elas misturadas com um vasto registro faunístico, artefactual, arqueobotânico, etc. O problema do uso do termo tem também a ver com o carácter construtivo, sobretudo dos sítios estratificados de alturas decamétricas e morfologia monticular, conhecidos em inglês como *shell-mounds*, encontrado em algumas áreas do mundo (Saunders, 2017), incluídos os sambaquis do Brasil (De Blasis, et al. 2007; Gaspar, 2000; Gaspar et al., 2008). Por fim, o termo *shell-midden* é problemático pelo pressuposto, mais acima introduzido, de que as conchas são o produto exclusivo do descarte alimentar, de dietas baseadas no consumo de moluscos (Claassen, 1998; Figuti, 1994; Klokler; Gaspar; Scheel-Ybert, 2018).

Indo para uma ótica geoarqueológica, vistos como tipo de estrutura antropogênica, para além das importantes discussões sobre cultura material associada, filiação cultural, sistemas de assentamento, monumentalidade, etc. (ver no caso brasileiro e.g. De Blasis, et al., 2007; Figuti et al., 2013; Fish et al., 2013; Gaspar et al., 2008; Pugliese; Zimpel; Neves, 2017), os sambaquis são sítios de matriz de conchas (*shell-matrix sites*) os quais, segundo Villagran (2019, p. 345), com base em Andersen (2000), se definem pela presença de ao menos uma camada ou depósito construído pelo ser humano com um mínimo de 50% de conchas completas ou fragmentadas na composição. Dentre os sítios de matriz de conchas, a autora diferencia os *middens* de conchas com descarte secundário, dos citados montículos de conchas construídos como parte de um projeto arquitetônico, e dos sítios contenedores de conchas em geral (*shell-bearing sites*) sem nenhuma atribuição funcional específica (Villagran 2019, p. 345). Nos sambaquis da costa sul

catarinense, a classificação segundo a matriz, realizada por Giannini et al. (2010, p. 111) e Villagran (2012, 2014), discrimina entre: sítios de padrão conchífero, com interstratificação de lâminas conchíferas centimétricas a decimétricas e lâminas mais delgadas de sedimentos pretos; sítios de núcleo quartzo-arenoso, monticulares e maciços, com camada decimétrica de areia com conchas, por vezes lamosa e rica em matéria orgânica; montículos ictiológicos, com misturas maciças de areia com ossos de peixe, conchas, carvão, ossos queimados, fragmentos líticos e cerâmicos, que corresponderiam a sítios mistos com presença da Tradição Itararé-Taquara.

Após essa importante digressão conceitual: Há sítios de matriz de conchas de gastrópodes em abrigos e cavernas? É o Abrigo Maximiano um sítio de matriz de conchas? A primeira pergunta foi avançada mais acima, citando trabalhos no Velho Mundo. Os denominados *escargotières* (do francês *escargot*, caramujo), depósitos ricos em conchas de gastrópodes, são encontrados tanto a céu aberto quanto em abrigos e cavernas em ocupações das culturas Capsiana e Iberomaurusiana da transição meso-neolítica do norte da África (Lubell, 2004). O fenômeno é também encontrado no Mediterrâneo europeu, em diferentes ocupações da transição Pleistoceno tardio – Holoceno inicial de regiões como os Pirenéus, na Espanha, no Portugal, na Itália e na Croácia (Girod, 2011; síntese em Taylor; Bell, 2017). Conchas de indivíduos do gênero *Helix* são os típicos constituintes em alguns desses depósitos, além de outros gastrópodes, fauna, artefatos e plantas carbonizadas. Dentre outros exemplos, pode ser citado o estudo geoarqueológico no sítio de Ifri Oudadane no norte do Marroco por Listadter e Kehl (2012) que contém conchas de gastrópodes dentre os moluscos utilizados; e o estudo de Rabett et al. (2011) no norte do Vietnã, num *midden* abrigado de conchas desses animais.

Sítios de matriz de concha em abrigos são também conhecidos no Brasil. Conforme referido, Collet (1985, p. 316, 323; 2001, p. 341) enfatizava a presença de sambaquis ou de sítios conchíferos na área frontal de alguns abrigos e na entrada da caverna do Morro Preto, escavada por Krone (1909). O fenômeno tem sido encontrado em alguns lugares da costa brasileira, embora com presença principal de bivalves, associado com a ocupação (culturalmente) sambaquieira litorânea, no litoral sul e região de Cabo Frio do Estado de Rio de Janeiro (Mendonça de Souza, 1977; Mendonça de Souza; Mendonça de Souza, 1982, p. 122-123), no norte da ilha maior do município da Ilhabela no litoral norte do Estado de São Paulo (Bendazzoli et al., 2009) e no norte do Estado de Santa Catarina (Bandeira et al., 2018).

A segunda pergunta acima enunciada pode simplesmente ser respondida com um “sim”: o Maximiano é um sítio de matriz de conchas. Ele apresenta pelo menos uma camada com mais de 50% de conchas de moluscos (a F7). Ele apresenta um grupo de fácies com microfácies tipicamente encontradas nesse tipo de sítios no mundo todo. E ele apresenta outros depósitos onde as conchas constituem um componente menor, mas fazem parte de acumulações antropogênicas. Em soma, do ponto de vista geoarqueológico, ele é um sambaqui. O problema da relação cultural com o fenômeno sambaqueiro, tanto do vale do Ribeira, quanto do litoral Atlântico, passa por todo um conjunto de análises de cadeias operatórias artefatuais, etc., que está por fora dos objetivos desta Tese. Mas é preciso examinar qual a relação que ele tem com a inserção dos sambaquis fluviais do vale do Ribeira de Iguape.

7.2.7 Histórias abrigadas na Mata Atlântica: o sítio Abrigo Maximiano na ocupação da floresta do vale do Ribeira de Iguape

Na relação Maximiano – sambaquis fluviais é melhor se começar pela síntese cronológica dos processos de formação do abrigo:

- 1) Sepultamento e outras atividades, 11.712-10.699 cal AP: trata-se da ocupação datada por Collet (1985) no sepultamento da quadra 114/112. Devido ao colapso das seções, este momento não foi analisado neste trabalho. Escavações sistemáticas e novas datações (agora por AMS) realizadas em carvão e em sepultamentos deverão confirmar essa antiguidade do sítio e a estratigrafia e relação desses depósitos com os aqui estudados;
- 2) Possível paleosuperfície na F8: os depósitos melânicos orgânicos basais acima dos quais foram construídas as camadas conchíferas nas quadras 120/107 e SV podem ter constituído superfícies estáveis, de acordo com os dados químicos disponíveis na primeira. O aprofundamento da escavação nesses setores e análises micromorfológicas poderão acrescentar evidências nessa direção;
- 3) Construção do depósito conchífero da F7, 8.974-8.481 cal AP: consiste na deposição, por meio do jogado, de materiais de diversa origem que dão lugar à

Mistura de fragmentos de concha e outros componentes. Apesar de não se dispor de datações, a profundidade em que se encontra faz pensar que a camada rica em fragmentos de concha da F15, caracterizada pela sucessão de microfácies *Lenticulares estratificadas*, possa ser contemporânea. Neste caso, se trata da deposição de camadas de materiais de estruturas de combustão com material conchífero que constituíram superfícies ocupadas e transitadas;

- 4) Estruturas de combustão do setor W, anteriores a 7.931-7.713 cal AP: constituem a sucessão de eventos de combustão e o seu retrabalhamento identificadas na base da quadra 127/110. Não pode se descartar que elas sejam contemporâneas com a construção do depósito conchífero e que constituam uma área de atividades central dessa ocupação;
- 5) Possível abandono e erosão: aglutina as evidências de intemperismo da camada arenosa encontrada na transição F7/F6 e F2a/F3, com a existência de uma pausa na deposição de sedimento, pelo menos na porção central do abrigo. Pode se tratar do abandono do abrigo, por um período mínimo de 1.058 anos, de acordo com a diferença entre os desvios padrão das idades radiocarbônicas calibradas disponíveis para a F7 e a base da F2a;
- 6) Retrabalhamento de estruturas de combustão W e acumulação de material pirogênico interno, ca. 7.931-7.696 cal AP: trata-se dos depósitos orgânicos com cinzas escavados em 2016 na base da quadra 114/111, por volta do 1,95 m de profundidade, cuja natureza deposicional é desconhecida. Potencialmente, os depósitos ricos em cinzas da F4 e as lentes de cinzas cimentadas são contemporâneas deles. Ao mesmo tempo (apesar de estarem aos 85 cm de profundidade, tem a mesma idade), as estruturas de combustão do setor W estão sofrendo retrabalhamento visível na F12;
- 7) Acumulação de material pirogênico no interior do abrigo e construção de camadas de concha subhorizontais, ca. 7.563-7.164 cal AP: consiste no momento com mais idades radiocarbônicas disponíveis (N = 9). Trata-se do segundo grande momento (caso datações futuras provem que não existe diferença entre o momento 1 e o

momento 4) de jogado, ancinagem, etc., de material queimado e outros componentes no interior do abrigo. A idade de 7.153-6.796 cal AP, obtida na F2a, sai um pouco fora do momento, mas indica a continuidade das mesmas atividades de acúmulo, pelo menos, no setor interno do abrigo. De forma concomitante, é formada a F11 no setor W por meio do lançamento de conchas inteiras e fragmentos de concha e outros materiais. Não pode ser descartado que este momento “recente” tenha envolvido os sepultamentos próximos da superfície encontrados por Collet (1978c) na quadra 119/110 (SI – C) e outros remanescentes humanos superficiais por ele mencionados;

- 8) Formação do HzA recente e atividades humanas recentes (post-cabralinas): o último momento consiste na pedogênese visível na sequência F1b/F5, que envolve a formação de um horizonte A. Atividades humanas recentes podem ter contribuído para a formação da F1a, rica em cinzas calcíticas e com potenciais evidências de alteração térmica. O próprio Collet (1978a, p. 5) observou “fogueiras recentes, armadilhas, milho disposto para acostumar os animais a frequentar o abrigo, palmitos cortados e retirados em frente ao sítio”.

Esses diferentes “momentos”, que envolvem distintas atividades humanas e processos formativos, devem ser comparados com os períodos de construção dos sambaquis fluviais do vale do Ribeira de Iguape, segundo a periodização de Figuti, Plens e De Blasis (2013), sintetizados na seção 2.2.3:

- 1) Período 1, área de Jacupiranguinha: 10.551-10.243 a 9.546-9.296 cal AP. Corresponde à construção dos componentes inferiores dos sambaquis Capelinha I e Batatal I. Sob estrito rigor (i.e., utilizando as idades calibradas), esse período não seria contemporâneo com a idade recuada de Collet (1985), o momento 1 do abrigo, o que, obviamente, dependerá de trabalhos sistemáticos e ulteriores datações. Usando o mesmo rigor, a construção do depósito conchífero da F7 (momento 3) não seria contemporânea, mas seria próxima à última idade do período. Ela também seria próxima ao último sigma da calibração da idade dos caramujos do Capelinha de Collet (1985), de 10.500 ± 1.500 AP (15.890-8.447 cal AP);

- 2) Período 2, expansão e dispersão regional: 7.943-7.611 a 3.972-3.573 cal AP. Corresponde à construção de componentes e sítios nas bacias de Jacupiranguinha e Juquiá (a nordeste). O começo desse período, que envolve o começo da ocupação do sambaqui Laranjal na bacia do Juquiá, seria contemporâneo ao momento 6 de retrabalhamento no setor W e acumulação de resíduos de combustão e outros no setor central. Já o sepultamento no. 5 de Capelinha I (7.152-6.749 cal AP) e o início da ocupação no sambaqui Moraes (6.791-6.502 cal AP) seriam contemporâneos com a última idade obtida para o momento 7 de acumulação de materiais.

Além da comparação cronológica, é de fundamental relevância a comparação estratigráfica com os sambaquis fluviais. Até o momento de depósito da presente Tese, o único estudo de caráter geoarqueológico de que se dispõe nos sambaquis fluviais do Ribeira é o apresentado originalmente na tese de Plens (2007) e publicado anos depois por Teixeira et al. (2012). Trata-se do estudo sobre o mencionado sítio Moraes, da bacia do Juquiá, onde os autores descreveram uma seção de aproximadamente 180 cm do topo à base, que compararam com dados de uma seção externa no solo local (Argissolo Vermelho Amarelo). No trabalho, tiveram a possibilidade de comparar cinco camadas da estrutura monticular com as camadas subjacentes sobre as que ela repousa, que constituem um solo soterrado natural (pré-sambaqui). Os autores aplicaram granulometria e uma série de técnicas geoquímicas habituais na ciência do solo brasileira, algumas das quais foram empregadas nesta pesquisa, incluindo o pH em água e KCl, COS, P disponível e bases trocáveis.

Uma simples comparação dos dados dos indicadores comuns medidos para os dois sítios (Figura 102a-f) permite observar que os únicos elementos que apresentaram diferenças significativas na comparação de quadra para quadra foram o P disponível e o cátion Mg^{2+} . Obviamente, o fato de se terem amostras pequenas para Moraes suscita uma enorme cautela nessa comparação. No entanto, é destacável a semelhança química que há entre esses dois sítios com camadas conchíferas do vale do Ribeira de Iguape.

As diferenças na fração disponível do elemento P (em Moraes, valores entre 78 e 697 mg kg⁻¹, Teixeira et al., 2012) chamam a atenção para o que já fora destacado sobre

os baixos teores encontrados em Maximiano, quando comparados com a amostra externa de controle (seção 7.2.5). Há em Moraes uma maior disponibilização do elemento, sujeito ao intemperismo a céu aberto, e uma migração para as camadas pré-sambaqui. Já as diferenças nos teores do cátion Mg^{+2} podem estar apontando para a alta contribuição das cinzas calcíicas que foi observada no Maximiano e consequente formação da micrita secundária, elevando os teores na solução dos depósitos.

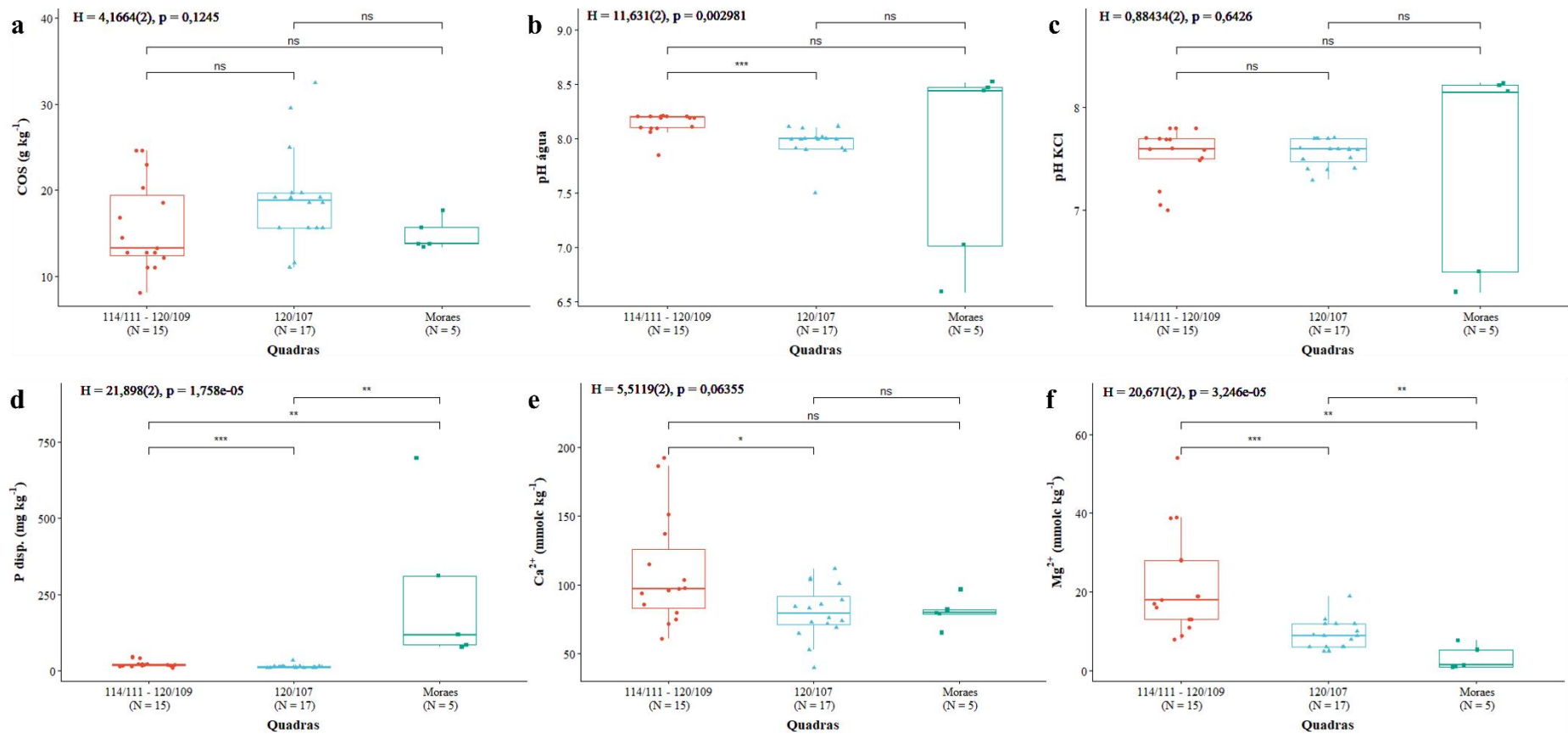


Figura 102 – Comparação dos dados das quadras internas (120/109 e 114/111) e expostas (120/107) do sítio Abrigo Maximiano com as amostras das cinco camadas arqueológicas do sambaqui fluvial Moraes (Teixeira et al., 2012, Tabela 2), em termos de COS (a), pH em água (b), pH em KCl (c), P disponível (d), Ca^{2+} (e) e Mg^{2+} (f). Notar ausência de diferenças significativas no teste de Kruskal-Wallis (H) para dois graus de liberdade no COS, pH em KCl e Ca^{2+} . Significância nos testes par-a-par de Wilcoxon: ns = diferenças não significativas ($p > 0,05$), ** = diferenças significativas ($p \leq 0,01$), *** diferenças significativas ($p \leq 0,001$), **** diferenças significativas ($p \leq 0,0001$). Com exceção do P disponível e do Mg^{2+} , nenhum dos indicadores exibiu diferenças significativas nas comparações quadra a quadra.

Para além dos dados químicos, há outras observações interessantes realizadas por Plens (2007) sobre os depósitos de Moraes que têm relevância para o Abrigo Maximiano. Essas observações podem ser utilizadas para visualizar padrões estratigráficos comuns aos diferentes sambaquis fluviais do vale do Ribeira de Iguape com os sintetizados em Maximiano.

Em primeiro lugar, Plens (2007) destaca a presença de “bolsões” e “montículos” de fragmentos de concha de *Megalobulimus* spp. Essas acumulações teriam sido colocadas acima dos sepultamentos, nas camadas 2, 3 e 4 do sítio, tendo, para a autora, a finalidade de preservar os remanescentes ósseos ali sepultados (Plens, 2007, p. 217-220; ver também Fotos 12 e 13 nesse trabalho). O material lítico lascado estava disperso junto com o material conchífero nesse e outros tipos de depósitos do sítio, o que indicaria que faziam parte dos sedimentos trazidos de fora do sítio e não foram especialmente colocados em lugares concretos. É interessante pensar se a F7, semelhante a esse tipo de depósitos, não teve a mesma finalidade construtiva associada com sepultamentos no Maximiano. Só escavações futuras poderão responder essa pergunta.

Depósitos conchíferos ricos em fragmentos e ocasionais conchas inteiras de *Megalobulimus* spp. conhecidos por vários autores como “bolsões”, com frequentes materiais líticos e faunísticos, são moeda corrente em diversos sambaquis fluviais. Conforme mencionado na seção 2.2.2, já Collet e Prous (1977) chamaram a atenção para a presença desses depósitos no sambaqui Januário. Camadas desse tipo de entre 10 e 35 cm de espessura foram reportadas por Barreto (1988), quem destacara a presença de uma matriz orgânica escura. Tognoli (2016, p. 54-56, p. 59) relatou a presença desses “bolsões” em camadas escuras conchíferas de até 50 cm de espessura no sambaqui Caraça e de até 1 m no sambaqui Tatupeva (ambos na região de Itaóca, que reuni os sambaquis fluviais mais recentes). Fica claro que essas acumulações de materiais conchíferos com predominância de gastrópodes e de outros materiais, como o encontrado na F7 e microfácies relacionadas, fazem parte de um padrão, transmitido culturalmente, que se manteve ao longo dos milênios.

Em segundo lugar, Plens (2007, p. 219) menciona o uso do sedimento “de origem aluvial” rico em argila do córrego situado nas proximidades do sítio para a sua construção. A argila também faria parte de grânulos de entre 2 e 4 mm (agregados). O uso de sedimentos das proximidades de corpos d’água foi também encontrado no sítio Abrigo

Maximiano, conforme indicado pela presença de géneros de diatomáceas de água doce nas fácies *Lenticulares estratificadas*.

Por fim, um aspecto que é necessário mencionar diz respeito das condições paleoclimáticas e paleoambientais em que se deu a ocupação do Maximiano. Os estudos das razões isotópicas do oxigênio em espeleotemas, em particular do coletado na caverna Santana, constituem com o principal registro das variações milenares na pluviosidade na região. Na Figura 103, os valores isotópicos para o espeleotema St8 (Cruz et al., 2006) são plotados segundo idades U/Th dos últimos 13.000 anos modeladas por interpolação linear (a) e bayesiana (b), usando, neste último caso, o pacote *rBacon* do R (Blaauw; Christen, 2011; Blaauw et al., 2019). Tanto os dados isotópicos quanto as idades já analisadas e interpoladas foram obtidas na base de dados SISAL (Atsawawaranunt et al., 2018), na sua segunda versão (Comas-Bru et al., 2019, 2020a, 2020b), que compila dados de espeleotemas do mundo todo. O evento climático abrupto conhecido como Younger Dryas, entre ca. 12.870 e 11.700 AP (indicado com retângulo cor de rosa na Figura 103), envolveu o esfriamento em altas latitudes no hemisfério norte o que afetou a tendência ao aquecimento gradual após o Último Máximo Glacial (Cheng et al., 2020). No Sudeste e Sul do Brasil, foram registradas condições de alta pluviosidade durante o Younger Dryas (síntese em Deininger et al., 2020).

Quando as idades radiocarbônicas calibradas do abrigo são comparadas com os valores isotópicos (Figura 103a-b) é possível observar que o começo da ocupação humana (caso seja aceita a única idade obtida por Collet) teria ocorrido imediatamente após o Younger Dryas, com a instalação de condições menos úmidas que caracterizam o início do Holoceno. De acordo com o estudo de isótopos ($\delta^{13}\text{C}$) de MO de Saia et al. (2008), desenvolvido em parte no PETAR, a dinâmica da Mata Atlântica não foi grandemente afetada por essas condições mais secas, pelo que seriam esperados ecossistemas florestados desde o começo da ocupação (ver também Pessenda et al., 2009 e análise de Ledru et al., 2015).

Voltando para os dados de Santana (Figura 103a-b), a construção do depósito bioclástico da F7 teria tido lugar depois da fase de redução brusca da pluviosidade do começo do Holoceno Inicial. É importante assinalar que o começo da construção do sambaqui Cumbriu Grande na Ilha do Cardoso, ca. 8.981-8.428 cal AP, seria contemporâneo com a F7 (Calippo, 2004, p. 80). As condições seriam, além de mais úmidas, quentes, a partir dos 9.440 cal AP de acordo com os resultados palinológicos e

isotópicos da Estação Ecológica de Juréia-Itatins (Medeiros, em De Oliveira et al., 2014, p. 464). Essa fase quente estaria já instalada no Sudeste desde pelo menos 12.000 AP, de acordo com os mencionados dados de Pessenda et al. (2009) em Curucutu.

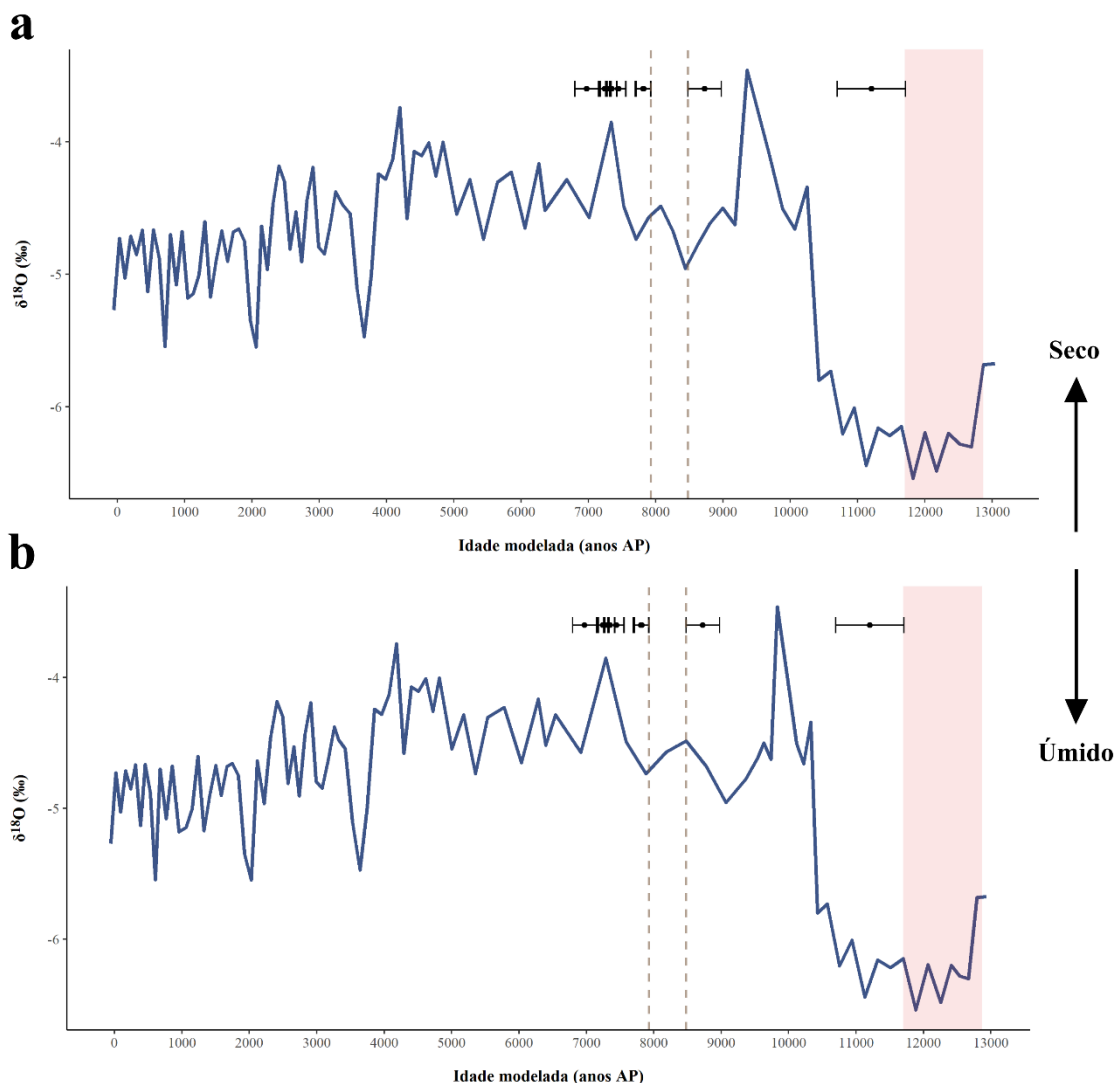


Figura 103 – Comparação dos valores isotópicos de oxigênio obtidos para o espeleotema St8 da caverna Santana com as idades radiocarbônicas calibradas a 2σ (barras de erro) do sítio Abrigo Maximiano. O retângulo cor de rosa indica o período Younger Dryas (12.870 – 11.700 AP, segundo Cheng et al., 2020). As linhas tracejadas assinalam o hiato deposicional mínimo entre a F7 e a base da F2a. Apresentam-se idades U/Th interpoladas linearmente (a) e com o método bayesiano do pacote *rBacon* do R (b). Dados do espeleotema publicados por Cruz et al. (2006) e retirados, com idades já modeladas, da base de dados mundial SISALv2 (Comas-Bru et al., 2020a).

O hiato ocupacional na transição F7/F6 e F2a/F3, indicado com linhas tracejadas em sua extensão mínima entre os sigmas das idades na Figura 103a-b, teria ocorrido num momento de instabilidade, em meio a condições no geral úmidas (nunca tão úmidas

quanto no Younger Dryas ou o UMG), mas com um pulso de menor pluviosidade após o começo do Holoceno, entre ca. 8000 e 8.500 AP. Vale ressaltar que, regionalmente, as ocupações do período 2 dos sambaquis fluviais também começam após os 8000 anos AP, com a mencionada dispersão em diferentes setores da bacia do Ribeira. Globalmente, o período compreendido entre essas datas se corresponde com um evento de mudança climática rápida conhecido como o “evento 8.2 ka AP”, que trouxe condições mais frias e secas para o hemisfério norte durante cerca de 200 anos, como consequência da liberação d’água doce contida em dois grandes lagos post-glaciares no leste da América do Norte que mudou os padrões de circulação termohalina no Oceano Atlântico Norte (Alley; Ágústssdóttir, 2005). O impacto desse evento na América do Sul tem recebido alguns estudos específicos de espeleotemas (Cheng et al., 2009; Bernal et al., 2016), embora ainda sejam poucos. Para o sul do Brasil, na caverna de Botuverá (SC), Bernal et al. (2016) registraram uma anomalia isotópica negativa de ao redor de 170 anos por volta dos 8000 AP, indicando condições úmidas, algo também observado na Gruta do Padre (BA) por parte de Cheng et al. (2009). Estudos texturais e de diversos indicadores geoquímicos desenvolvidos num núcleo sedimentar coletado em paleolagoa em Juréia-Itatins por parte de Sallun et al. (2012) encontraram altas taxas de sedimentação de fontes continentais e uma alta variabilidade elementar ao redor de 8375 cal AP, que os autores vinculam com a intensificação das monções de verão.

O importante de ressaltar aqui, é que, conforme já mencionado no Estudo de caso 1, a instabilidade climática foi a principal característica do Holoceno Médio (ca. 8.200-4.200 AP) não apenas na Região Sudeste do Brasil, mas também em outras partes do país e da América do Sul, o que teve um forte impacto nas populações humanas (Araujo et al., 2005; Araujo, 2013). Os *shocks* climáticos da primeira metade do Holoceno Médio provocaram fortes diminuições demográficas subcontinentais (Riris; Arroyo-Kalin, 2019) e é, portanto, pertinente pensar que eles possam ter tido um impacto no abandono do Maximiano após a construção da camada conchífera F7.

A principal ocupação do sítio, do momento 4 em diante, teria ocorrido em clima mais seco do que o atual, mas não tanto quanto o presente no começo do Holoceno e no final do Holoceno Médio (Figura 103a-b). Tanto a re-ocupação do sítio quanto a contemporânea regionalização do fenômeno sambaqui fluvial no vale, após ca. 7.930 cal AP, teriam tido lugar em condições gerais quentes semelhantes às predominantes por volta dos 9.440 cal AP de acordo com Medeiros (em Oliveira et al. 2014, p. 464). Os

dados de Sallun et al. (2012) para a Juréia indicam a presença de áreas inundáveis, interpretada como resultado do aumento no nível marinho após os 7470 cal AP. É possível pensar, portanto, também no impacto que as oscilações no nível do mar tiveram na re-ocupação do sítio e nas dispersões regionais em diversas áreas no fenômeno sambaquieiro no Estado de São Paulo (Calippo, 2010).

Futuros estudos sistemáticos no abrigo, e comparação com sítios conhecidos e não descobertos, deverão aportar para o conhecimento do povoamento regional dos construtores de sambaquis fluviais. Estudos de diferentes indicadores paleoambientais numa escala regional poderão estabelecer quais as condições existentes durante os diferentes momentos de ocupação do sítio.

CONCLUSÕES

Esta Tese de Doutorado visou aportar ao entendimento das relações entre pessoas e substrato em três sítios arqueológicos em abrigos, por meio de dois estudos de caso de cunho geoarqueológico. No Estudo de caso 1, o sítio Abrigo do Alvo e o sítio Abrigo Roncador, ambos abrigos em arenito ocupados no Holoceno Médio e Tardio, localizados na região centro-leste do Estado de São Paulo (Sudeste do Brasil), na bacia do rio Corumbataí, foram comparados para determinar contribuições antrópicas aos depósitos e para desvendar o papel de processos deposicionais e pós-deposicionais na preservação de materiais como os ossos. No Estudo de caso 2, o sítio Abrigo Maximiano, um abrigo em rocha metacarbonática ocupado no Holoceno Inferior e Médio, inserido na região sul do Estado de São Paulo, no vale do rio Ribeira de Iguape, foi objeto de uma análise única, tanto para caracterizar as diferentes atividades e processos humanos que levaram às aparentes acumulações antrópicas observadas em campo, quanto para determinar a origem humana ou não humana das diversas camadas com conchas de gastrópodes presentes no sítio.

A aproximação geoarqueológica esteve baseada nos conhecimentos hoje existentes sobre diferentes classes de depósitos geogênicos, antropogênicos e biogênicos e suas misturas, ancorado no estudo microarqueológico e arqueométrico de base macro e microestratigráfica (Capítulo 1). Esse embasamento foi aplicado a sítios de duas regiões muito diferentes (Capítulo 2): uma inserida nos ecótonos do Cerrado e da Mata Atlântica e a outra nesta última: uma reunindo ocupações de diferentes tradições, com um forte componente lítico, e a outra evidenciando também transições culturais, com importante presença de sítios construídos como os sambaquis fluviais. Os sítios foram entendidos no âmbito dos efeitos das economias de pequena escala no assentamento, no uso de pirotecnologias e na relação com os animais, sob uma geoarqueologia dos diferentes processos deposicionais e pós-deposicionais, antropogênicos e não antropogênicos, dos abrigos e cavernas (Capítulo 3). Com específicos objetivos em cada Estudo de caso, os métodos visaram o diálogo entre o campo e o laboratório, se ajustando, na medida do possível, aos problemas de cada sítio (Capítulo 4). Dados macro e microestratigráficos, contagens de microvestígios derivados da queima de material vegetal, granulometria, pH, elementos majoritários (COS, P disponível, bases trocáveis e óxidos), minoritários e traço (INAA), e minerais (FTIR) permitiram dar uma visão global dos processos.

Os resultados obtidos para o Estudo de caso 1 (Capítulo 5) mostraram as grandes diferenças que podem existir mesmo entre sítios de igual material parental e próximos geograficamente como o Alvo e o Roncador. Após discutidos (Capítulo 7), eles podem ser brevemente sintetizados em:

a) O principal aporte sedimentar em ambos os sítios é o geogênico, sob a forma da desintegração do arenito-mãe, tanto da base quanto dos blocos ou *éboulis* caídos do teto;

b) O sítio Abrigo Roncador pode ser considerado como o “sinal geogênico de base” regional dos abrigos da Formação Botucatu na bacia do rio Corumbataí, devido à grande semelhança em termos químicos e mineralógicos dos seus depósitos com os dados petrográficos conhecidos para a região. As contribuições antrópicas que possam ter mudado esse sinal de base estão hoje obliteradas, apagadas por processos pós-deposicionais e requerem de aproximações distintas às usadas neste estudo;

c) Não há evidência que aponte para a presença pretérita de ossos no sítio Abrigo Roncador, com base unicamente no modelo de cascata de reações diagenéticas utilizado. No entanto, as intensas condições hidrológicas e a alta acidificação afetando o sítio, no ambiente tropical do que ele faz parte, podem ter acelerado a cascata dos minerais autigênicos ou gerado outras trajetórias diagenéticas que deverão ser objeto de outros estudos e experimentos;

d) Acima do sinal geogênico, percebido sobretudo nas unidades basais, a maioria dos depósitos do sítio Abrigo do Alvo apresenta um maior enriquecimento em elementos majoritários, minoritários e traço, ligado a atividades humanas, com uma maior visibilidade desse efeito em três situações estratigráficas, uma possível estrutura de combustão na base da quadra H12, uma concentração de ossos e carvão na transição U8c para a U6 na quadra J12 e uma possível feição na U3, quase no topo desta última;

e) A dinâmica instável do Holoceno Médio, com ambientes de campos abertos, mas com presença de elementos florestais nas escarpas das *cuestas*, pode ter contribuído tanto à ocupação humana quanto à queda dos blocos que selaram os fundos cônicos dos abrigos, criando um registro sedimentar. A dinâmica atual das chuvas torrenciais, com o maior registro pluviométrico da bacia no setor norte, pode ser o principal fator por trás da forte alteração do registro em Roncador.

Os resultados obtidos no Estudo de caso 2 (Capítulo 6) permitiram observar a grande diversidade interna que os depósitos de um sítio abrigado podem apresentar. Uma vez discutidos (Capítulo 7), podem ser assim sintetizados:

a) Os depósitos do sítio Abrigo Maximiano são antropogênicos, havendo fácies ricas em conchas de gastrópodes e outros componentes, fácies ricas em materiais pirogênicos e fácies ricas em matéria orgânica;

b) Os grupos de microfácies permitiram evidenciar atividades como: o jogado de fragmentos de concha e outros componentes como lítico e ossos queimados até a calcinação e não queimados, criando misturas retrabalhadas na F7; a disposição sub-horizontal de conchas lançadas ou colocadas; o arranjo de sequências estratigráficas definidas de lentes cinzas e outros materiais seguidas de lentes de conchas; a criação de estruturas de combustão em pelo menos um setor do sítio, em ocupação potencialmente recuada; a extensa acumulação de cinzas, carvão, ossos e outros no centro mais abrigado do sítio, potencialmente relacionada com fogueiras escavadas por Collet;

c) O sítio apresenta claras camadas construtivas, incluindo uma com mais de 50% de conchas na sua composição, que permitem considerá-lo como um sambaqui, um sítio de matriz de conchas. Não há evidências de que os *Megalobulimus* spp. e *Thaumastus* spp. utilizados (dentre outros que só um estudo zooarqueológico poderá determinar) tenham se sepultado nos sedimentos de forma natural. Há evidências de que pelo menos parte da matriz do sedimento vem de fora do abrigo, em proximidade a cursos d'água, conforme indicado pelas diatomáceas;

d) Há uma forte bioturbação e pedogênese afetando o sítio, sobretudo, na parte mais exposta às intempéries, mas também evidente em galerias de tatu que hoje contribuem ao colapso das seções abertas por Collet. Essas alterações pós-deposicionais não chegam a eliminar de forma completa os grãos de cinzas calcíticas, que se encontram bem preservados mesmo na porção sujeita à pedogênese recente (gerando o horizonte A visível na F1a) na quadra 120/107;

e) O sítio apresenta uma relação cronológica com pelo menos um dos períodos de ocupação dos adjacentes sambaquis fluviais do vale do rio Ribeira de Iguape, de expansão regional no Holoceno Médio e começo do Tardio. A relação da idade mais recuada coletada com o período inicial, de ocupação na área de Jacupiranguinha deverá ser provada com estudos posteriores;

f) O sítio apresenta também uma clara relação estratigráfica com os sambaquis fluviais, possuindo uma relação com alguns indicadores químicos medidos num desses sítios, o contemporâneo sambaqui Moraes;

g) O começo da ocupação do sítio pôde ter estado relacionado com a melhoria gradual nas condições paleoclimáticas após o Younger Dryas, com presença de ambiente florestado. A construção do depósito bioclástico da F7 teria ocorrido após o começo seco do Holoceno, havendo um hiato ocupacional potencialmente relacionado com mudanças climáticas abruptas ao redor dos 8.000 cal AP. A principal ocupação do sítio, entre ca. 7.900 e 6800 cal AP, relacionada com a expansão e diversificação regional dos sambaquis fluviais do Ribeira, teria acontecido em condições mais secas, mas não tanto quanto as encontradas no começo do Holoceno Inicial e fim do Holoceno Médio. Um ambiente florestado quente teria também estado presente na região.

Este estudo constituiu mais um aporte ao desenvolvimento da crescente geoarqueologia no Brasil e na América Latina. Só abordagens geo e microarqueológicas multi-técnicas em abrigos e cavernas, como as que esta pesquisa apenas chegou a implementar, podem desvendar o enorme potencial que eles têm para informar sobre os seres humanos e a relação com o substrato.

REFERÊNCIAS³³

Ab'Saber AN. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*. 1970;(20):1-26.

Abbott JT. Stratigraphy and geoarchaeology of the Red Canyon Rockshelter, Crook County, Wyoming. *Geoarchaeol Int J*. 1997 Jul;12(4):315-35. doi:10.1002/(SICI)1520-6548(199707)12:4<315::AID-GEA3>3.0.CO;2-3.

Afonso MC. A ocupação pré-histórica na região da Serra Azul e São Simão, São Paulo: um estudo geoarqueológico [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1987.

Afonso MC. Geoarqueologia em ambientes costeiros: o papel da água no registro arqueológico e na paisagem. In: Rubin de Rubin JC, Silva, RT, editores. *Geoarqueologia: teoria e prática*. Goiânia: Editora da PUC Goiás; 2008. p. 94-106.

Afonso MC. Arqueologia Jê no Estado de São Paulo. *Rev Mus Arqueol Etnol*. 2016 dez;(27):30-43. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.2016.137279.

Afonso MC. Arqueologia dos sambaquis no litoral de São Paulo: análise da distribuição dos sítios e cronologia. *Especiaria – Cad Cie Hum*. 2017 abr;17(30):203-27.

Afonso MC. Pesquisas arqueológicas no vale do rio Ribeira de Iguape (Sudeste-Sul do Brasil): uma síntese. *Rev Mus La Plata*. 2019 dez;4(2):463-80.

Afonso MC, Moraes, CA. Ocupações ceramistas no norte do Estado de São Paulo: o sítio Água Branca [internet]. *Anais da I Reunião Internacional da SAB, XIV Congresso da SAB, e III Encontro do IPHAN e arqueólogos*; 30 set-4 out. 2007; Florianópolis [citado em 10 mar. 2020]. Disponível em: http://fundacaoarapora.org.br/artigospdf/sitio_agua_branca.pdf

Agamben G. *The open: man and animal*. Standford: Standford University Press; 2004.

Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Agência das Bacias PCJ) (Piracicaba, SP). *Relatório da situação dos recursos hídricos, 2018*. UGRHI 05 – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Piracicaba (SP): Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí; 2018. Relatório técnico.

Alarsa GS. Análise da coleção lítica do Abrigo Roncador – SP. *Relatório de Bolsa de Iniciação Científica PIBIC*. São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo; 2019.

³³ De acordo com o Estilo Vancouver, conforme adaptado e exposto nas diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP (Funaro, 2016).

Alberto LA. Registros rupestres de São Paulo: conhecer para preservar [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2014 [citado em 15 out. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-14042014-121333/pt-br.php>

Aldeias V. Experimental approaches to archaeological fire features and their behavioral relevance. *Current Anthropol.* 2017;58(16):191-205. doi:10.1086/691210.

Aldeias V, Bicho N. Embedded behavior: Human activities and the construction of the Mesolithic shellmound of Cabeço da Amoreira, Muge, Portugal. *Geoarchaeol Int J.* 2016 Dec;31(6):530–49. doi:10.1002/gea.21573.

Aldeias V, et al. Evidence for Neandertal use of fire at Roc de Marsal (France). *J Archaeol Sci.* 2012 Jul;39(7):2414-23. doi:10.1016/j.jas.2012.01.039.

Aldeias V, et al. Deciphering site formation processes through soil micromorphology at Contrebandiers Cave, Morocco. *J Hum Evol.* 2014 Apr;69:8-30. doi:10.1016/j.jhevol.2013.12.016.

Aldeias V, et al. How heat alters underlying deposits and implications for archaeological fire features: A controlled experiment. *J Archaeol Sci.* 2016 Mar;67:64-79. doi:10.1016/j.jas.2016.01.016.

Allen MJ. Land snails in archaeology. In: Allen MJ, editor. *Molluscs in archaeology: Methods, approaches and applications.* Oxford: Oxbow Books; 2017. (Allen MJ, O'Connor T, editors. *Studying Scientific Archaeology*; Vol. 3). p. 6-29.

Alley RB, Ágústsdóttir AM. The 8k event: Cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quat Sci Rev.* 2005 May;24(10-11):1123-49. doi:10.1016/j.quascirev.2004.12.004.

Almeida FFM. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Bol Inst Geog Geol.* 1964;41:69-263.

Almeida FO, et al. Os ceramistas Jê nos arranha-céus do Alto Ribeira: uma análise espacial Itararé-Taquara. *Cad LEPAARQ.* 2017 jun;14(27):408-34.

Altenfelder Silva F. Informes preliminares sobre a arqueologia de Rio Claro. Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas – Resultados preliminares do primeiro ano 1965/1966. *Mus Para Emílio Goeldi, Publicações Avulsas.* 1967;(6):79-88.

Altenfelder Silva F. Arqueologia pré-histórica da região de Rio Claro. In: Instituto de Pré-História da Universidade de São Paulo, editor. *Pré-história brasileira, XIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira pelo Progresso da Ciência.* São Paulo: Instituto de Pré-História da Universidade de São Paulo; 1968. p. 157-66.

Amaral MPV, Cisneiros D, Araujo AGM. Registros rupestres na região central do estado de São Paulo: o Abrigo do Alvo, Analândia, São Paulo, Brasil. *Bol Mus Para Emílio*

Goeldi Cienc Hum. 2022 ago.;17(2):e20210001. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2021-0001.

Andersen SH. 'Køkkenmøddinger' (shell middens) in Denmark: A survey. Proc Prehist Soc. 2000 Jan;66:361-84. doi:10.1017/S0079497X00001857.

Anderton R. Clastic facies models and facies analysis. Geol Soc London. 1985 Jan; 18 Spec No:31-47. doi:10.1144/GSL.SP.1985.018.01.03.

Angelucci DE. The recognition and description of knapped lithic artifacts in thin section. Geoarchaeol Int J. 2010 Apr;25(2):220-32. doi: 10.1002/gea.20303.

Angelucci DE. Lithic artefacts. In: Nicosia C, Stoops G, editors. Archaeological soil and sediment micromorphology. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 223-30.

Araujo AGM. Peças que descem, peças que sobem e o fim de Pompéia: algumas observações sobre a natureza flexível do registro arqueológico. Rev Mus Arqueol Etnol. 1995 dez;(5):3-25.

Araujo AGM. As geociências e suas implicações em teoria e métodos arqueológicos. Rev Mus Arqueol Etnol. 1999;(3):35-45.

Araujo AGM. Teoria e método em arqueologia regional: um caso de estudo no Alto Paranapanema, Estado de São Paulo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 2001a.

Araujo AGM. A arqueologia da região de Rio Claro: uma síntese. Rev Mus Arqueol Etnol. 2001b;(11):125-40.

Araujo AGM. A tradição cerâmica Itararé-Taquara: características, área de ocorrência e algumas hipóteses sobre a expansão dos grupos Jê no sudeste do Brasil. Rev Arqueologia. 2007;(20):9-38. doi:10.24885/sab.v20i1.225.

Araujo AGM. Geoarqueologia em sítios abrigados: processos de formação, estratigrafia e potencial informativo. In: Rubin de Rubin JC, Silva, RT, editores. Geoarqueologia: teoria e prática. Goiânia: Editora da PUC Goiás; 2008. p. 71-92.

Araujo AGM. Projeto "A ocupação paleoíndia no Estado de São Paulo: uma abordagem geoarqueológica". Relatório final de atividades. Submetido à FAPESP, Processo No. 2009/54720-9. São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo; 2012.

Araujo AGM. Geomorfologia e paleoambientes no leste da América do Sul: implicações arqueológicas. In: Rubin de Rubin JC, Silva, RT, editores. Geoarqueologia. Goiânia: Editora da PUC Goiás; 2013. p. 135-80.

Araujo AGM. On vastness and variability: Cultural transmission, historicity, and the Paleoindian record in eastern South America. An Acad Bras Cienc. 2015 jun;87(2):1239-58. doi: 10.1590/0001-3765201520140219.

Araujo AGM. Projeto “A ocupação paleoíndia no Estado de São Paulo: uma abordagem geoarqueológica II”. Relatório final de atividades. Submetido à FAPESP, Processo No. 2013/13794-5. São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo; 2016a.

Araujo AGM. Dez mil anos de convivência: a arqueologia da Mata Atlântica do sudeste. In: Cabral DC, Bustamante AG, editores. *Metamorfoses florestais: culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica*. Curitiba: Editora Prismas; 2016b. p. 106-23.

Araujo AGM. Arqueologia, ontologia, epistemologia: quando a teoria encontra a matéria (ou, por uma arqueologia cética) [tese de livre docência na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2017 [citado 23 fev. 2019]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/71/tde-04022020-201608/pt-br.php>

Araujo AGM. Por uma arqueologia cética: ontologia, epistemologia, teoria e prática da mais interdisciplinar das disciplinas. Curitiba: Editora Prismas; 2019a.

Araujo AGM. Projeto “Abordagens interdisciplinares para o estudo da ocupação Paleoíndia do Estado de São Paulo: integrando a Arqueologia e as Ciências da Terra”. Relatório final de atividades. Submetido à FAPESP, Processo No. 2016/23584-6. São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo; 2019b.

Araujo AGM, Correa, LCC. First notice of a Paleoindian site in central São Paulo state, Brazil: Bastos site, Dourado County. *Paleoindian Archaeol.* 2016 Jan;1(1):4-14.

Araujo AGM, Marcelino JC. The role of armadillos in the movement of archaeological materials: An experimental approach. *Geoarchaeol Int J.* 2003 Apr;18(4):433–60. doi:10.1002/gea.10070.

Araujo AGM, Piló LB. Towards the development of a tropical geoarchaeology: Lagoa Santa as an emblematic case study. In: Da-Gloria P, Neves WA, Hubbe M, editors. *Archaeological and paleontological research in Lagoa Santa: The quest for the First Americans*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 373-91.

Araujo AGM, Piló LB, Neves WA. Estratigrafia e processos de formação do sítio. In: Araujo AGM, Neves WA, editores. *Lapa das Boleiras: um sítio paleoíndio do carste de Lagoa Santa, MG, Brasil*. São Paulo: Annablume; 2010. p. 35-74.

Araujo AGM, Neves WA. Métodos de escavação, coleta de amostras e análises realizadas. In: Araujo AGM, Neves WA, editores. *Lapa das Boleiras: um sítio paleoíndio do carste de Lagoa Santa, MG, Brasil*. São Paulo Annablume; 2010. p. 23-33.

Araujo AGM, Neves WA, Kipnis R. Lagoa Santa revisited: An overview of the chronology, subsistence, and material culture of Paleoindian sites in eastern central Brazil. *Latin Amer Antiq.* 2012 Dec;23(4):533–50. doi:10.7183/1045-6635.23.4.533.

Araujo AGM, et al. Holocene dryness and human occupation in Brazil during the “Archaic Gap”. *Quat Res.* 2005 Nov;64(3):298-307. doi:10.1016/j.yqres.2005.08.002.

Araujo AGM, et al. Human occupation and paleoenvironments in South America: Expanding the notion of an “Archaic Gap”. *Rev Mus Arqueol Etnol.* 2006;15-16:3-35.

Araujo AGM, et al. Lapa das Boeliras rockshelter: Stratigraphy and formation processes at a Paleoamerican site in central Brazil. *J Archaeol Sci.* 2008 Dec;(35):3186–202. doi:10.1016/j.jas.2008.07.007.

Araujo AGM, et al. Paleoindian open-air sites in tropical settings: A case study in formation processes, dating methods, and paleoenvironmental models in central Brazil. *Geoarchaeol Int J.* 2013 May/Jun;28(3):195-220. doi:10.1002/gea.21442.

Araujo AGM, et al. The "Lagoa do Camargo 1" Paleoindian site: Some implications for tropical geomorphology, pedology, and paleoenvironments in southeastern Brazil. *Geoarchaeol Int J.* 2017 Jul;32(6):662-77. doi:10.1002/gea.21628.

Araujo AGM, et al. The rise and fall of Alice Boer: A reassessment of a purported pre-Clovis site. *PaleoAmerica.* 2021 Apr;7(2):99-113. doi:10.1080/20555563.2021.1894379.

Araujo AGM, et al. Revisiting Alice Boer: Site formation processes and dating issues of a supposedly pre-Clovis site in southeastern Brazil. *Geoarchaeol Int J.* 2022 Feb;37(1):32-58. doi:10.1002/gea.21831.

Arpin T, Mallol C, Goldberg P. Short contribution: A new method of analyzing and documenting micromorphological thin sections using flatbed scanners: Applications in geoarchaeological studies. *Geoarchaeol Int J.* 2002 Mar;17(3):305-13. doi:10.1002/gea.10014.

Arrhenius O. Investigation of soil from old Indian sites. *Ethnos: J Anthropol.* 1963;28:2-4.

Arroyo-Kalin M. Steps towards an ecology of landscape: A geoarchaeological approach to the study of Anthropogenic Dark Earths in the central Amazon region, Brazil [tese]. Cambridge: University of Cambridge, Department of Archaeology; 2008.

Arroyo-Kalin M. Steps towards an ecology of landscape: The pedo-stratigraphy of Anthropogenic Dark Earths. In: Woods WI, et al., editors. *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's vision.* New York: Springer Science+Business Media; 2009. p. 33-83.

Arroyo-Kalin M. Landscaping, landscape legacies, and landesque capital in pre-Columbian Amazonia. In: Isendahl C, Stump D, editors. *The Oxford handbook of Historical Ecology and applied archaeology.* Oxford: Oxford University Press; 2016. p. 1-24.

Artoli G. *Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science.* New York: Oxford University Press; 2010.

Atsawawaranunt K, et al. The SISAL database: A global resource to document oxygen and carbon isotope records from speleothems. *Earth Syst Sci Data*. 2018;10:1687–1713. doi:10.5194/essd-10-1687-2018.

Auler A. Histórico, ocorrência e potencial de cavernas no Brasil. In: Rubbioli, et al, editores. *Cavernas – Atlas do Brasil subterrâneo*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 2019. p. 14-51.

Bachelet C. Use of wood resources by Holocene hunter-gatherers of Cidade de Pedra, Mato Grosso, Brazil. *Cad LEPAARQ*. 2016 Jun;13(25):386-400. doi:10.15210/LEPAARQ.V13I25.

Bailey G, Galanidou N. Caves, palimpsests and dwelling spaces: Examples from the Upper Palaeolithic of south-east Europe. *World Archaeol*. 2009 Jun;41(2):215-41.

Balbo AL, et al. Micromorphological perspectives on the stratigraphical excavation of shell middens: A first approximation from the ethnohistorical site Tunel VII, Tierra del Fuego (Argentina). *J Archaeol Sci*. 2010 Jun;37(6):1252–59. doi:10.1016/j.jas.2009.12.026.

Bandeira DR, et al. Resultados preliminares da pesquisa no sambaqui sob rocha Casa de Pedra, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brasil. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Hum*. 2018 abr.;13(1):207-25. doi:10.1590/1981.81222018000100012.

Bar-Yosef O. Site formation processes from a Levantine viewpoint. In: Goldberg P, Nash DT, Petraglia MD, editores. *Formation processes in archaeological context*. Madison: Prehistory Press; 1993. p. 13-33. (Monographs in world archaeology; vol. 17).

Barba L. Chemical residues in lime-plastered archaeological floors. *Geoarchaeol Int J*. 2007 Mar;22(4):439–52. doi:10.1002/gea.20160.

Barba L, Ortiz A. Análisis químico de pisos de ocupación: un caso etnográfico en Tlaxcala, México. *Latin Amer Antiq*. 1992 Mar;3(1):63–82. doi:10.2307/971930.

Barreto CNGB. A ocupação pré-colonial do vale do Ribeira de Iguape, SP: os sítios concheiros do médio curso [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1988.

Barreto CNGB, et al. Abismo "Ponta de Flecha": um projeto arqueológico, paleontológico e geológico no médio curso do Ribeira de Iguape, SP. *Espeleo-Tema*. 1984;14:22-35.

Bartolomucci LBG. Variabilidade biológica entre sambaquieiros: um estudo de morfologia dentária [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências; 2006.

Bartolomucci R. Preservação óssea: um estudo tafonômico dos remanescentes ósseos humanos dos sambaquis fluviais do vale do Ribeira de Iguape, SP [dissertação na internet].

São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2008 [citado 23 fev. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-22092008-115358/pt-br.php>

Batalla N. Aproveitamento de matérias-primas líticas pelos caçadores-coletores da região de Dourado, SP. [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2018 [citado 2 jul. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-26112018-100555/pt-br.php>

Batalla N, Correa LC, Araujo, AGM. New record of lithic blades in Brazil: The Picão site, São Paulo state. *J Lithic Stud.* 2018 Mar;5(1):1-16. doi:10.2218/jls.v5i1.

Bates DM, Watts DG. *Nonlinear regression analysis and its applications.* New York: Wiley; 1988. doi:10.1002/9780470316757.

Beauchair M, et al. Fire and ritual: Bark hearths in South American Tupiguarani mortuary rites. *J Archaeol Sci.* 2009 Jul;36(7):1409–15. doi:10.1016/j.jas.2009.02.003.

Beck ME, Hill ME. Rubbish, relatives, and residence: The family use of middens. *J Archaeol Method Theory.* 2004 Sep. 11:297–333. doi:10.1023/B:JARM.0000047316.02424.7c.

Bequaert JC. Monograph of the Strophocheilidae, a Neotropical family of terrestrial mollusks. *Bull Mus Comp Zool.* 1948 Mar;100(1): 1-210.

Beltrão MCMC. Datações arqueológicas mais antigas do Brasil. *An Acad Bras Cienc.* 1974;46(2):211-51.

Beltrão MCMC. *Ensaio de arqueogeologia: uma abordagem transdisciplinar.* Rio de Janeiro: ZIT Gráfica e Editora; 2000.

Beltrão MCMC, et al. Sur l'arrivée de l'Homme en Amérique: datations par thermoluminescence des silex brûlés du site archéologique Alice Boer (Brésil). *Compt Rend Acad Sci Paris.* 1982;295(2):629-32.

Bendazzoli C, Francisco RA, Guimarães MA. Arqueologia de um sambaqui em abrigo, Ilhabela-SP. *Rev Mus Arqueol Etnol.* 2009 dez.;19:381-91. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.2009.89899.

Benjamin DJ, Berger JO. Three recommendations for improving the use of p-values. *The Amer Statist.* 2019 Mar;73(1):186-91. doi:10.1080/00031305.2019.1543135.

Beresford-Jones D, et al. Insights into changing coastlines, environments and marine hunter-gatherer lifestyles on the Pacific coast of South America from the La Yerba II shell midden, Río Ica estuary, Peru. *Quat Sci Rev.* 2022 Jun;285:107509. doi:10.1016/j.quascirev.2022.107509.

Berna F. FTIR microscopy. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology.* Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 411-15.

Berna F, Matthews A, Weiner S. Solubilities of bone mineral from archaeological sites: The recrystallization window. *J Archaeol Sci.* 2004 Jul;31(7):867–82. doi:10.1016/j.jas.2003.12.003.

Berna F, et al. Sediments exposed to high temperatures: Reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze and Iron Age strata at Tel Dor (Israel). *J Archaeol Sci.* 2007 Mar;34(3):358-73. doi:10.1016/j.jas.2006.05.011.

Berna F, et al. Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape Province, South Africa. *PNAS.* 2012 Apr;109(20):1215-20. doi:10.1073/pnas.1117620109.

Bernal JP, et al. High-resolution Holocene South American monsoon history recorded by a speleothem from Botuverá Cave, Brazil. *Earth Planet Sci Let.* 2016 Set;450:186-96. doi:10.1016/j.epsl.2016.06.008.

Beuselinck L, et al. Grain-size analysis by laser diffractometry: Comparison with the sieve-pipette method. *Catena.* 1998 Jun;32(3-4):193–208. doi:10.1016/S0341-8162(98)00051-4.

Binford LR. Interassemblage variability: The Mousterian and the “functional” argument. In: Renfrew C, editor. *The explanation of culture change: models in prehistory.* London: Duckworth; 1973. p. 227-54.

Binford LR. *Nunamiut ethnoarchaeology.* New York: Academic Press; 1978.

Binford LR. Willow smoke and dog’s tails: Hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation. *Amer Antiq.* 1980 Jan;45(1):4-20. doi:10.2307/279653.

Binford LR. *Bones: Ancient men and modern myths.* Orlando: Academic Press; 1981a.

Binford LR. Behavioral archaeology and the "Pompeii premise". *J Anthop Res.* 1981b Oct;37(3):195-208.

Binford LR., Binford SR. A preliminary analysis of functional variability in the Mousterian of Levallois facies. *Amer Anthrop.* 1966 Apr;68(2):238-95. doi:10.1525/aa.1966.68.2.02a001030.

Bird DW, et al. Variability in the organization and size of hunter-gatherer groups: Foragers do not live in small-scale societies. *J Hum Evol.* 2019 Jun;131:96-108. doi:10.1016/j.jhevol.2019.03.005.

Birkeland PW. *Soils and geomorphology.* Oxford: Oxford University Press; 1984.

Birks HH, Birks HJB. Multi-proxy studies in palaeolimnology. *Veget Hist Archaeobot.* 2006 Jul;15:235-51. doi:10.1007/s00334-006-0066-6.

Bishop RL. Neutron Activation Analysis. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 543-46.

Bishop RL, et al. Sensitivity, precision, and accuracy: Their roles in ceramic compositional data bases. *Amer Antiq*. 1990 Jul;55(3):537-46. doi:10.2307/281283.

Bissa WM, Mantovani W. Recursos potenciais de grupos caçadores-coletores no médio rio Ribeira (SP): estudos fitossociológicos. Nota preliminar. *Rev Mus Arqueol Etnol*. 1992;2:158-9.

Bissa WM, Mantovani W. Recursos potenciais de grupos caçadores-coletores do médio Ribeira (SP). *Rev Mus Arqueol Etnol*. 1995;5:117-24.

Bissa WM, et al. Palaeoclimatic and palaeoenvironmental changes in the Serra de Botucatu (southeast Brazil) during the Late Pleistocene and Holocene. *J Earth Sci Climate Change*. 2013;4(1):1-9. doi:10.4172/2157-7617.1000134.

Bissa WM, Toledo MB. Late Quaternary vegetational changes in a marsh forest in South-eastern Brazil with comments on prehistoric human occupation. *Radiocarbon*. 2015;57(5):737-53. doi:10.2458/azu_rc.57.18198.

Bitencourt ALV. Princípios, métodos e algumas aplicações da geoarqueologia. In: Rubin de Rubin JC, Silva, RT, editores. *Geoarqueologia: teoria e prática*. Goiânia: Editora da PUC Góias; 2008. p. 42-70.

Blaauw M, Christen JA. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Anal*. 2011 Sep;6:457-74. doi:10.1214/11-ba618.

Blaauw M., et al. rbacon: Age-depth modelling using Bayesian statistics [internet]. R package version 2.3.9.1; 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rbacon>.

Bode P. Neutron Activation Analysis (NAA). In: Kardjilov N, Festa G, editors. *Neutron methods for archaeology and cultural heritage*. Cham: Springer; 2017. (Anderson, Hurd, McGreevy, editors. *Neutron scattering applications and techniques series*). p. 209-19. doi:10.1007/978-3-319-33163-8_10.

Bonizzoni L, et al. Archaeometric study of shells of Helicidae from the Edera Cave (Northeastern Italy). *Archaeometry*. 2009 Jan;51(1):151-73. doi:10.1111/j.1475-4754.2008.00412.x.

Bordes F. *A tale of two caves*. New York: Harper & Row; 1972.

Borrero LA. Multi-service taphonomy. Shells, garbage and floating palimpsests. *Intersecciones en Antropología*. 2014;15 Special No 1:13-20.

Boyadjan CHC. Microfósseis contidos no cálculo dentário como evidência do uso de recursos vegetais nos sambaquis de Jabuticabeira II (SC) e Moraes (SP) [dissertação na

internet]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências; 2007 [citado 23 abr. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-31012008-161121/pt-br.php>

Braadbaart F, Poole I. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *J Archaeol Sci*. 2008 Sep;35(9):2434-45. doi:10.1016/j.jas.2008.03.016.

Braadbart F, et al. Heating histories and taphonomy of ancient fireplaces: A multi-proxy case study from the Upper Palaeolithic sequence of Abri Pataud (Les Eyzies-de-Tayac, France). *J Archaeol Sci Rep*. 2020 Oct;33:102468. doi:10.1016/j.jasrep.2020.102468.

Branco PM. Espeleologia: o estudo das cavernas [internet]. SGB-CPRM; 2014 [citado 7 abr. 2019]. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Espeleologia%3A-o-estudo-das-cavernas-1278.html>.

Brandão K. Análise micromorfológica do processo de formação do sítio arqueológico Sol de Campinas do Acre – AC [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2018 [citado 10 fev. 2022]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-03012019-103859/pt-br.php>

Brochier JE. Bergeries et feux de bois néolithiques dans le Midi de la France. Caractérisation et incidence sur le raisonnement sédimentologique. *Quatar*. 1983;33/34:181-93.

Brochier JE, Thinon M. Calcite crystals, starch grains aggregates or...POCC? Comment on 'Calcite crystals inside archaeological plant tissues'. *J Archaeol Sci*. 2003 Sep;30(9):1211–14. doi:10.1016/S0305-4403(02)00031-6.

Brown A G. Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change. New York: Cambridge University Press; 1997.

Bullock P, et al. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton: Waine Research Publications; 1986.

Butzer K. Archaeology as Human Ecology: Method and theory for a contextual approach. Cambridge: Cambridge University Press; 1982.

Buurman P, Jongmans AG. Podzolisation and soil organic matter dynamics. *Geoderma*. 2005 Mar;125(1-2):71–83. doi:10.1016/j.geoderma.2004.07.006.

Cabanes D. Phytolith analysis in paleoecology and archaeology. In: Henry AG, editor. Handbook for the analysis of micro-particles in archaeological samples. Cham: Springer Nature; 2020. (Eerkens J, editor. Interdisciplinary contributions to archaeology). p. 255-88. doi:10.1007/978-3-030-42622-4_6.

Caldarelli SB. Lições da pedra: aspectos da ocupação pré-histórica no vale médio do rio Tietê [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1983.

Caldarelli SB. O Abrigo Sarandí, São Paulo: uma tentativa de reconstrução paleoetnográfica. *Rev Pré-História*. 1984;VI:281-83.

Caldarelli SB. A arqueologia do interior paulista evidenciada por suas rodovias. *Rev Arqueol*. 2002;14-15:29-55.

Caldarelli SB, Neves WA. Programa de pesquisas arqueológicas no Vale do Rio Pardo, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Pré- História*. 1981;(3):13-49.

Calippo FR. Os sambaquis submersos de Cananéia: um estudo de caso de arqueologia subaquática [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 2004 [citado 20 mai. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8153/tde-27062006-143634/pt-br.php>

Calippo FR. Sociedade sambaqueira: comunidades marítimas [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2010 [citado 20 mai. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-23062010-160307/pt-br.php>

Camargo OA, et al. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas. Vol. 106, Métodos de análise química, mineralógica e física de solos. Campinas: Instituto Agrônomo; 2009.

Campanha GAC. Tectônica proterozoica no alto e médio vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 1991.

Canti MG. Aspects of the chemical and microscopic characteristics of plant ashes found in archaeological soils. *Catena*. 2003 Dec;54(3):339–61. doi:10.1016/S0341-8162(03)00127-9.

Canti MG, Brochier JE. Plant ash. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 147-54.

Canti MG, Linford N. The effects of fire on archaeological soils and sediments: Temperature and colour relationships. *Proc Prehist Soc*. 2000 Jan;66:385-95. doi:10.1017/S0079497X00001869.

Castro CE. O caminho entre a percepção, o impacto no solo e as metodologias de manejo. O estudo de trilhas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – SP [dissertação]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências; 2004.

Castro JFM. A importância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas. XXX Semana de Estudos Geográficos; 2000; CAEGE/IGCE, Rio Claro, SP, Brasil; 2000. p. 1.

CEAPLA (Centro de Análise e Planejamento Ambiental da UNESP). Atlas ambiental da bacia do Rio Corumbataí [internet]. Versão 3. Rio Claro (Brasil): CEAPLA/IGCE/UNESP; 2010. Bacia do Rio Corumbataí – Mapa geológico [citado 18 fev. 2019]. Disponível em: <http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/geologico/viewer.htm>

CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas). Mapa de áreas de ocorrência de cavernas no Brasil [internet]. Brasília: ICMBio/Ministério de Meio Ambiente; 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/publicacoes/Area%20de%20Ocorrencia%20de%20Cavernas>.

Celarino A, Ladeira FSB. Mineralogy of the clay fraction of soils of toposequence in a transition slope-Quaternary alluvial sediments of the Mogi Guaçu river in the ecological station of Jataí, Luis Antônio, SP. São Paulo UNESP Geociên. 2011;30(1):47-61.

Celarino A, et al. Paleoenvironmental reconstruction of the lower Mogi Guaçu river basin (São Paulo state - Brazil), morphopedosedimentary records and fluvial processes. *Catena*. 2013;111:80-97. doi:10.1016/j.catena.2013.07.002.

Chahud A. Caracterização tafonômica da fauna de vertebrados fósseis (Pleistoceno-Holoceno) do Abismo Ponta de Flecha, Iporanga, SP [trabalho de conclusão de graduação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 2001.

Cheliz PM. Aspectos geomorfológicos da Antiga Araraquara, com ênfase em subsídios para interface entre quadros de relevo e sítios arqueológicos líticos [trabalho de conclusão de graduação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências; 2016.

Cheliz PM, Giannini PCF. Transformações geomorfológicas, pedológicas e ambientais nos Baixos Terraços do rio Jacaré-Guaçu (sítio arqueológico Boa Esperança II, São Paulo) no Pleistoceno Tardio e Holoceno. *Rev Bras Geog Fis*. 2020;13(05):1970-93.

Cheliz PM, Santos FG. The hunter-gatherer site BES II (Jacaré-Guaçu river low terraces, central São Paulo state, Brazil): Interface with geomorphical and environmental fluctuations of the Pleistocene-Holocene transition. *J Lithic Stud*. 2019;6(1):1-25. doi:10.2218/jls.2783.

Cheliz PM, et al. Landscape evolution and unusual geomorphological-pedological-chronological relations in an alluvial plain associated with early Amerindian settlement in southeastern Brazil. *Quat Int*. 2021 Nov;601:1-14. doi:10.1016/j.quaint.2021.06.016.

Cheng H, et al. Timing and structure of the 8.2 kyr B.P. event inferred from $\delta^{18}\text{O}$ records of stalagmites from China, Oman, and Brazil. *Geol*. 2009 Nov.;37(11):1007-10. doi:10.1130/G30126A.1.

Cheng H, et al. Timing and structure of the Younger Dryas event and its underlying climate dynamics. *PNAS*. 2020 Set;117(38):23408-17. doi:10.1073/pnas.2007869117.

Chim E. Zooarqueologia da Lapa Grande de Taquaraçu. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2018.

Chmyz I, Sganzerla EM, Volcov JE. Arqueologia da área prioritária Projeto Hidroelétrico Tijuco Alto. Rio Ribeira – São Paulo – Paraná. Curitiba: Centro de Estudos e Pesquisas Arqueológicas da Universidade Federal do Paraná (CEPA/UFPR); 1999.

Chukanov NV. Infrared spectra of mineral species. Extended library. Vol. 1. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2014.

Claassen C. Shells. Cambridge: Cambridge University Press; 1998.

Clark JGD, editor. Excavations at Star Carr. An early Mesolithic site at Seamer near Scarborough, Yorkshire. Cambridge: Cambridge University Press; 1954.

Clement CR, et al. The domestication of Amazonia before European conquest. *Proc R Soc B* 2015 Aug;282(1812):20150813. doi:10.1098/rspb.2015.0813.

Coelho, et al. Química e gênese de solos desenvolvidos sob vegetação de restinga no Estado de São Paulo. *Rev Bras Ciên Solo*. 2010 dez.;34(6):1951-64. doi:10.1590/S0100-06832010000600020.

Coelho, et al. Micromorfologia de horizontes espódicos nas restingas do Estado de São Paulo. *Rev Bras Ciên Solo*. 2012 nov.;36(5):1380-94. doi:10.1590/S0100-06832012000500002.

Cohen KM, et al. The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes [internet]. 2013- 2021 Jul [citado 23 jul. 2021];36:199-204. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-07.pdf>

Collet G-C. Notas prévias sobre sondagens efetuadas num abrigo sobre rocha no vale do rio Maximiano – Iporanga – SP. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, Departamento de Arqueologia; 1978a.

Collet G-C. Notas prévias sobre sondagens efetuadas num abrigo sobre rocha no vale do rio Maximiano – Iporanga – SP. Segunda fase e conclusões. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, Departamento de Arqueologia; 1978b.

Collet G-C. Transcrição dos manuscritos de Collet (não publicados). In: Felizardo A. Abrigo Maximiano: uma análise sob a ótica da geoarqueologia [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 1978c. p. 139-148.

Collet G-C. Os sítios arqueológicos típicos brasileiros. O Estado de São Paulo. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia; 1978d.

Collet G-C. Sondagens no Abrigo da Glória, Ipeúna – SP. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia; 1980.

Collet G-C. Grupo Espeleológico Bagrus – Atividades 1981. São Paulo: Grupo Espeleológico Bagrus; 1981.

Collet G-C. Abrigo Santo Urbano. Corumbataí – SP. Relatório de atividades. São Paulo: Grupo Bagrus de Espeleologia, I.P.A.; 1982a.

Collet G-C. Abrigo Roncador, Analândia, SP - Relatório de sondagem. Relatório de atividades. São Paulo: Grupo Bagrus de Espeleologia, I.P.A.; 1982b.

Collet G-C. Novas informações sobre os sambaquis fluviais do Estado de São Paulo. *Arquiv Mus Hist Nat UFMG*. 1985;10:311-24.

Collet G-C. Descrição de um processo destinado a estabilizar e a consolidar a superfície de um arenito friável sobre o qual estão gravados petroglifos pré-históricos. *First World Symposium on Rock Art*; 1986 January 13-19; La Habana: UNESCO; 1986. p. 1.

Collet G-C. Proteção rupestre. *Informativo SBE*. 1994;60:4-6.

Collet G-C. O primeiro povoamento da América do Sul. *13th International Congress of Speleology - 4th Speleological Congress of Latin America and Caribbean - 26th Brazilian Congress of Speleology*; 2001 July 15-22; Brasília: Union Internationale de Spéléologie - Federación Espeleológica de América Latina y del Caribe – SBE; 2001. p. 339-43.

Collet G-C, Guimarães CM. Resultado da sondagem do sambaqui Januário. *Arquiv Mus Hist Nat UFMG*. 1977;2:36-50.

Collet G-C, Loebel E. Informações sobre sambaquis fluviais do Estado de São Paulo. In: Fundação Martius, editor. *Anuário do Staden (Estudos Brasileiros)*. Vol. 36. São Paulo: Fundação Martius, Instituto Hans Staden; 1988. p. 228-39.

Collet G-C, Prous A. Primeiro informe sobre os sambaquis fluviais da região de Itaoca (SP). *Arquiv Mus Hist Nat UFMG*. 1977;2:31-35.

Collinson JD, Mountney NP, Thompson, DB. *Sedimentary structures*. 3rd ed. Harpenden: Terra Publishing; 2006.

Comas-Bru L, et al. Evaluating model outputs using integrated global speleothem records of climate change since the last glacial. *Clim Past*. 2019 Aug;15(4):1557–79. doi: 10.5194/cp-15-1557-2019.

Comas-Bru L, et al. SISAL (Speleothem Isotopes Synthesis and AnaLysis Working Group) database version 2.0. Reading: University of Reading; 2020a [citado 19 set. 2023]. Disponível em: <https://doi.org/10.17864/1947.256>.

Comas-Bru L, et al. SISALv2: A comprehensive speleothem isotope database with multiple age–depth models. *Earth Syst Sci Data*. 2020b Oct;12:2579–2606. doi:10.5194/essd-12-2579-2020.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (CBH-RB). Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI 11. Ano-base 2017. Registro (SP): Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul; 2018. Relatório técnico.

Coppolino ML. Strategies for collecting land snails and their impact on conservation planning. *Amer Malac Bull.* 2010 Feb;28(2):97-103. doi:10.4003/006.028.0225

Correa LC. As indústrias líticas do Holoceno no interior paulista: estudo de caso dos sítios Abrigo do Alvo e Bastos [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2017 [citado 20 out. 2018]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/711131/tde-18102017-171844/pt-br.php>

Correa LC. A variabilidade das indústrias líticas no interior paulista: uma síntese regional [tese]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2022.

Correa, LC, Souza T. Potencial informativo dos sítios abrigados do Estado de São Paulo: Abrigo do Alvo e Abrigo de Itapeva. *J Lithic Stud.* 2017 Nov;4(3):7-25. doi:10.2218/jls.v4i3.1626.

Corrêa GR, et al. Physical and chemical attributes of archaeological soils developed from shell middens in the Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Bras Ciên Solo.* 2011 Aug;35:1100-11. doi:10.1590/S0100-06832011000400004.

Corrêa GR, Schaefer CE, Gilkes RJ. Phosphate location and reaction in an archaeanthrosol on shell-mound in the Lakes Region, Rio de Janeiro State, Brazil. *Quat Int.* 2013 Nov;315:16-23. doi:10.1016/j.quaint.2013.09.036.

Costa J, et al. Geoquímica das Terras Pretas Amazônicas. In: Teixeira WG, et al. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas.* Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental; 2009. p. 162-71.

Costa ML, Kern DC. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon, Brazil. *J Geoch Exp.* 1999 Jul;66(1-2):369–85. doi:10.1016/S0375-6742(99)00038-2.

Courty M-A. Microfacies analysis assisting archaeological stratigraphy. In: Goldberg P, Holliday VT, Reid Ferring C, editors. *Earth sciences and archaeology.* New York: Springer Science+Business Media; 2001. p. 205-39.

Courty M-A, Goldberg P, Macphail RI. *Soils and micromorphology in archaeology.* Cambridge: Cambridge University Press; 1989.

Crema ER, Bevan A. Inference from large sets of radiocarbon dates: software and methods. *Radiocarbon.* 2021 Feb;63(1):23-39. doi:10.1017/RDC.2020.95.

Croix S. Single context, metacontext, and high-definition archaeology: Integrating new standards of stratigraphic excavation and recording. *J Archaeol Method Theory.* 2019 Dec;26:1591-631. doi:10.1007/s10816-019-09417-x.

Cruz FW, et al. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*. 2005 Mar;434:63–6. doi:10.1038/nature03365.

Cruz FW, et al. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the Late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. *Earth Planet Sci Let*. 2006 Aug;248(1-2):495–507. doi:10.1016/j.epsl.2006.06.019.

Cruz FW, et al. Orbital and millennial-scale precipitation changes in Brazil from speleothem records. In: Vimeux F, Sylvestre F, Khodri M, editors. *Past climate variability in South America and surrounding regions: from the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Vol. 14, *Developments in Paleoenvironmental Research*. Amsterdam: Springer Science+Business Media B.V.; 2009. p. 29-60.

Cunha TJF, et al. O carbono pirogênico. In: Teixeira WG, et al. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental; 2009. p. 263-84.

Daniel G. *Un siglo y medio de arqueología*. Bárcena A, tradutor. México, D.F: Fondo de Cultura Económica; 1987.

Darwin C. *On the origin of species by means of Natural Selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: Public Domain Books; 2009.

Dean WE. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *J Sed Petrol*. 1974 Mar;44(1):242-48.

De Blasis PAD. *A ocupação pré-colonial do vale do Ribeira de Iguape, SP: os sítios líticos do médio curso [dissertação]*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1988.

De Blasis PAD. *Bairro da Serra em três tempos: arqueologia, uso do espaço regional e continuidade cultural no médio vale do Ribeira [tese]*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1996.

De Blasis PAD. Indicadores da transição do Arcaico para o Formativo na região montanhosa do médio vale do Ribeira, SP. In: Tenório MC, organizadora. *Pré-história da Terra Brasilis*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ; 1999. p. 273-84.

De Blasis PAD, Piedade SC, Morales WF. Algumas considerações sobre os sambaquis fluviais do médio Ribeira, SP. *Rev Mus Arqueol Etnol*. 1994;4:218-19.

De Blasis, et al. Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueol Suramer/Arqueol Sul-amer*. 2007 fev;3(1):29-61.

De Coninck F. Major mechanisms in formation of spodic horizons. *Geoderma*. 1980 Sep;24(2):101-28. doi:10.1016/0016-7061(80)90038-5.

Deininger M, et al. Late Quaternary variations in the South American Monsoon System as inferred by speleothems: New perspectives using the SISAL database. *Quat*. 2019;2(6):1-21. doi:10.3390/quat2010006.

Delley G, Plutniak S. History and sociology of science. In: López Varela SL, editor. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*. New York: Wiley & Sons; 2018. p. 1-6

De Mortillet G. *Formation de la Nation française. Textes, linguistique, palethnologie, anthropologie*. Paris: Felix Alcan; 1897.

De Oliveira PE, et al. Paleoclimas e paleovegetação do Quaternário no Estado de São Paulo, Brasil. In: Souza Carvalho I, et al., editores. *Paleontologia: Cenários de vida*. Vol. 5, Paleoclimas. Rio de Janeiro: Editora Interciência; 2014. p. 457-70.

Dias AS. Da tipologia à tecnologia: reflexões sobre a variabilidade das indústrias líticas da Tradição Umbu. In: Bueno L, Isnardis A, editores. *Das pedras aos Homens: tecnologia lítica na arqueologia brasileira*. Belo Horizonte: Argumentum; 2007. p. 33-66.

Dias AS, Hoeltz SE. Indústrias líticas em contexto: o problema Humaitá na arqueologia sul brasileira. *Rev Arqueol*. 2010 dez;23(2):40-67. doi:10.24885/sab.v23i2.299.

Dias RL, Perez Filho A. Estudo das coberturas superficiais holocênicas na Superfície de Urucaia na bacia hidrográfica do rio Corumbataí-SP. In: Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento, XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física. Campinas: Instituto de Geociências – Unicamp; 2017. p. 3065-74. doi:10.20396/sbgfa.v1i2017.1850.

Dibble HL, et al. Context, curation, and bias: An evaluation of the Middle Paleolithic collections of Combe-Grenal (France). *J Archaeol Sci*. 2009 Nov;36(11): 2540–550. doi:10.1016/j.jas.2009.07.010.

Dillehay TD, et al. Earliest hunters and gatherers of South America. *J World Prehist*. 1992 Jun;6(2):145-204. doi:10.1007/BF00975549.

Domínguez-Rodrigo M, Fernández-López S, Alcalá L. How can taphonomy be defined in the XXI century? *J Taphonomy*. 2011;9(1):1-13.

Donahue J, Adovasio JM. Evolution of sandstone rockshelters in eastern North America; a geoarchaeological perspective. In: Lasca NP, Donahue J, editors. *Archaeological geology of North America*. Vol. 4, Centennial Special Volume. Boulder: Geological Society of America; 1990. p. 231-51.

Duarte C, et al. The microstratigraphic record of human activities and formation processes at the Mesolithic shell midden of Poças de São Bento (Sado Valley, Portugal). *Archaeol Anthropol Sci*. 2019 Feb;11:483-509. doi: 10.1007/s12520-017-0519-0.

Dunnell RC. Science, social science and common sense: The agonizing dilemma of modern archaeology. *J Anthropol Res.* 1982 Mar;38(1):1-25.

Dunnell RC, Stein JK. Theoretical issues in the interpretation of microartifacts. *Geoarchaeol Int J.* 1989;4(1):31-42.

Dunnington D. tidyaleo: Tidy tools for paleoenvironmental archives [internet]. R package version 0.1.1; 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyaleo>.

Echart CL, Cavalli-Molina S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. *Cienc Rural.* 2001 jun;31(3):531-41. doi:10.1590/S0103-84782001000300030.

Efremov IA. Taphonomy: New branch of paleontology. *Pan-Amer Geol.* 1940;LXXIV(2):81-93.

Egerton RF. Physical principles of electron microscopy: An introduction to TEM, SEM, and AEM. New York: Springer Science+Business Media; 2005.

Eidt RC. Advances in abandoned settlement analysis: Application to prehistoric anthrosols in Colombia, South America. Milwaukee: Center for Latin America, University of Wisconsin-Milwaukee; 1984.

Endo LY. Metodologia de análise quantitativa de solos arqueológicos através de TXRF [tese]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Física; 2017.

Etiégnny L, Campbell AG. Physical and chemical characteristics of wood ash. *Biores Technol.* 1991;37(2):173-78. doi:10.1016/0960-8524(91)90207-Z.

Evans JG. Land snails in archaeology. With special reference to the British Isles. London: Seminar Press; 1972.

Fabri F, Augustin CHRR, Auler AS. Relevô cárstico em rochas siliciclásticas: uma revisão com base na literatura. *Rev Bras Geomorf.* 2014;15(3):339-51.

Falcão NPS, Comerford N, Lehmann J. Determining nutrient bioavailability of Amazonian Dark Earths – Methodological challenges. In: Lehmann J, et al., editors. Amazonian Dark Earths: origins, properties, management. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2003. p. 255-70.

Falcão NPS, et al. Pedology, fertility, and biology of Central Amazonian Dark Earths. In: Woods WI, et al., editors. Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's vision. New York: Springer Science+Business Media; 2009. p. 213-28.

Faleiros FM, Morais SM, Costa VS. Geologia e recursos minerais da Folha Apiaí SG.22-X-B-V, escala 1:100.000, Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil – CPRM; 2012.

Farmer VC. Differing effects of particle size and shape in the infrared and Raman spectra of kaolinite. *Clay Miner.* 1998 Dec;33(4):601-04. doi:0.1180/000985598545921.

Farrand WR. Sediments and stratigraphy in rockshelters and caves: A personal perspective on principles and pragmatics. *Geoarchaeol Int J.* 2001a Jun;16(5):537-57. doi:10.1002/gea.1004.

Farrand WR. Archaeological sediments in rockshelters and caves. In: Stein JK, Farrand WR. *Sediments in archaeological context.* Salt Lake City: The University of Utah Press; 2001b. p. 29-66.

Felizardo AJ. Abrigo Maximiano: uma análise sob a ótica da geoarqueologia [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2017 [citado 22 set. 2018]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-30012018-122308/pt-br.php>

Ferraz T, et al. Genomic history of coastal societies from eastern South America. *Nat Ecol Evol.* 2023 Aug;7:1315–30. doi:10.1038/s41559-023-02114-9.

Figuti L. O homem pré-histórico, o molusco e o sambaqui: considerações sobre a subsistência dos povos sambaquieiros. *Rev Mus Arqueol Etnolog.* 1993 mai;3:67-80. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.1993.109161.

Figuti L, Plens CR, De Blasis PAD. Small *sambaquis* and big chronologies: Shellmound building and hunter-gatherers in Neotropical highlands. *Radiocarbon.* 2013;55(2–3) Spec No 3:1215–21. doi:10.1017/S0033822200048128.

Filippini J. Biodistância entre sambaquieiros fluviais e costeiros: uma abordagem não métrica craniana entre três sítios fluviais do vale do Ribeira - SP (Moraes, Capelinha e Pavão XVI) e três costeiros do sul e sudeste do Brasil (Piaçaguera, Jabuticabeira II e Tenório) [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2004.

Filippini J, Eggers S. Distância biológica entre sambaquieiros fluviais (Moraes – Vale do Ribeira-SP) e construtores de sítios litorâneos (Piaçaguera e Tenório-SP e Jabuticabeira II-SC). *Rev Mus Arqueol Etnolog.* 2006 dez;15-6:165-80. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.2006.89716.

Finley JB. The geologic and geomorphic context of rockshelters in the Bighorn Mountains, Wyoming. In: Komfeld M, Vasil'ev S, Miotti L, editors. *On shelter's ledge: Histories, theories and methods of rockshelter research.* BAR International Series Vol., 1655. Oxford: Archaeopress; 2007. p. 173-80.

Fish PR, et al. Monumental shell mounds as persistent places in southern coastal Brazil. In: Thompson VD, Waggoner Jr JC, editors. *The archaeology and Historical Ecology of small-scale economies.* Gainesville: University Press of Florida; 2013. p. 120-40.

Fisher PF. Os moleques do morro e os moleques da praia: estresse e mortalidade em um sambaqui fluvial (Moraes, vale do Ribeira de Iguape, SP) e em um sambaqui litorâneo

(Piaçaguera, Baixada Santista, SP) [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2012 [citado 12 jun. 2020]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-28082012-143626/pt-br.php>

Flügel E. Microfacies of carbonate rocks. Analysis, interpretation and application. Berlin: Springer-Verlag; 2004.

Folk RL. Petrology of sedimentary rocks. Austin: Hemphill Publishing Company; 1974.

Fontenelle JH. Anatomia, taxonomia e distribuição geográfica dos caracóis-gigantes do “Complexo *Megalobulimus granulatus*” (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências; 2012 [citado 07 nov. 2022]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41133/tde-23012013-140431/pt-br.php>

Fontenelle JH, Miranda MS. Aspects of biology of *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda, Acavoidea) in the coastal plain of the Brazilian southeast. *Iheringia Sér Zool.* 2017;107:1-5. doi: 10.1590/1678-4766e2017004.

Forget M, et al. Physical and mineralogical properties of experimentally heated chaff-tempered mud bricks: Implications for reconstruction of environmental factors influencing the appearance of mud bricks in archaeological conflagration events. *J Archaeol Sci Rep.* 2015;2:80-93. doi:10.1016/j.jasrep.2015.01.008.

Frasca MHBO. Petrografia e geoquímica de rochas carbonáticas pré-cambrianas do Estado de São Paulo [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 1992 [citado 16 jan. 2023]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-20082013-090303/pt-br.php>

French C. Geoarchaeology in action: studies in soil micromorphology and landscape evolution. London: Routledge; 2003.

French C. A handbook of geoarchaeological approaches for investigating landscapes and settlement sites. Oxford: Oxbow Books; 2015. (Allen MJ, O'Connor T, editors. *Studying Scientific Archaeology*; Vol. 1).

French C, Rajkovača T. A brief guide to making soil/sediment thin sections: From the field to finished slide using the Brot grinding system. In: French C. A handbook of geoarchaeological approaches for investigating landscapes and settlement sites. Oxford: Oxbow Books; 2015. (Allen MJ, O'Connor T, editors. *Studying Scientific Archaeology*; Vol. 1) p. 97-100.

French C, Sulas F, Madella M. New geoarchaeological investigations of the valley systems in the Aksum area of northern Ethiopia. *Catena.* 2009 Sep;78(3):218-33. doi:10.1016/j.catena.2009.02.010.

Friesem DE. Geo-ethnoarchaeology in action. *J Archaeol Sci.* 2016 Jun;70:145-57. doi:10.1016/j.jas.2016.05.004.

Friesem DE, et al. Site formation processes and hunter-gatherers use of space in a tropical environment: A geo-ethnoarchaeological approach from south India. PLOS ONE. 2016 Oct;11(10):e0164185. doi:10.1371/journal.pone.0164185.

Friesem DE, et al. High-resolution study of Middle Palaeolithic deposits and formation processes at Tabun Cave, Israel: Guano-rich cave deposits and detailed stratigraphic appreciation of Layer C. Quat Sci Rev. 2021 Dec;274:107203. doi: 10.1016/j.quascirev.2021.107203.

Funaro VMBO, coordenadora. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP. Parte IV (Vancouver). 3a ed. São Paulo: Universidade de São Paulo - Sistema Integrado de Bibliotecas; 2016.

Fundação Florestal. Plano de Manejo Espeleológico. Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR [internet]. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - Fundação Florestal; 2010 [citado 1 jul. 2019]. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-espeleologicos>.

Fundação Florestal. Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR. Plano de Manejo. Volume Principal [internet]. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - Fundação Florestal; 2018a [citado 1 jul. 2019]. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-turistico-do-alto-ribeira-petar/>.

Fundação Florestal. Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR. Plano de Manejo [internet]. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - Fundação Florestal; 2018b. Mapas [citado 1 jul. 2019]. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-turistico-do-alto-ribeira-petar/>, acessado 01 de julho de 2019.

Galanidou N. Patterns in caves: Foragers, horticulturists, and the use of space. J Anthropol Archaeol. 2000 Sep;19(3):243–75. doi:10.1006/jaar.1999.0362

Galhardo DA. Tecnologia lítica: estudo da variabilidade em sítios líticos do nordeste do Estado de São Paulo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2010.

Galili T. dendextend: An R package for visualizing, adjusting, and comparing trees of hierarchical clustering. Bioinformatics. 2015 Nov;31(22):3718-20. doi:10.1093/bioinformatics/btv428.

Gallelo G, et al. Anthropogenic units fingerprinted by REE in archaeological stratigraphy: Mas d’Is (Spain) case. J Archaeol Sci. 2013 Feb;40(2):799-809. doi:10.1016/j.jas.2012.10.005.

Gasche H, Tunca O. Guide to archaeostratigraphic classification and terminology: Definitions and principles. J Field Archaeol. 1983;10(3):325-35.

doi:10.1179/009346983791504318.

Gaspar MD. Sambaqui: Arqueologia do litoral brasileiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor; 2000.

Gaspar MD, et al. Sambaqui (shell mound) societies of coastal Brazil. In: Silverman H, Isbell WH, editors. Handbook of South American Archaeology. Berlin: Springer; 2008. p. 319–35.

Gé T, et al. Sedimentary formation processes of occupation surfaces. In: Goldberg P, Nash DT, Petraglia MD, editors. Formation processes in archaeological context. Madison: Prehistory Press; 1993. p. 149-63. (Monographs in world archaeology; vol. 17).

Gee GW, Or D. Particle-size analysis. In: Dane JH, Topp GC, editors. Methods of Soil Analysis Part 4—Physical methods. Madison: Soil Science Society of America; 2002. p. 255–94.

Gesicki ALD. Evolução diagenética das Formações Pirambóia e Botucatu (Sistema Aquífero Guarani) no Estado de São Paulo [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 2007 [citado 16 jul. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44140/tde-18122007-115436/pt-br.php>

Giannini PCF, Riccomini C. Sedimentos e processos sedimentares. In: Teixeira W, et al., editores. Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 2000. p. 167-90.

Giannini PCF, et al. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-histórica na costa centro-sul de Santa Catarina. Bol Mus Para Emílio Goeldi. Cie Hum. 2010 abr.;5:105-28. doi:10.1590/S1981-81222010000100008.

Girod A. Land snails from Late Glacial and Early Holocene Italian sites. Quat Int. 2011 Nov; 244(1):105-16. doi:10.1016/j.quaint.2011.04.025.

Glascock MD. Characterization of archaeological ceramics at MURR by Neutron Activation Analysis and multivariate statistics. In: Neff H, editor. Chemical characterization of ceramic pastes in archaeology. Madison: Prehistory Press; 1992. p. 11-26.

Glascock MD. Compositional analysis of archaeological ceramics. In: Glascock, Neff, Vaughn, editors. Ceramics of the indigenous cultures of South America: Studies of production and exchange through compositional analysis. Albuquerque: University of New Mexico Press; 2019. p. 1-13.

Glascock MD, Neff H. Neutron Activation Analysis and provenance research in archaeology. Meas Sci Technol. 2003 Jul;14(9):1516-26.

Glaser B, Birk JJ. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (*terra preta de Índio*). Geochim Cosmochim Acta. 2012 Apr;82:39-51. doi:10.1016/j.gca.2010.11.029.

Goldberg P, Aldeias V. Why does (archaeological) micromorphology have such little traction in (geo)archaeology? *Archaeol Anthropol Sci.* 2018 Mar;10:269-78. doi:10.1007/s12520-016-0353-9.

Goldberg P, Macphail RI. Short contribution: strategies and techniques in collecting micromorphology samples. *Geoarchaeol Int J.* 2003 Jun;18(5):571-78. doi:/10.1002/gea.10079.

Goldberg P, Macphail RI. *Practical and theoretical geoarchaeology.* London: Blackwell Publishing; 2006.

Goldberg P, Nathan Y. The phosphate mineralogy of Et-Tabun cave, Mount Carmel, Israel. *Mineralog Magaz.* 1975;40:253-58.

Goldberg P, Miller C, Mentzer SM. Recognizing fire in the archaeological record. *Current Anthropol.* 2017 Aug;58(16):175-90. doi:10.1086/692729.

Goldberg P, et al. Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *Archaeol Anthropol Sci.* 2009 May;1:95-122. doi:10.1007/s12520-009-0008-1.

Goldberg P, Sherwood SC. Deciphering human prehistory through the geoarchaeological study of cave sediments. *Evol Anthropol.* 2006 Feb;15(1):20-36. doi:10.1002/evan.20094.

Gordon CC, Buikstra JE. Soil pH, bone preservation, and sampling bias at mortuary sites. *Amer Antiq.* 1981 Jul;46(3):566-71. doi:10.2307/280601.

Gould R. *Living archaeology.* Cambridge: Cambridge University Press; 1980.

Gouveia SEM, et al. 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 Planet Change.* 2002 Jun;33(1-2):95-106. doi:10.1016/S0921-8181(02)00064-4.

Grono E, et al. Microstratigraphy reveals cycles of occupation and abandonment at the mid Holocene coastal site of Thach Lac, northern-central Vietnam. *Arch Res Asia.* 2022 Sep;31:100396. doi:10.1016/j.ara.2022.100396.

Gross MG. Carbon determination. In: Carver RE, editor. *Procedures in sedimentary petrology.* New York: Wiley-Interscience; 1971. p. 573-96.

Guimarães JEP. Calcário no Estado de São Paulo. *Bol Inst Geogr Geol S Paulo.* 1952;32:1-72.

Gur-Arieh S, Shahack-Gross R. Ash and dung calcitic micro-remains. In: Henry AG, editor. *Handbook for the analysis of micro-particles in archaeological samples.* Cham: Springer Nature; 2020. (Eerkens J, editor. *Interdisciplinary contributions to archaeology*). p. 117-47. doi:10.1007/978-3-030-42622-4_6.

Gur-Arieh S, et al. An ethnoarchaeological study of cooking installations in rural Uzbekistan: Development of a new method for identification of fuel sources. *J Archaeol Sci.* 2013 Dec;40(12):4331–47. doi:10.1016/j.jas.2013.06.001.

Harris EC. *Principles of archaeological stratigraphy.* London: Academic Press Limited; 1979.

Hattori ML, Strauss A. Kiju Sakai: o antropólogo japonês que dedicou sua vida a estudar o Brasil na primeira metade do século XX. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Hum.* 2016 set-dez;11(3):715-26. doi:10.1590/1981.81222016000300010.

Hayden B. *Palaeolithic reflections: Lithic technology and ethnographic excavations among Australian Aborigines.* New Jersey: Australian Institute of Aboriginal Studies, Humanities Press Inc; 1979.

Hazenfratz R. Nêutrons, radiação e arqueologia: estudo de caso multianalítico de cerâmicas da Tradição Borda Incisa na Amazônia Central [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo; 2014 [citado 14 mar. 2019].

Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-02072014-140014/en.php>

Hedges R, Millard AR. Bones and groundwater: Towards the modelling of diagenetic processes. *J Archaeol Sci.* 1995 Mar;22(2):155-64. doi:10.1006/jasc.1995.0017.

Hedges R, Millard AR, Pike AWG. Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites. *J Archaeol Sci.* 1995 Mar;22(2):201-09. doi:10.1006/jasc.1995.0022

Hegmon M. Setting theoretical egos aside: Issues and theory in North American archaeology. *Amer Antiq.* 2003 Apr;68(2):213-43. doi:10.2307/3557078.

Heiri O, Lotter AF, Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *J Paleolimnol.* 2001 Jan;25:101-10. doi:10.1023/A:1008119611481.

Hill CL. Geoarchaeology, History. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology.* Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 292-303.

Hlubik S, et al. Researching the nature of fire at 1.5 Mya on the site of FxJj20 AB, Koobi Fora, Kenya, using high-resolution spatial analysis and FTIR spectrometry. *Curr Anthropol.* 2017 Aug;58(16):243-57. doi:10.1086/692530.

Hogg AG, et al. SHCal20 Southern hemisphere calibration, 0–55,000 years cal BP. *Radiocarbon.* 2020;62(4):759-778. doi:10.1017/RDC.2020.59

Holland HD, Turekian KK. Executive's editors foreword. In: Mackenzie FT, editor. *Sediments, diagenesis and sedimentary rocks.* Oxford: Elsevier-Pergamon; 2005.

(Holland HD, Turekian KK, executive editors. *Treatise on geochemistry*; Vol. 7). p. ix-xi.

Holler C. Pseudokarst. In: White WB, Culver DC, Pipan T, editors. *Encyclopedia of caves*. 3rd ed. London: Academic Press; 2019. p. 836-49.

Holliday VT. *Soils in archaeological research*. New York: Oxford University Press; 2004.

Holliday VT. Anthrosols. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 24-27.

Holliday VT, Gartner WG. Methods of soil P analysis in archaeology. *J Archaeol Sci*. 2007 Feb;34(2):301-33. doi:10.1016/j.jas.2006.05.004.

Holmes WH. Modern quarry refuse and the Palaeolithic theory. *Science*. 1892;20(512):295-97.

Homsey LK, Capo RC. Integrating geochemistry and micromorphology to interpret feature use at Dust Cave, a Paleo-Indian through Middle-Archaic site in northwest Alabama. *Geoarchaeol Int J*. 2006;21(3):237-69. doi:10.1002/gea.20103.

Horta Tricallotis H, Gordillo S, Yáñez J. El caracol terrestre *Megalobulimus* en contextos funerarios de San Pedro de Atacama (Chile) y su rol en el intercambio ritual circumpuneño (400-1400 dC). *Lat Am Antiq*. 2022 dic;33(4):753-72. doi:10.1017/laq.2022.4

Hunt CO, Hill EA. Caves and molluscs. In: Allen MJ, editor. *Molluscs in archaeology: Methods, approaches and applications*. Oxford: Oxbow Books; 2017. (Allen MJ, O'Connor T, editors. *Studying scientific archaeology*; Vol. 3). p. 100-10.

Iliopoulos G, et al. Identifying the geochemical taphonomy of the osteological material from Katsambas rockshelter. *J Archaeol Sci*. 2010;37:116-23. doi:10.1016/j.jas.2009.09.021.

Inglis R, et al. Sediment micromorphology and site formation processes during the Middle to Later Stone Ages at the Haua Fteah Cave, Cyrenaica, Libya. *Geoarchaeol Int J*. 2018 Jun;33(3):328-48. doi:10.1002/gea.21660.

Ingold T. *The perception of the environment. Essays on livelihood, dwelling and skill*. London: Routledge; 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Mapa de Biomas do Brasil* [internet]. Primeira aproximação. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842biomas.html?=&t=downloads>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Unidades da Federação [internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas territoriais/15774-malhas.html?edicao=30138&t=acesso-ao-produto>.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Memória Explicativa. Vol. 1. São Paulo: Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia - Governo do Estado de São Paulo; 1981.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Practical aspects of operating a Neutron Activation Analysis laboratory. Viena: International Atomic Energy Agency; 1990. Technical Document IAEA-TEC-DOC-564.

International Soil-Analytical Exchange. ISE-2015-1: Wageningen Evaluation Programs for Analytical Laboratories. Wageningen: Wageningen University; 2015. Report N°: 2015-1-January-March.

Ivanauskas NM, et al. A vegetação do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop*. 2012 mar.;12(1):147-77.

Jans M, et al. *In situ* preservation of archaeological bone: A histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry*. 2002 Aug;44(3):343-52. doi:10.1111/1475-4754.t01-1-00067.

Jensen JL, et al. Soil texture analysis revisited: Removal of organic matter matters more than ever. *PLOS ONE*. 2017 Mar;12(5):e0178039. doi: 10.1371/journal.pone.0178039.

Jolliffe IT. Principal Component Analysis. 2nd ed. New York: Springer-Verlag; 2002. (Bühlmann P, et al., editors. Springer Series in Statistics).

Jones WK, White WB. Karst. In: White WB, Culver DC, Pipan T, editors. *Encyclopedia of caves*. 3rd ed. London: Academic Press; 2019. p. 609-18.

Jurberg P. Contribuição ao conhecimento da conchiliologia, anatomia, dados biológicos e aspectos comportamentais de *Thaumastus (Thaumastus) taunaisii* (Férussac, 1822) (Mollusca, Gastropoda, Bulimulidae) [dissertação]. Rio de Janeiro (Brasil): Universidade Federal de Rio de Janeiro; 1978.

Kabata-Pendias A, Szteke B. Trace elements in abiotic and biotic environments. Boca Raton: Taylor & Francis Group; 2015.

Karkanás P. Preservation of anthropogenic materials under different geochemical processes: A mineralogical approach. *Quat Int*. 2010 Mar;214(1-2):63–9. doi:10.1016/j.quaint.2009.10.017.

Karkanás P. Chemical alteration. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 129-38.

Karkanas P. All about wood ash: Long term fire experiments reveal unknown aspects of the formation and preservation of ash with critical implications on the emergence and use of fire in the past. *J Archaeol Sci.* 2021 Nov;135:105476. doi:10.1016/j.jas.2021.105476.

Karkanas P, et al. Diagenesis in prehistoric caves: The use of minerals that form *in situ* to assess the completeness of the archaeological record. *J Archaeol Sci.* 2000 Oct;27(10):915–29. doi:10.1006/jasc.1999.0506.

Karkanas P, et al. Ash, bones and guano: A study of the minerals and phytoliths in the sediments of Grotte XVI, Dordogne, France. *J Archaeol Sci.* 2002 Jul;29(7):721-32. doi:10.1006/jasc.2001.0742.

Karkanas P, et al. Interpreting human behavior from depositional rates and combustion features through the study of sedimentary microfacies at site Pinnacle Point 5-6, South Africa. *J Human Evol.* 2015 Aug;85:1-21. doi:10.1016/j.jhevol.2015.04.006.

Karkanas P, Goldberg P. *Reconstructing archaeological sites: Understanding the geoarchaeological matrix.* Hoboken: Wiley-Blackwell; 2018.

Karmann I. *Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do Estado de São Paulo [tese].* São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 1994.

Karmann I, Ferrari JA. Carste e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: sistemas de cavernas com paisagens subterrâneas únicas. In: Schobbenhaus C, et al., organizadores. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil.* Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP); 2002. p. 401-13.

Kassambara A. ggpubr: 'ggplot2' based publication ready plots [internet]. R package version 0.4.0; 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>.

Kassambara A, Mundt F. factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses [internet]. R package version 1.0.7;2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.

Kendall C, et al. Diagenesis of archaeological bone and tooth. *Palaeogeog Palaeoclim Palaeoecol.* 2018 Feb;491:21-37. doi:10.1016/j.palaeo.2017.11.041.

Kern DC. Análise e interpretação dos solos e, ou, sedimentos nas pesquisas arqueológicas. *Rev Mus Arqueol Etnolog.* 2009 set; Supl 8:21-35. doi:10.11606/issn.2594-5939.revmaesupl.2009.113506.

Klokler D, Gaspar MD, Scheel-Ybert R. Why clam? Why clams? Shell Mound construction in southern Brazil. *J Archaeol Sci Rep.* 2018 Aug;20:856-63. doi:10.1016/j.jasrep.2018.06.015.

Kolb MF. Analysis of carbon, nitrogen, pH, phosphorus, and carbonates as tools in geoarchaeological research. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of*

Geoarchaeology. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. Encyclopedia of Earth Sciences Series). p. 15-24.

Kolya AA. Inventário, quantificação e valorização do geopatrimônio na Bacia do Rio Corumbataí (SP): subsídios ao Projeto Geoparque Corumbataí [dissertação na internet]. Rio Claro (Brasil): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas; 2019 [citado jan. 2020]. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/182275>.

Kooistra MJ, Pulleman MM. Features related to faunal activity. In: Stoops G, Marcelino V, Mees F, editors. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier: Amsterdam; 2010. p. 397-418.

Kourampas N, et al. Rockshelter sedimentation in a dynamic tropical landscape: Late Pleistocene–early Holocene archaeological deposits in Kitulgala Beli-lena, southwestern Sri Lanka. *Geoarchaeol Int J*. 2009 Dec;24(6):677–714. doi:10.1002/gea.20287.

Kozłowski HS, Corteletti R. Paisagem de mobilidade Jê Meridional do alto Vale do Ribeira de Iguape. *Arqueol*. 2019;22(1):1-23.

Krajcarz MT, Wilczyński J. Intrastrata geochemical variability of a Paleolithic bone assemblage: the case of single-phase Gravettian site Jaksice II, southern Poland. *Geoarchaeol Inter J*. 2019 Oct;34(5):581-91. doi:10.1002/gea.21734.

Krone R. As grutas calcareas do valle do rio Ribeira de Iguape. (Ilustrada com 42 gravuras e um mappa topographico). Rio de Janeiro: Imprensa Nacional; 1909.

Krone R. O idolo anthropomorfo de Iguape: sua relação com os sambaquis e a prehistoria brasileira. *Rev Inst Hist Geog São Paulo Typ Diár Official*. 1911;XVI:227-33.

Krone R. Informações ethnographicas do Valle do rio Ribeira de Iguape. Exploração do rio Ribeira do Iguape. *Boletim da Comissão Geographica e Geologica do Estado de S. Paulo*. Vol. 2. São Paulo: Edição Typ. Brazil de Rothschild & Co; 1914.

Krug E. A Ribeira de Iguape. São Paulo: Typ. Brazil de Rothschild & Company; 1908.

Kühn P, Aguilar J, Miedema R. Textural pedofeatures and related horizons. In: Stoops G, Marcelino V, Mees F, editors. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Elsevier: Amsterdam; 2010. p. 217-50.

Ladeira FSB. Paleossolos silicificados na Serra de Itaqueri – Itirapina/SP: subsídios para a reconstituição paleoambiental [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia; 2001.

Lê S, Josse J, Husson F. FactoMineR: A package for multivariate analysis. *J Stat Soft*. 2008;25(1):1–18. doi:10.18637/jss.v025.i01.

Ledru M-P, et al. Long-term spatial changes in the distribution of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 2015;48(2):159-69. doi: 10.1111/btp.12266.

Leme JLM. Anatomy and systematics of the Neotropical Strophocheiloidea (Gastropoda, Pulmonata) with the description of a new family. *Arq Zool.* 1973 mai;23(5):295-337. doi:10.11606/issn.2176-7793.v23i5p295-337.

Linderholm J, Lundberg E. Chemical characterization of various archaeological soil samples using main and trace elements determined by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. *J Archaeol Sci.* 1994 May;21:303–14. doi:10.1006/jasc.1994.1030.

Lindsay WL, Walthall PM. The solubility of aluminum in soils. In: Sposito G, editor. *The environmental chemistry of aluminum.* 2nd ed. Boca Raton: Lewis Publishers; 1996. p. 333-61.

Lino CF. *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo.* 2a ed. São Paulo: Gaia; 2001.

Linstädter J, Kehl M. The Holocene archaeological sequence and sedimentological processes at Ifri Oudadane, NE Morocco. *J Archaeol Sci.* 2012 Oct;39(10):3306-323. doi:10.1016/j.jas.2012.05.025.

Lippincott, et al. 1958. Infrared studies on polymorphs of silicon dioxide and germanium dioxide. *J Res National Bureau Standards.* 1958 Jul;61(1):61-70. doi:10.6028/JRES.061.009.

Loeppert RH, Suarez DL. Carbonate and gypsum. In: Sparks, et al., editors. *Methods of soil analysis Part 3-Chemical methods.* Madison: Soil Science Society of America & American Society of Agronomy; 1996. p. 437-74.

Löfgren A. Contribuições para a archeologia paulista. Os sambaquis de S. Paulo. *Boletim da Comissão Geographica e Geologica do Estado de S. Paulo.* Vol. 9. São Paulo: Typ. A Vapor de Vanorden & Corp; 1893.

Loizeau J.-L, et al. 1994. Evaluation of a wide range laser diffraction grain size analyser for use with sediments. *Sedimentology.* 1994 Apr;41(2):353–61. doi:10.1111/j.1365-3091.1994.tb01410.x.

Lorenzi H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.* Nova Odessa: Editora Plantarum; 1992.

Lourdeau A. A Serra da Capivara e os primeiros povoamentos sul-americanos: uma revisão bibliográfica. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Hum.* 2019 ago;14(2):367-98. doi:10.1590/1981.81222019000200007.

Lowe KM, et al. A multi-proxy study of antropogenic sedimentation and human occupation of Gledswood Shelter 1: Exploring an interior sandstone rockshelter in Northern Australia. *Archaeol Anthropol Sci.* 2018 Mar;10(2):279-304. doi:10.1007/s12520-016-0354-8.

Lubell D. Prehistoric edible land snails in the circum-Mediterranean: The archaeological evidence. In: Brugal J-P, Desse J, directeurs. *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires. XXIVe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Antibes: Éditions APDCA; 2004. p. 77-98.

Lundberg J. Karren, surface. In: White WB, Culver DC, Pipan T, editors. *Encyclopedia of caves*. 3rd ed. London: Academic Press; 2019. p. 600-08.

Lupinacci CM. A influência da morfoestrutura na disposição de morros testemunhos: o caso do setor de cuevas de Analândia (SP). *Rev Geonorte*. 2014;4(Nº esp)10(6):6-11.

Lyman RL. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.

Lyman RL. A historical sketch on the concepts of archaeological association, context, and provenience. *J Archaeol Method Theory*. 2012 Jun;19:207-40. doi:10.1007/s10816-011-9107-2.

Machado FB. *Geologia e aspectos petrológicos das rochas intrusivas e efusivas mesozóicas de parte da borda leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo [dissertação]*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas; 2005.

Madejová J. FTIR techniques in clay mineral studies. *Vib Spectrosc*. 2003 Jan;31(1):1–10. doi:10.1016/S0924-2031(02)00065-6.

Mallol C, Mentzer SM, Miller C. Combustion features. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 299-330.

Mallol C, et al. Earth, wind, and fire: Ethnoarchaeological signals of Hadza fires. *J Archaeol Sci*. 2007 Dec;34(12):2035-52. doi:10.1016/j.jas.2007.02.002

Mallol C, et al. Human actions performed on simple combustion structures: An experimental approach to the study of Middle Palaeolithic fire. *Quat Int*. 2013 Nov;315:3-15. doi:10.1016/j.quaint.2013.04.009.

Malvern Instruments. *Mastersizer 2000 user manual MANO384-Issue 1.0*. [Internet]. Malvern (UK): Malvern Instruments; 2007 [citado 20 nov. 2020]. Disponível em: <https://www.malvernpanalytical.com/en/learn/knowledgecenter/usermanuals/MAN0384EN>

Mandel RD, Goldberg P, Holliday VT. Site formation processes. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 797-817.

Marcazzan D, Miller CE, Conard NJ. Burning, dumping, and site use during the Middle and Upper Palaeolithic at Hohle Fels Cave, SW Germany. *Archaeol Anthropol Sci*. 2022 Aug;14(178):1-26. doi:10.1007/s12520-022-01647-7.

- Marcelino V, et al. Portuguese translation of micromorphological terms. Version 1.1. In: Stoops G, editor. Multilingual translation of micromorphological terminology used in "Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections" (Stoops, 2003)". Madison: Soil Science Society of America; 2017. p. 134-39.
- Marquardt WH. Shell mounds in the southeast: Middens, monuments, temple mounds, rings, or works? *Amer Antiq.* 2010 Jul;75(3):551-70. doi:10.7183/0002-7316.75.3.551.
- Martínez G, Mazzanti DL, Bernasconi MV. Procesos pedogenéticos em cuevas y aleros de Tandilia Oriental. In: Rubin de Rubin JC, Favier Dubois CM, Silva RT, editores. *Geoarqueologia na América do Sul*. Goiânia: Editora da PUC, Goiás; 2015. p. 109-40.
- McAdams C, Morley MW, Roberts RG. The acid test: An experimental microarchaeological study of guano-driven diagenesis in tropical cave sediments. *J Archaeol Sci Rep.* 2021 Jun;37:102947. doi:10.1016/j.jasrep.2021.102947.
- McAdams C, et al. The Pleistocene geoarchaeology and geochronology of Con Moong Cave, North Vietnam: Site formation processes and hominin activity in the humid tropics. *Geoarchaeol Int J.* 2020 Feb;35(1):72-97. doi:10.1002/gea.21758.
- McAdams C, et al. Late Pleistocene shell midden microstratigraphy indicates a complex history of human–environment interactions in the uplands of northern Vietnam. *Phil Trans R Soc B.* 2022 Mar;377(1849):20200493. doi:10.1098/rstb.2020.0493.
- McCauley B, Collard M, Sandgathe D. A cross-cultural survey of on-site fire use by recent hunter-gatherers: Implications for research on Palaeolithic pyrotechnology. *J Paleo Archaeol.* 2020 Dec;3:566-84. doi:10.1007/s41982-020-00052-7.
- McKenzie WS, Guilford C. *Atlas of rock-forming minerals in thin section*. Washington, DC: Halsted Press; 1980.
- Macphail RI, et al. The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabling activities. In: Maggi R, Starnini E, Voytek B, editors. *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence: excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-50*. Roma: Il Calamo; 1997. (Memorie dell' Instituto Italiano di Paleontologia Umana, Nuova Serie; vol. 5). p. 53-88.
- Melo VF, et al. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2001 Jul;65:1324–33. doi:10.2136/sssaj2001.6541324x.
- Mendonça de Souza S, Mendonça de Souza AAC. Pescadores e recoletores do litoral do Rio de Janeiro. *Arquiv Mus Hist Nat.* 1982;VI-VII:109-31.
- Mentzer SM. Microarchaeological approaches to the identification and interpretation of combustion features in prehistoric archaeological sites. *J Archaeol Method Theory.* 2014 Sep;21(3):616–68. doi:10.1007/s10816-012-9163-2.

Mentzer SM. Rockshelter settings. In: Gilbert AS, et al., editors. *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*). p. 725-43.

Miall AD. *Stratigraphy: A modern synthesis*. Cham: Springer; 2016.

Middleton GV. Johannes Walther's law of the correlation of facies. *Geol Soc Amer Bullet*. 1973 Mar;84(3):979-88.

Middleton WD, Price DT. Identification of activity areas by multi-element characterization of sediments from modern and archaeological house floors using Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy. *J Archaeol Sci*. 1996 Sep;23(5):673-87. doi:10.1006/jasc.1996.0064.

Middleton WD, et al. The study of archaeological floors: Methodological proposal for the analysis of anthropogenic residues by spot tests, ICP-OES, and GC-MS. *J Archaeol Method Theory*. 2010 Sep;17:183-208. doi:10.1007/s10816-010-9088-6.

Mikutta R., et al. Review: Organic matter removal from soils using hydrogen peroxide, sodium hypochlorite, and disodium peroxodisulfate. *Soil Sci Soc Am J*. 2005 Jan;69:120-35.

Milani EJ. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto V, et al., organizadores. *Geologia do continente Sul-Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Editora Beca. 2004. p. 265-79.

Milani EJ, et al. Stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. *Bol IG USP Série Científica*, São Paulo. 1998;(29):125–73.

Milek KB. Floor formation processes and the interpretation of site activity areas: An ethnoarchaeological study of turf buildings at Thverá, northeast Iceland. *J Anthropol Archaeol*. 2012 Jun;31(2):119-37. doi:10.1016/j.jaa.2011.11.001.

Milek KB, Roberts HM. Integrated geoarchaeological methods for the determination of site activity areas: A study of a Viking Age house in Reykjavik, Iceland. *J Archaeol Sci*. 2013 Apr;40(4):1845-65. doi:10.1016/j.jas.2012.10.031.

Miller CE, et al. Dumping, sweeping and trampling: Experimental micromorphological analysis of anthropogenically modified combustion features. *P@lethnologie*. 2010 jan.;2:25-37.

Miller CE, Goldberg P, Berna F. Geoarchaeological investigations at Diepkloof Rock Shelter, Western Cape, South Africa. *J Archaeol Sci*. 2013 Sep;40(9):3432-52. doi:10.1016/j.jas.2013.02.014.

Miller ET. Resultados preliminares das escavações no sítio pré-cerâmico RS-LN-1: Cerrito Dalpiaz (abrigo sob rocha). *Iheringia Ser Antropol*. 1969;1:43-112.

Miller ET. Pesquisas arqueológicas paleoindígenas no Brasil Ocidental. *Est Atacam.* 1987;8:37-61.

Miller TO Jr. Arqueologia da região central do Estado de São Paulo. *Dédalo.* 1972;16: 13-118.

Miller TO Jr. Duas fases paleoindígenas da Bacia de Rio Claro, E. S. Paulo: um estudo em metodologia. Erechim: Sociedade de Arqueologia Brasileira; 2011. (Coleção Clássicos da Arqueologia Brasileira).

Miranda MS, Fontenelle JH. Population dynamics of *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda: Pulmonata) in the southeast coast of Brazil. *Zoologia.* 2015 dez.;32(6):463–68. doi:10.1590/S1984-46702015000600005.

Moraes CA. Arqueologia Tupi no nordeste de São Paulo: um estudo de variabilidade artefactual [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2007. [citado abr. 2019]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-10072007-155042/pt-br.php>

Moraes CDP, Neves EG. O ano 1000: adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia Central. *Amazônica.* 2012;4:122–48.

Morais JL. A utilização dos afloramentos litológicos pelo homem pré-histórico brasileiro: análise do tratamento da matéria-prima. São Paulo: Fundo de Pesquisas do Museu Paulista da Universidade de São Paulo; 1983. (Coleção Museu Paulista Arqueologia, Vol. 7).

Morales WF. Ricardo Krone e as pesquisas arqueológicas no vale do Ribeira de Iguape, SP. *Rev Mus Arqueol Etnol.* 1998;8:281-86. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.1998.109554.

Moreno de Souza JC. Tecnologia de ponta a ponta: em busca de mudanças culturais durante o Holoceno em indústrias líticas do sudeste e sul do Brasil [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Rio de Janeiro, Museu Nacional; 2019.

Moreno de Souza JC. The technological diversity of lithic industries in eastern South America during the Late Pleistocene-Holocene transition. In: Ono R, Pawlik A, editors. *Pleistocene archaeology: Migration, technology and adaptation.* IntechOpen; 2020.

Moreno de Souza JC, Okumura M. The association of Palaeoindian sites from southern Brazil and Uruguay with the Umbu Tradition: comments on Suárez et al. (2017). *Quat Int.* 2018 Feb;467(B):292-96. doi:10.1016/j.quaint.2017.11.056.

Moreno de Souza JC, Okumura M. A new proposal for the technological analysis of lithic points: Application for understanding the cultural diversity of hunter gatherers in Eastern South America. *Quat Int.* 2020;562:1-12. doi:10.1016/j.quaint.2020.07.037.

Moss G, Moss M. Projeto Brasil das Águas - Sete Rios. Ribeira de Iguape (PR e SP): Expedição exploratória. Brasília: Petrobrás; 2007.

Munita CS. Contribuição da Análise por Ativação com Nêutrons a estudos arqueométricos: Estudo de caso. Canindé. 2005;6:151-81.

Munita CS, Glascock MD, Hazenfratz R. Neutron Activation Analysis: An overview. In: Rahman A-U, Ozkan SA, editors. Recent advances in analytical techniques. Vol. 3. Sharjah: Bentham Science Publishers; 2019. p. 179-227.

Munita CS, et al. Archaeometric study of clay deposits from the Indigenous Land of the Asurini do Xingu. *Inst Sci Technol*. 2005;33(2):161-73. doi:10.1081/CI-200048058.

Munita CS, et al. Explorando problemas arqueológicos com técnicas físico-químicas: a trajetória do Grupo de Estudos Arqueométricos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Hum*. 2020;15(3): e20200004. doi:10.1590/2178-2547-BGOELDI-2020-0004.

Murdoch DJ, Chow ED. A graphical display of large correlation matrices. *The Amer Statist*. 1996 May;50(2):178-80. doi:10.2307/2684435.

Museum of London Archaeology Service (MoLAS). *Archaeological Site Manual*. 3rd ed. London: Museum of London; 1994.

Nalimov VV. *The application of mathematical statistics to chemical analysis*. Oxford: Pergamon Press; 1963.

Needham S, Spence T. Refuse and the formation of middens. *Antiquity*. 1997 Mar;71(271):77-90. doi:10.1017/S0003598X00084568.

Nelson DW, Sommers LE. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, et al., editors. *Methods of soil analysis Part 3-Chemical methods*. Madison: Soil Science Society of America & American Society of Agronomy; 1996. p. 961-1010.

Neves WA, Okumura MM. Afinidades biológicas de grupos pré-históricos do vale do rio Ribeira de Iguape (SP): uma análise preliminar. *Rev Antrop USP*. 2005;48(2):525-58.

Neves WA, et al. A new early Holocene human skeleton from Brazil: implications for the settlement of the New World. *J Hum Evol*. 2005 Apr;48(4):403-14. doi:10.1016/j.jhevol.2004.12.001.

Nichols G. *Sedimentology and stratigraphy*. 2nd ed. London: Blackwell-Wiley; 2009.

Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017.

Nielsen-Marsh CM, Hedges REM. Patterns of diagenesis in bone I: The effects of site environments. *J Archaeol Sci*. 2000 Dec;27(12):1139-50. doi:10.1006/jasc.1999.0537.

Noelli FS, Souza JG. Novas perspectivas para a cartografia arqueológica Jê no Brasil meridional. *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Hum*. 2017;12(1):57-84.

doi:10.1590/1981.81222017000100004.

Nunes GKM, Santos SB. Environmental factors affecting the distribution of land snails in the Atlantic rain forest of Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brazil. *Braz J Biol.* 2012 Feb;72(1):79-86. doi:10.1590/S1519-69842012000100010.

O'Brien MJ, Lyman RL. Seriation, stratigraphy, and index fossils. The backbone of archaeological dating. New York: Kluwer Academic Publishers; 2002.

Okumura MM, Araujo AGM. Long-term cultural stability in hunter-gatherers: A case study using traditional and geometric morphometric analysis of lithic stemmed bifacial points from southern Brazil. *J Archaeol Sci.* 2014 May;45:59-71. doi:10.1016/j.jas.2014.02.009.

Okumura MM, Araujo AGM. The southern divide: testing morphological differences among bifacial points from southern and southeastern Brazil using geometric morphometrics. *J Lithic Stud.* 2016 Mar;3(1):107-31. doi:10.2218/jls.v3i1.1379.

Okumura MM, Araujo AGM. Fronteiras sul e sudeste: uma análise morfométrica de pontas bifaciais de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (Brasil). *J Lithic Stud.* 2017 nov;4(3):163-88. doi:10.2218/jls.v4i3.1619.

Okumura MM, Araujo AGM. Archaeology, biology, and borrowing: A critical examination of geometric morphometrics in archaeology. *J Archaeol Sci.* 2019 Jan;101:149-58. doi:10.1016/j.jas.2017.09.015.

Oliveira AM, et al. Novo registro de sítios arqueológicos em cavernas areníticas na região de Analândia, Estado de São Paulo. In: Rasteiro MA, Filho WS, organizadores. Congresso Brasileiro de Espeleologia. Vol. 33. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia; 2015. p. 13-20.

Oliveira PMS, Munita CS, Hazenfratz R. Comparative study between three methods of outlying detection on experimental results. *J Radioanal Nucl Chem.* 2010;283:433-37. doi:10.1007/s10967-009-0382-2.

Ortner DJ, Turner-Walker G. The biology of skeletal tissues. In: Ortner DJ, editor. Identification of pathological conditions in human skeletal remains. 2nd ed. New York: Academic Press; 2003. p. 11-35.

Ozán IL, et al. Depositional and post-depositional processes in human-modified cave contexts of west-central Patagonia (Southernmost South America). *Palaeogeogr, Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2019 Oct;532(109268):1-14. doi:10.1016/j.palaeo.2019.109268.

Parellada CI. Estudo arqueológico no alto vale do rio Ribeira: área do gasoduto Bolívia-Brasil, trecho X, Paraná [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2006 [citado 25 mar. 2020]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-28072006-173819/pt-br.php>

Parellada CI. Paisagens transformadas: a arqueologia de povos Jê no Paraná, sul do Brasil. *Rev Mus Arqueol Etnol.* 2016;(27):158-67. doi:10.11606/issn.2448-1750.revmae.2016.137300.

Parenti F. Le gisement quaternaire de Pedra Furada (Piauí, Brésil). *Straigraphie, chronologie, évolution culturelle.* Paris: Éditions Recherches sur les civilisations; 2001.

Passarini Junior, JR. Estudo interdisciplinar em sedimentos lacustres da região sul do Estado de São Paulo. *Reconstrução da vegetação e do clima no Quaternário tardio [dissertação].* Piracicaba: Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura; 2009.

Pearsall DM. *Paleoethnobotany. A handbook of procedures.* 2nd ed. San Diego: Academic Press; 2000.

Pecci A, Barba L, Ortiz A. Chemical residues as anthropic activity markers. *Ethnoarchaeology, experimental archaeology and archaeology of food production and consumption.* *Environ Archaeol.* 2017 Aug;22(4):343-53. doi:10.1080/14614103.2017.1359354.

Penin A. *Análise dos processos formativos do sítio Capelinha: estabelecimento de um contexto microrregional [dissertação na internet].* São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo; 2005 [citado 3 jun. 2019]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-19102006-153609/pt-br.php>

Pereira TTC, et al. A mineralogia dos solos tropicais: estado da arte e relação com o uso e manejo. *Geonomos.* 2020;28(1):1-14. doi:10.18285/geonomos.v28i1.29650.

Perez GC. *Arqueologia paulista e o marcador cerâmico como delimitador de fronteira étnica: um estudo das regiões sul e oeste do Estado de São Paulo [tese na internet].* São Paulo: Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2018 [citado 10 mar. 2020]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-05042018-092642/pt-br.php>

Perinotto JAJ, et al. Diques clásticos na Formação Corumbataí (P) no nordeste da Bacia do Paraná, SP: análise sistemática e significações estratigráficas, sedimentológicas e tectônicas. *São Paulo UNESP Geociên.* 27;2008(4):469-91.

Perotta MM, et al. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000.* São Paulo: CPRM - Programa Geologia do Brasil; 2005.

Pessenda LCR, et al. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 ¹⁴C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. *Quater Res.* 2009 May;71(3):437-52. doi:10.1016/j.yqres.2009.01.008.

Pessenda LCR, et al. Last millennium environmental changes and climate inferences in the southeastern Atlantic Forest, Brazil. *An Acad Bras Cienc.* 2010 Sep;82(3):717-29. doi:10.1590/S0001-37652010000300019.

Phillips DH, FitzPatrick EA. Biological influences on the morphology and micromorphology of selected Podzols (Spodosols) and Cambisols (Inceptisols) from the eastern United States and north-east Scotland. *Geoderma*. 1999 Jul;90(3-4):327-64. doi:10.1016/S0016-7061(98)00121-9.

Piperno DR. *Phytoliths: A comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Lanham: Altamira Press; 2006.

Pires FA. Faciologia e análise paleoambiental da sequência deposicional Furnas-Lajeado (Gr. Açungui), de idade Proterozoica. *Rev Bras Geociên*. 1991;21(4):355-62.

Pişkin E, Bartkowiak M. Environmental archaeology: what is in a name? In: Pişkin E, Marciniak A, Bartkowiak M, editors. *Environmental archaeology: Current theoretical and methodological approaches*. Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 1-14.

Plens CR. *Sítio Moraes, uma biografia não autorizada: análise do processo de formação de um sambaqui fluvial [tese na internet]*. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2007 [citado 18 fev. 2020]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-28052008-145502/pt-br.php>

Politis GG. *Nukak: ethnoarchaeology of an Amazonian people*. Walnut Creek: Left Coast Press; 2007.

Pollard AM, et al. *Analytical chemistry in archaeology*. New York: Cambridge University Press; 2007.

Pookajorn S. Ethnoarchaeology with the Phi Tong Luang (Mlabrai): Forest hunters of northern Thailand. *World Archaeol*. 1985 Oct;17(2):206-21. doi:10.1080/00438243.1985.9979963.

Pribyl, DW. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*. 2010 May;156(3-4):75-83. doi:10.1016/j.geoderma.2010.02.003.

Prous A. *Arqueologia brasileira*. Brasília: Editora Universidade de Brasília; 1992.

Prous A, Lima AP. O registro de moluscos nos vestígios arqueológicos pré-históricos do Brasil. *Comechingonia. Revista de Arqueología*. 2019 jul.;23(1):179-216.

Pugliese F, Zimpel CA, Neves EG. Los concheros de la Amazonía y la historia indígena profunda de América del Sur. In: Rostain S, Betancourt CJ, editores. *Las Siete Maravillas de la Amazonía precolombina*. La Paz: Bonner Altamerika-Sammlung und Studien – Plural Editores; 2017. p. 27-46.

Pye K, Blott SJ. Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. *Forensic Sci Int*. 2004 Aug;144(1):19–27. doi:10.1016/j.forsciint.2004.02.028.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [internet]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R [internet]. Boston, MA; 2020. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>.

Raab LM, Goodyear AC. Middle-range theory in archaeology: A critical review of origins and applications. *Amer Antiq.* 1984 Apr;49(2):255-68. doi:10.2307/280018.

Rabett, et al. Inland shell midden site-formation: Investigation into a late Pleistocene to early Holocene midden from Trảng An, northern Vietnam. *Quat Int.* 2011 Jul;239(1-2):153-69. doi:10.1016/j.quaint.2010.01.025.

Reitz EJ, Shackley M. *Environmental archaeology.* New York: Springer Science+Business Media; 2012.

Reitz EJ, Wing ES. *Zooarchaeology.* 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2008.

Renfrew C. Introduction: Archaeology and the Earth sciences. In: Davidson DA, Shackley ML, editors. *Geoarchaeology: Earth science and the past.* Boulder: Westview Press; 1976. p. 1-5.

Rentzel F, et al. Trampling, poaching and the effect of traffic. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology.* Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 281-297.

Retallack GJ. *Soils of the past: An introduction to paleopedology.* 2nd ed. Oxford: Blackwell Science.

Ricci O. *Microartefatos e análise geoarqueológica: um estudo de caso da região de Rio Claro – SP [dissertação na internet].* São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2018 [citado 8 ago. 2019]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-27112018-115311/pt-br.php>

Riris P, Arroyo-Kalin M. Widespread population decline in South America correlates with mid-Holocene climate change. *Sci Rep.* 2019 May;9:6850. doi:10.1038/s41598-019-43086-w.

Robrahn EM. *A ocupação pré-colonial do vale do Ribeira de Iguape, SP: os sítios cerâmicos do médio curso [dissertação].* São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas; 1989.

Robrahn-González EM. Diversidade cultural entre os grupos ceramistas do sul-sudeste brasileiro: o caso do vale do Ribeira de Iguape. In: Tenório, MC, organizadora. *Pré-história da Terra Brasilis.* Rio de Janeiro: Editora da UFRJ; 1999. p. 293-306.

Robrahn-González EM, De Blasis PAD. Investigações arqueológicas no médio/baixo vale do Ribeira de Iguape, São Paulo. *Rev Mus Arqueol Etnol.* 1998;8:57-69.

Rossi M. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal; 2017.

Rossi M, Neto AGP. Solos do PETAR e Área de Entorno, escala 1:100.000. In: Plano de Manejo do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira [internet]. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - Fundação Florestal; 2010 [citado 1 jul. 2019]. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-turistico-do-alto-ribeira-petar/>

Rubin de Rubin JC, Silva RT, organizadores. *Geoarqueologia*. Goiânia: Editora da PUC Goiás; 2013.

Saia SEMG, et al. Last Glacial Maximum (LGM) vegetation changes in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. *Quat Int.* 2008 Jun;184(1):195–201. doi:10.1016/j.quaint.2007.06.029.

Sakai K. *Notas arqueológicas do Estado de São Paulo, Brasil*. São Paulo: Instituto Paulista de Arqueologia; 1981.

Sallun AEM, et al. Geochemical evidence of the 8.2 ka event and other Holocene environmental changes recorded in paleolagoon sediments, southeastern Brazil. *Quat Res.* 2012 Jan;77(1):31-43. doi:10.1016/j.yqres.2011.09.007.

Sallun Filho W, Karmann I. Províncias cársticas e cavernas no Brasil. In: Hasui Y, et al., editores. *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca; 2012. p. 629-41.

Santisteban JI, et al. Loss on ignition: A qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? *J Paleolimnol.* 2004 Oct;32:287-99. doi:10.1023/B:JOPL.0000042999.30131.5b.

Santos FG. *Sítios líticos no interior paulista: um enfoque regional* [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2011 [citado mai. 2019]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-01112011-092458/pt-br.php>

Santos RD, et al. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 7a ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2015.

Saunders R. Archaic shell mounds in the American Southeast. In: *Oxford Handbooks Online*. Oxford: Oxford University Press; 2017. doi:10.1093/oxfordhb/9780199935413.013.75.

Scatamacchia MCM, Uchôa DP. O contato euro-indígena visto através de sítios arqueológicos do Estado de São Paulo. *Rev Arqueol.* 1993;7:153-73.

Schaefer CEGR, et al. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorous and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) anthrosol from western Amazonia. *Australian J Soil Res.* 2004 Jun;42:401-09. doi:10.1071/SR03106.

Scheel-Ybert R. Man and vegetation in southeastern Brazil during the Late Holocene. *J Archaeol Sci.* 2001 May;28(5):471-80. doi:10.1006/jasc.2000.0577.

Scheel-Ybert R. Teoria e métodos em antracologia. 1 Considerações teóricas e perspectivas. *Arquiv Mus Nac.* 2004;62(1):3-14.

Scheel-Ybert R. Antracologia: preservados pelo fogo. In: Gaspar MD, Mendonça de Souza S, editoras. *Abordagens estratégicas em sambaquis.* Erechim: Habilis Press Editora; 2013. p. 193-218.

Scheel-Ybert R, et al. Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo state (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}\text{C}$ analysis. *The Holocene.* 2003 Jan;13(1):73–81. doi:10.1191/0959683603hl596rp.

Schiegel S, et al. Siliceous aggregates from prehistoric wood ash: A major component of sediments in Kebara and Hayonim caves (Israel). *Israel J Earth Sci.* 1994;43:267-78.

Schiegel S, et al. Ash deposits in Hayonim and Kebara caves, Israel: Macroscopic, microscopic and mineralogical observations, and their archaeological implications. *J Archaeol Sci.* 1996 Sep;23(5):763-81. doi:10.1006/jasc.1996.0071.

Schiffer MB. Archaeological context and systemic context. *Amer Antiq.* 1972 Apr;37(2):156-65. doi:10.2307/278203.

Schiffer MB. Toward the identification of formation processes. *Amer Antiq.* 1983 Oct;48(4):675-706. doi:10.2307/279771.

Schiffer MB. *Formation processes of the archaeological record.* Albuquerque: University of New Mexico Press; 1987.

Schmidt MJ, et al. Dark Earths and the human built landscape in Amazonia: A widespread pattern of anthrosol formation. *J Archaeol Sci.* 2014 Feb;42:152-65. doi:10.1016/j.jas.2013.11.002.

Schmitz PI. Prehistoric hunters and gatherers of Brazil. *J World Prehist.* 1987 Mar;1(1):53-126. doi:10.1007/BF00974817.

Schulte, P, et al. Influence of HCl pretreatment and organo-mineral complexes on laser diffraction measurement of loess–paleosol-sequences. *Catena.* 2016 Feb;137:392-405. doi:10.1016/j.catena.2015.10.015.

Seymour Fanning D, Balluff Fanning MC. *Soil: morphology, genesis, and classification.* New York: Wiley; 1989.

Shackley ML. Archaeological sediments. A survey of analytical methods. London: Butterworths; 1975.

Shackley MS. An introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) analysis in archaeology. In: Shackley MS, editor. X-Ray Fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology. New York: Springer Science+Business Media; 2011. p. 7-44.

Shahack-Gross R. Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016. *J Archaeol Sci.* 2017 Mar;79:36-43. doi:10.1016/j.jas.2017.01.004.

Shahack-Gross R, Ayalon A. Stable carbon and oxygen isotopic compositions of wood ash: An experimental study with archaeological implications. *J Archaeol Sci.* 2013 Jan;40(1):570-78. doi:10.1016/j.jas.2012.06.036.

Shahack-Gross R, et al. Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. *J Archaeol Sci.* 2004 Sep;31(9):1259-72. doi:10.1016/j.jas.2004.02.004.

Shahack-Gross R, et al. Formation processes of cemented features in karstic cave sites revealed using stable oxygen and carbon isotopic analyses: A case study at Middle Paleolithic Amud Cave, Israel. *J Archaeol Sci.* 2008 Feb;23(1):43-62. doi:10.1002/gea.20203.

Shahack-Gross R, et al. Evidence for the repeated use of a central hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel. *J Archaeol Sci.* 2014 Apr;44:12-21. doi:10.1016/j.jas.2013.11.015.

Shillito L-M, Matthews W. Geoarchaeological investigations of midden-formation processes in the Early to Late Ceramic Neolithic Levels at Çatalhöyük, Turkey *ca.* 8550–8370 cal BP. *Geoarchaeol Int J.* 2013 Jan/Feb;28(1):25-49. doi:10.1002/gea.21427.

Shillito L-M, et al. The microstratigraphy of middens: Capturing daily routine in rubbish at Neolithic Çatalhöyük, Turkey. *Antiquity.* 2011 Sep;85(329):1024–038. doi:10.1017/S0003598X00068460.

Shoji S, Fujiwara Y. Active aluminum and iron in the humus horizons of Andosols from northeastern Japan: Their forms, properties and significance in clay weathering. *Soil Sci.* 1984 Apr;137:216-26. doi:10.1097/00010694-198404000-00002.

Shott MJ. Status and role of formation theory in contemporary archaeological practice. *J Archaeol Res.* 1998 Dec;6(4):299-329. doi:10.1007/BF02446082.

Sifogeorgaki, et al. New excavations at Umhlatuzana Rockshelter, KwaZulu-Natal, South Africa: a stratigraphic and taphonomic evaluation. *Afr Archaeol Rev.* 2020 Dec; 37:551–78. doi:10.1007/s10437-020-09410-w.

Silva ACN. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como apoio ao planejamento territorial do Município de Iporanga – SP [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 2002.

Silva LV. O antropogênico e o geogênico na sedimentologia pré-histórica de Lagoa Santa: estudo geoarqueológico do sítio Lapa do Niáctor [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas; 2013.

Skinner HCW. Mineralogy of bone. In: Selinus O, editor. *Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health*. London: Elsevier; 2005. p. 667–78.

Snitker G. The Charcoal Quantification Tool (CharTool): A suite of open-source tools for quantifying charcoal fragments and sediment properties in archaeological and paleoecological analysis. *Ethnobiol Letters*. 2020 Sep;11(1):103-15. doi: 10.14237/ebl.11.1.2020.1653.

Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). Cadastro Nacional de Cavernas [internet]. 2023 [citado 05 jun. 2023].

Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/cnc/Regions.aspx#>.

Sousa DV, et al. Pedoarqueologia em abrigo quartzítico, sítio Bibocas I, Jequitaiá, ocupação humana no Holoceno Inicial na bacia do São Francisco. *Teoria e Soc*. 2015 jun;23(1):167-97.

Sousa DV, Rodet J. Interação entre pedologia e arqueologia, “pedoarqueologia”. Rubin de Rubin JC, Favier Dubois CM, Silva RT, editores. *Geoarqueologia na América do Sul*. Goiânia: Editora da PUC, Goiás; 2015. p. 383-426.

Souza M, et al. Evolução paleoambiental holocênica da porção nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Bras Paleont*. 2013;16(2):297-308. doi:10.4072/rbp.2013.2.10.

Souza T. Da lama ao fogo: tecnologia de pedra e fogueira no Abrigo de Itapeva, SP [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2019 [citado 23 mar. 2020]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-01112019-112347/pt-br.php>

Speakman RJ, Glascock MD. Special issue: Acknowledging fifty years of Neutron Activation Analysis in archaeology. *Archaeometry*. 2007 May;49(2):179-83. doi:10.1111/j.1475-4754.2007.00294.x.

Stefanuto EB, Lupinacci CM. Características morfoestruturais do relevo em setor de cuestas: um estudo em Analândia (SP). *Rev Bras Geogr Fís*. 2016;09(04):1197-211. doi:10.5935/1984-2295.20160081.

Stein JK. Organic matter and carbonates in archaeological sites. *J Field Archaeol*. 1984 Jul;11(2):239-46. doi: 10.2307/529357.

Stein JK. Deposits for archaeologists. In: Schiffer MB, editor. *Advances in archaeological method and theory*. Vol. 11. Tucson: The University of Arizona Press; 1987. p. 337-95.

Stein JK. The analysis of shell middens. In: Stein JK, editor. *Deciphering a shell midden*. San Diego: Academic Press; 1992a. p. 1-24.

- Stein JK. Interpreting stratification of a shell midden. In: Stein JK, editor. Deciphering a shell midden. San Diego: Academic Press; 1992b. p. 71-93.
- Stein JK. A review of site formation processes and their relevance to geoarchaeology. In: Goldberg P, Holliday VT, Reid Ferring C, editors. Earth sciences and archaeology. New York: Springer Science + Business Media; 2001a. p. 37-51.
- Stein JK. Archaeological sediments in cultural environments. In: Stein JK, Farrand WR, editors. Sediments in archaeological context. Salt Lake City: The University of Utah Press; 2001b. p. 1-28.
- Stein JK, Holliday VT. Archaeological stratigraphy. In: Gilbert AS, et al., editors. Encyclopedia of Geoarchaeology. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 2017. (Finkl CW, editor. Encyclopedia of Earth Sciences Series). p. 33-9.
- Stephens M, Rose J, Gilbertson DD. Post-depositional alteration of humid tropical cave sediments: Micromorphological research in the Great Cave of Niah, Sarawak, Borneo. *J Archaeol Sci.* 2017 Jan;77:109-24. doi:10.1016/j.jas.2016.01.015.
- Stolt MH, Lindbo DL. Soil organic matter. In: Stoops G, Marcelino V, Mees F, editors. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Amsterdam: Elsevier; 2010. p. 369-96.
- Stoops G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America; 2021.
- Stoops G, Nicosia C. Introduction. In: Nicosia C, Stoops G, editors. Archaeological soil and sediment micromorphology. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 1-7.
- Stoops G, Marcelino V, Mees F, editors. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Amsterdam: Elsevier; 2010.
- Straus LG. Underground archaeology: perspectives on caves and rockshelters. In: Schiffer MB, editor. Archaeological method and theory. Vol. 2. Tucson: The University of Arizona Press; 1990. p. 255-304.
- Strauss A, et al. The archaeological record of Lagoa Santa (east-central Brazil): from the Late Pleistocene to historical times. In: Auler AS, Pessoa P, editors. Lagoa Santa Karst: Brazil's iconic karst region. Cham: Springer; 2020. p. 227-81.
- Suárez R, Piñeiro G, Barceló F. Living on the river edge: the Tigre site (K-87) new data and implications for the initial colonization of the Uruguay river basin. *Quat Int.* 2018 Apr;473(B):242-60. doi:10.1016/j.quaint.2017.08.024.
- Swan D, Clague JJ, Luternauer JL. Grain-size statistics II: Evaluation of grouped moment measures. *J Sed Petrol.* 1979 Jun;49(2):487-500. doi:10.1306/212F7775-2B24-11D7-8648000102C1865D.

Tavares AC, Christofolletti ALH, Santana MPC. Tipos de tempo e feições do escoamento superficial na bacia do rio Corumbataí – SP, Brasil. *Clim Est Pais*. 2007 jun.;2(1):128-47.

Taylor VK, Bell M. Land mollusc middens. In: Allen MJ, editor. *Molluscs in archaeology: methods, approaches and applications*. Oxford: Oxbow Books; 2017. (Allen MJ, O'Connor T, editors. *Studying scientific archaeology*; Vol. 3). p. 195-212.

Teixeira PC, Campos DVB, Saldanha MFC. pH do solo. In: Teixeira PC, et al., editores. *Manual de métodos de análise de solo*. 3a ed. Brasília: EMBRAPA; 2017a. p. 199-202.

Teixeira PC, Campos DVB, Saldanha MFC. Fósforo disponível. In: Teixeira PC, et al., editores. *Manual de métodos de análise de solo*. 3a ed. Brasília: EMBRAPA; 2017b. p. 203-08.

Teixeira PC, et al. Cátions trocáveis. In: Teixeira PC, et al., editores. *Manual de métodos de análise de solo*. 3a ed. Brasília: EMBRAPA; 2017. p. 209-32.

Teixeira WG, et al. Caracterização de um perfil de solo desenvolvido no sambaqui fluvial Moraes, município de Miracatu – SP. *Rev Mus Arqueol Etnolog*. 2012;22:181-194.

Théry-Parisot I. *Économie du combustible au Paléolithique. Anthracologie, expérimentation, taphonomie*. Paris: CNRS; 2001.

Thompson VD. Whispers on the landscape. In: Thompson VD, Waggoner Jr. JC, editors. *The archaeology and Historical Ecology of small scale economies*. Gainesville: University Press of Florida; 2013. p. 1-13.

Tognoli ARO. Zooarqueologia dos sambaquis fluviais – Caraça, Estreito, Tatupeva e Lageado IV: uma leitura da paisagem sambaqueira da região de Itaoca – Vale do Ribeira de Iguape [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2016 [citado 5 jun. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-14072016-161333/pt-br.php>

Trueman CN, et al. Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Ambroseli National Park, Kenya: Diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. *J Archaeol Sci*. 2004 Jun;31(6):721-39.
doi:10.1016/j.jas.2003.11.003.

Trueman CN, Tuross N. Trace elements in recent and fossil bone apatite. In: Kohn MJ, Rakovan J, Hughes JM, editors. *Phosphates: Geochemical, geobiological, and materials importance*. Washington: Mineralogical Society of America & Geochemical Society; 2002. p. 489–521.

Tudela DRG. Caracterização físico-química de sedimentos do sítio arqueológico Lapa Grande de Taquaraçu, MG [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN – CNEN/SP); 2013 [citado 18 fev. 2019]. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-23092013-131738/pt-br.php>

Tudela DRG, et al. Preliminary evidence of prehistoric human activity by chemical analysis of sediments from Lapa Grande de Taquaraçu archaeological site using INAA. *J Radioanal Nucl Chem.* 2020 Jun;325:725-36. doi:10.1007/s10967-020-07217-2.

Turcq B, Pressinotti MMN, Martin L. Paleohydrology and paleoclimate of the past 33,000 years at the Tamanduá river, central Brazil. *Quat Res.* 1997 May;47(3):284-97. doi:10.1006/qres.1997.1880.

Turkington AV, Phillips JD. Cavernous weathering, dynamical instability and self-organization. *Earth Surf Proc Landforms.* 2004 Apr;29:665-75. doi:10.1002/esp.1060.

Uchôa D. Programa de pesquisas arqueológicas na região de Rio Claro, SP. 40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; 10-16 jul. 1988; Universidade de São Paulo, SP, Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; 1988. p.141.

Uchôa D, Garcia CR. Cadastramento dos sítios arqueológicos da Baixada Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Arqueol.* 1983;1(1):19-29.

Urban G. A história da cultura brasileira segundo as línguas nativas. In: Carneiro da Cunha M, organizadora. *História dos índios no Brasil.* São Paulo: Companhia das Letras; 1992. p. 87-102.

Vaasma T. Grain-size analysis of lacustrine sediments: A comparison of pre-treatment methods. *Estonian J Ecol.* 2008;57(4):231-43. doi:10.3176/eco.2008.4.01.

Valente ROA. Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2001.

Valente ROA, Vettorazzi CA. Avaliação da estrutura florestal na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP. *Scientia Florestalis.* 2005;68:45-57.

Valle MA. Caverna Santana. In: Rubbioli E, et al., editores. *Cavernas – Atlas do Brasil subterrâneo.* Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; 2019. p. 144-7.

Vannieuwenhuysse D, Connor S, Balme J. Settling in Sahul: Investigating environmental and human history interactions through micromorphological analyses in tropical semi-arid north-west Australia. *J Archaeol Sci.* 2017 Jan;77:172-93. doi:10.1016/j.jas.2016.01.017.

Vasconcelos BNF, et al. Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no norte de Minas Gerais. *Rev Bras Ciên Solo.* 2013 mai;37:986-96. doi:10.1590/S0100-06832013000400016.

Vasconcelos MF, Pena MS. Range extension of *Thaumastus caetensis* Pena, Salgado and Coelho, 2011 (Gastropoda: Orthalicidae: Bulimulinae) in the highlands of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List.* 2012 Jun;8(3):534-36.

Venables WN, Ripley BD. Modern applied statistics with S. 4th ed. New York: Springer; 2002.

Verma HR. Atomic and nuclear analytical methods. XRF, Mössbauer, XPS, NAA and Ion-Beam Spectroscopic Techniques. Berlin: Springer-Verlag; 2007.

Vialou D, et al. Peopling South America's centre: The Late Pleistocene site of Santa Elina. *Antiquity*. 2017 Aug;91(358):865–84. doi:10.15184/aqy.2017.101.

Villagran XS. Micromorfologia de depósitos arqueológicos. *Rev Mus Arqueol Etnol*. 2009 set; Supl 8:197-205. doi:10.11606/issn.2594-5939.revmaesupl.2009.113522.

Villagran XS. *Geoarqueologia de um sambaqui monumental: estratigrafias que falam*. São Paulo: Annablume; 2010.

Villagran XS. Micromorfologia de sítios concheiros da América do Sul: arqueostratigrafia e processos de formação de sambaquis (Santa Catarina, Brasil) e concheros (Terra do Fogo, Argentina) [tese na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; 2012 [citado 13 mai 2020]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-24072013-145242/pt-br.php>

Villagran XS. The shell midden conundrum: Comparative micromorphology of shell-matrix sites from South America. *J Archaeol Method Theory*. 2019 Mar;26(1):344-95. doi:10.1007/s10816-018-9374-2.

Villagran XS, et al. Buried in ashes: Site formation processes at Lapa do Santo rockshelter, east-central Brazil. *J Archaeol Sci*. 2017a Jan;77:10–34. doi:10.1016/j.jas.2016.07.008.

Villagran XS, et al. Bone and other skeletal tissues. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017b. p. 11-38.

Villagran XS, et al. Absence of bones in archaeological sites from the southeast of Uruguay: Taphonomy or human behavior? *Geoarchaeol Int J*. 2022 Jul/Aug;37(4):694-708. doi:10.1002/gea.21906.

Villagran XS, Giannini PCF, De Blasis PAD. Archaeofacies analysis: Using depositional attributes to identify anthropic processes of deposition in a monumental shell mound of Santa Catarina state, southern Brazil. *Geoarchaeol Int J*. 2009 Jun;24(3):311-35. doi:10.1002/gea.20269.

Vrydaghs L, Devos Y, Pető A. Opal phytoliths. In: Nicosia C, Stoops G, editors. *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2017. p. 155-63.

Walker RG. *Facies models*. Toronto: Geological Association of Canada; 1979.

Walker RG. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker RG, James NP, editors. *Facies models: response to sea level change*. St. John's: Geological Association of Canada; 1992. p. 1-14.

Walker MJC, et al. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: A discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of Ice-Core, Marine and Terrestrial Records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *J Quat Sci*. 2012 Oct;27(7):649–59. doi:10.1002/jqs.2565.

Ward I, Moe-Astrup P, Merigot K. At the water's edge: Micromorphological and quantitative mineral analysis of a submerged Mesolithic shell midden at Hjarnø Sund, Denmark. *J Archaeol Sci*. 2019 Feb;102:11-25. doi:10.1016/j.jas.2018.12.009.

Wasserstein RL, Lazar NA. The ASA statement on p-values: Context, process, and purpose. *The Amer Statist*. 2016 Jun;70(2):129-33. doi:10.1080/00031305.2016.1154108.

Weihrauch C, Opp C. Ecologically relevant phosphorus pools in soils and their dynamics: The story so far. *Geoderma*. 2018 Sep;325:183-94. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.02.047.

Weiner S. *Microarchaeology. Beyond the visible archaeological record*. New York: Cambridge University Press; 2010.

Weiner S, Bar-Yosef O. States of preservation of bones from prehistoric sites in the Near East: A survey. *J Archaeol Sci*. 1990 Mar;17(2):187-96. doi:10.1016/0305-4403(90)90058-D.

Weiner S, Goldberg P, Bar-Yosef O. Bone preservation in Kebara Cave, Israel using on-site Fourier Transformed Infrared Spectrometry. *J Archaeol Sci*. 1993 Nov;20(6):613-27. doi:10.1006/jasc.1993.1037.

Whitau R, et al. Home is where the hearth is: Anthracological and microstratigraphic analyses of Pleistocene and Holocene combustion features, Riwi Cave (Kimberley, Western Australia). *J Archaeol Method Theory*. 2018 Sep;25(3):739–76. doi:10.1007/s10816-017-9354-y.

White WB. The carbonate minerals. In: Farmer VC, editor. *The infrared spectra of minerals*. London: Mineralogical Society of Great Britain and Ireland; 1974. (Mineralogical Society Monograph; vol. 4). p. 227–84.

White WB. Entrances. In: Culver DC, White WB, editors. *Encyclopedia of caves*. Burlington: Elsevier; 2005. p. 215-20.

White WB, Culver DC. Cave, Definition of. In: Culver DC, White WB, editors. *Encyclopedia of caves*. Burlington: Elsevier; 2005. p. 81-5.

Wickham H. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. New York: Springer-Verlag, 2016.

Wickham H, et al. dplyr: A grammar of data manipulation [internet]. 2023. Disponível em: <https://dplyr.tidyverse.org>.

Wilson MA, Righi D. Spodic materials. In: Stoops G, Marcelino V, Mees F, editors. Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Amsterdam: Elsevier; 2010. p. 251-73.

Wilson CA, Davidson DA, Cresser MS. Multi-element soil analysis: An assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation. *J Archaeol Sci*. 2008 Feb;35(2):412-24. doi:10.1016/j.jas.2007.04.006.

Winkelmolen AM. Critical remarks on grain parameters, with special emphasis on shape. *Sedimentology*. 1982 Apr;29(2):255-65. doi:10.1111/j.1365-3091.1982.tb01722.x.

Woodward JC, Goldberg P. The sedimentary records in Mediterranean rockshelters and caves: Archives of environmental change. *Geoarchaeol Int J*. 2001 Apr;16(4):327-54. doi:10.1002/gea.1007.

Wrangham R. *Catching fire: How cooking made us humans*. New York: Basic Books; 2009.

Wu F-T, Caetano-Chang MR. Estudo mineralógico dos arenitos das Formações Pirambóia e Botucatu no centro-leste do Estado de São Paulo. *Rev IG*. 1992 jun.;13(1):58-68.

Young R, Young A. *Sandstone landforms*. Berlin: Springer-Verlag; 1992.

Zaine MF, Perinotto JAJ. Patrimônios e história geológica da região de Rio Claro – SP. Rio Claro: Câmara Municipal de Rio Claro e Arquivo Público Histórico do Município de Rio Claro; 1996.

Zalasiewicz J, et al. Introduction: the Anthropocene: A new Epoch of geological time? *Phil Trans R Soc A*. 2011 Mar;369:835–41. doi:10.1098/rsta.2010.0339.

Zavatini JA, Cano H. Variações do ritmo pluvial na bacia do Corumbataí – SP. *Bol Geog Teorét Rio Claro*. 1993;23(45/46):215-40.

Zedeño MN, Bowser BJ. The archaeology of meaningful places. In: Bowser BJ, Zedeño MN, editors. *The archaeology of meaningful places*. Salt Lake City: The University of Utah Press; 2009. p. 1-14.

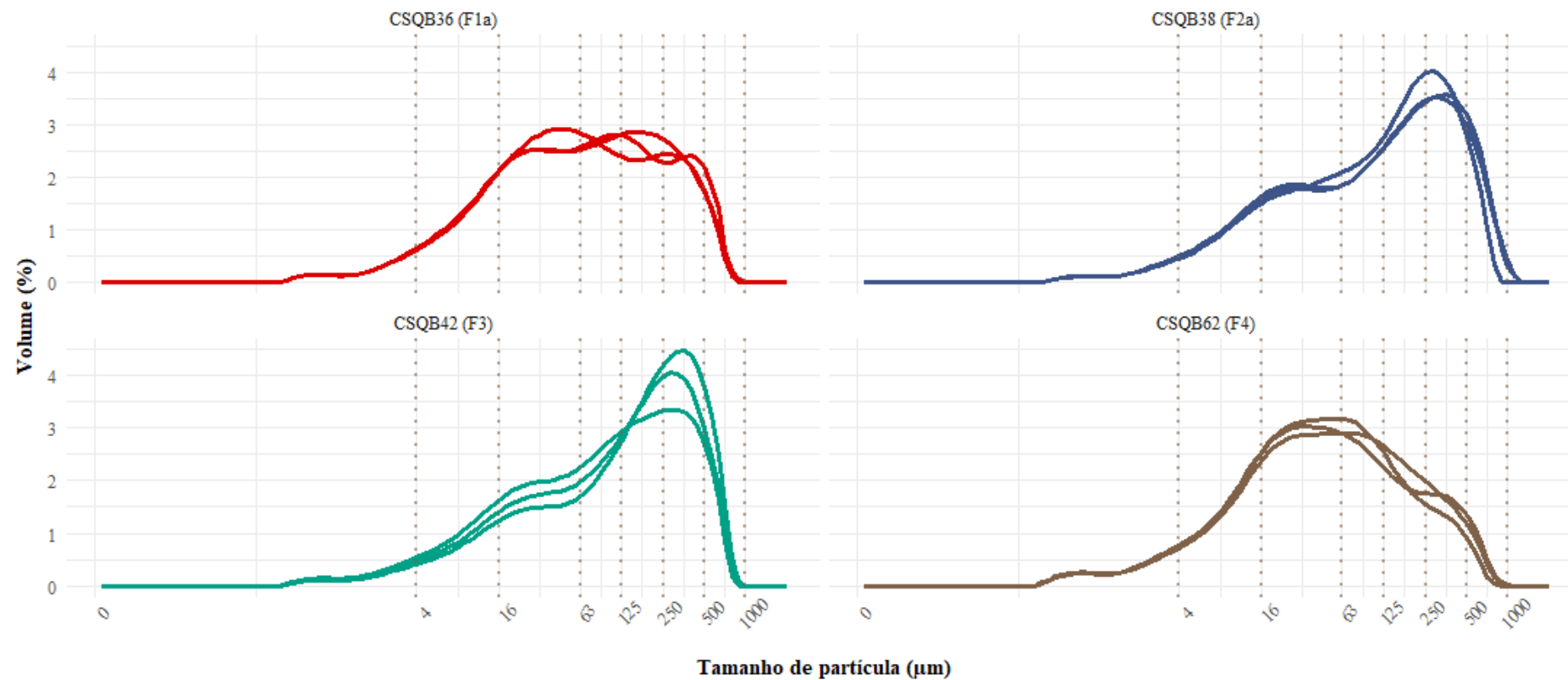
Zenero JM. Investigações arqueológicas nos abrigos de Analândia – SP [trabalho de conclusão de graduação na internet]. Rio Claro (Brasil): Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro; 2017 [citado 23 ago. 2019]. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157036>

Zenero JM. Modelo preditivo arqueológico do alto vale do Ribeira de Iguape e resultados do sítio Paredão Consteca [dissertação na internet]. São Paulo (Brasil): Universidade de

São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia; 2022 [citado 27 mai. 2022]. Disponível em:<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-29032023-145434/ptbr.php>.

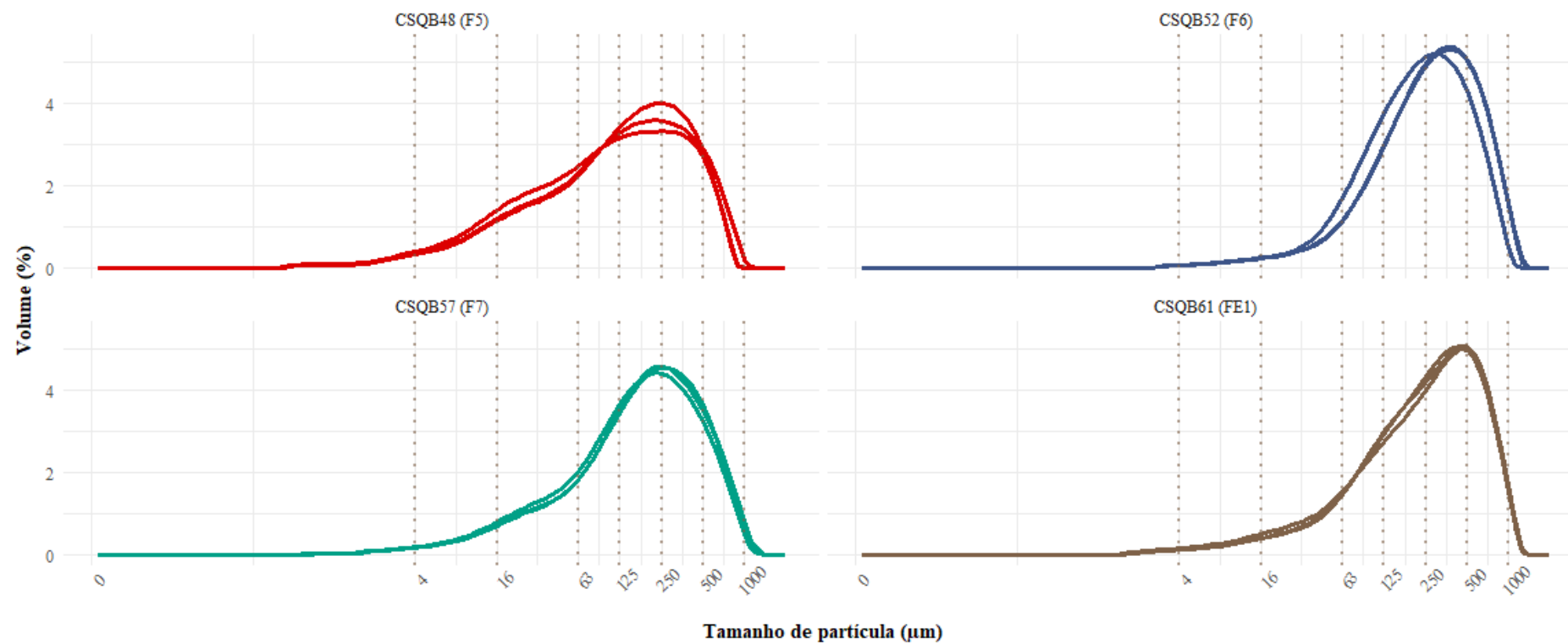
APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Teste de reprodutibilidade da granulometria por difração a laser (instrumento Malvern Mastersizer 2000)



APÊNDICE 1/Figura 1 – Curvas de distribuição granulométrica de três alíquotas de uma amostra de cada uma das fácies (entre parênteses) da Quadra 120/109 do sítio Abrigo Maximiano.

APÊNDICE 1 – Conclusão



APÊNDICE 1/Figura 2 - Curvas de distribuição granulométrica de três alíquotas de uma amostra de cada uma das fácies (entre parênteses) da Quadra 120/107 e amostra externa de solo do sítio Abrigo Maximiano.

APÊNDICE 2 – Princípio analítico da INAA

Na Análise por Ativação com Nêutrons, a interação do nêutron incidente com o núcleo alvo do átomo, mediante uma colisão inelástica ou captura (dentre outros), produz um núcleo composto em estado altamente energético, que volta para condições estáveis de forma imediata devido à emissão de um ou mais raios gama prontos, um próton ou uma partícula alfa (Verma, 2007). O radioisótopo resultante emite partículas ou raios gama atrasados (*delayed gamma rays*) característicos num processo espontâneo e estatístico de transformação de átomos, conhecido como decaimento radioativo (Munita; Glascock; Hazenfratz, 2019, p. 182-183; Munita et al., 2020). O número de átomos radioativos que decai por unidade de tempo é denominado de atividade, A , a qual é medida pela lei da radioatividade:

$$A = dN/dt = -\lambda N \quad (1)$$

onde N é o número de átomos radioativos numa amostra, e λ é a constante de decaimento ($\lambda = \ln 2/t_{1/2}$, sendo $t_{1/2}$ a meia-vida), que tem um valor diferente para cada radionuclídeo. A atividade para um radionuclídeo particular num tempo t na irradiação pode ser calculado como

$$A_t = \sigma_{act} \phi N(1 - e^{-\lambda t_i}) \quad (2)$$

onde A_t é a atividade como número de decaimento por unidade de tempo, σ_{act} é a seção de choque de captura radioativa do elemento, ϕ é o fluxo de nêutrons, N é o número de átomos iniciais, λ é a constante de decaimento, e t_i é o tempo de irradiação.

Dessa maneira, o número de átomos radioativos presentes numa amostra irradiada em qualquer tempo depende do número total de átomos produzidos na irradiação, denominado de taxa de formação, menos o número de átomos decaídos durante a irradiação e durante o intervalo compreendido entre o final da mesma e o começo da contagem, denominado de taxa de decaimento. Quando na equação (2) é adicionado o termo $e^{-\lambda d}$, onde λ é a constante de decaimento e t_d é o tempo de decaimento, tem-se

$$A_t = \sigma_{act} \phi N(1 - e^{-\lambda t_i})e^{-\lambda d} \quad (3)$$

que calcula a atividade num tempo específico t levando em consideração o decaimento dos radionuclídeos após o período de irradiação.

Uma propriedade fundamental na determinação é a de meia-vida dos radioisótopos (Munita, 2005, p. 165). A meia-vida é o período necessário para o decaimento da metade do número de átomos radioativos iniciais, que pode ir desde poucas horas até muitos anos, no caso dos elementos determinados em amostras de sedimento (Verma, 2007). A Tabela 1 apresenta as meias-vidas dos radioisótopos estudados na presente pesquisa.

A fonte de nêutrons típica é o reator nuclear de pesquisas, como o utilizado na presente pesquisa, onde os nêutrons são produzidos como resultado da fissão termal induzida por nêutrons de urânio (^{235}U). Além dos nêutrons denominados “rápidos”, que ainda retêm a maior parte da energia cinética da fissão, o reator nuclear apresenta um espectro de nêutrons denominados “epitérmicos”, na faixa de energia entre 0,5 e 1 MeV, e um espectro conhecido como de nêutrons “térmicos”, com energias por embaixo dos 0,5 eV (ver Munita; Glascock; Hazenfratz, 2019, p. 184-185). Os fluxos térmicos, na temperatura ambiente de 25°C, apresentam uma energia cinética de 0,025 eV, estando em equilíbrio com os átomos no reator nuclear. São esses fluxos os mais utilizados em INAA, como é o caso da presente pesquisa, devido à maioria dos elementos apresentarem seções de choque razoáveis para reações de captura (n, γ) com esses nêutrons, e à alta disponibilidade deles nos reatores.

Tabela 1 – Radioisótopos determinados no presente estudo mediante INAA, e principais propriedades (com base em Munita, 2005, Tabela 1)

Elemento	Radioisótopo	Meia-vida ($t_{1/2}$)	$E\gamma^a$ (keV)
Ce	^{141}Ce	32,50 dias	145,40
Co	^{60}Co	5,27 anos	1.332,50
Cr	^{51}Cr	27,72 dias	320,10
Cs	^{134}Cs	2,06 anos	795,80
Eu	^{152}Eu	13,40 anos	1.408,00
Fe	^{59}Fe	44,60 dias	1.099,30
Hf	^{181}Hf	42,40 dias	482,20
K	^{42}K	15,52 horas	1.524,60
La	^{140}La	47,27 horas	1.596,20
Lu	^{177}Lu	161,00 dias	208,40
Na	^{24}Na	15,00 horas	1.368,50
Sc	^{46}Sc	83,80 dias	889,30
Sm	^{153}Sm	47,10 horas	103,20
Ta	^{182}Ta	115,00 dias	1.221,40
Th	$^{233}\text{Pa}^b$	27,00 dias	312,20
Yb	^{175}Yb	4,19 dias	396,30
Zn	^{65}Zn	243,80 dias	1.115,60

a. Energia da radiação gama emitida.

b. Th foi determinado mediante a reação $^{232}\text{Th}(n, \gamma)^{233}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{Pa}$.

Existem três abordagens metodológicas do INAA, o método absoluto, o método comparativo ou relativo, e o método k_0 . O método comparativo é o mais utilizado em arqueometria e é o utilizado na presente pesquisa (sobre os outros métodos, ver Munita, Glascock, Hazenfratz, 2019, p. 190-192). O método consiste na irradiação de uma amostra-padrão de concentrações conhecidas de elementos, de forma conjunta com as amostras cuja concentração quer se determinar. O único requerimento é o de se conhecer a atividade na amostra e no padrão e a massa dos elementos no padrão, seguindo-se a equação

$$\frac{R_{std}}{R_{sam}} = \frac{W_{std} (e^{-\lambda t_d})_{std}}{W_{sam} (e^{-\lambda t_d})_{sam}} \quad (4)$$

onde R é as taxas de contagem do padrão (*std*) e da amostra (*sam*), W é a massa do elemento, $\lambda = \ln 2/t_{1/2}$, e t_d é o tempo de decaimento desde a irradiação.

As amostras-padrão estão preparadas com base em materiais muito puros e estequiométricamente bem definidos, geralmente de caráter multi-elementar. Esses materiais são produzidos por instituições como o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), entre outras, que geram o que se denomina material certificado de referência (CRM, por suas siglas em inglês), onde são estabelecidos os limites aceitos para a composição. A NIST produz um tipo de CRM, conhecido como SRM (*Standard Reference Material*), que é o utilizado nesta pesquisa. A expressão SRM não deve ser confundida com RM (*Reference Material*), que se refere a um material de ampla distribuição utilizado para calibração do equipamento ou testagem do procedimento analítico; nesta pesquisa é utilizado o material *ISE-2015-1*, certificado por 41 laboratórios internacionais, como RM para o controle de qualidade analítico.

A detecção do espectro de raios gama atrasados característicos, que consistem em fótons de alta energia emitidos pelos núcleos atômicos, é realizada mediante a transferência de energia dos mesmos aos fotoelétrons num detector semicondutor (Verma, 2007, p. 256), entre outros tipos de detectores. Os detectores dos espectrômetros de raios gama habitualmente utilizados para análises multi-elementares são os de germânio hiperpuro (HPGe), que consistem num cristal montado numa câmara de vácuo esfriada, geralmente, mediante nitrogênio líquido, como o aqui utilizado. O detector produz um pulso elétrico associado a cada um dos fótons de raios gama absorvidos, cuja amplitude ou altura é proporcional à quantidade de energia do fóton.

A utilização de um equipamento eletrônico e do *software* associado ao detector permite a determinação dos picos, cálculo da área sob eles e supressão da radiação de fundo (efeito Compton) que introduz o próprio espectro gama (ver Munita; Glascock; Hazenfratz, 2019, p. 196-202).

Tabela 2 – Valores de r máximo ou r mínimo para diferentes níveis de significância (adaptado de Nalimov, 1962, Tabela 7A)

Graus de liberdade	Níveis de significância				Graus de liberdade	Níveis de significância			
	0,10	0,05	0,025	0,01		0,10	0,05	0,025	0,01
1	1,406	1,412	1,414	1,414	13	2,326	2,493	2,638	2,800
2	1,645	1,689	1,710	1,723	14	2,354	2,523	2,670	2,837
3	1,791	1,869	1,917	1,955	15	2,380	2,551	2,701	2,871
4	1,894	1,996	2,067	1,130	16	2,404	2,577	2,728	2,903
5	1,974	2,093	2,182	2,265	17	2,426	2,600	2,754	2,932
6	2,041	2,172	2,273	2,374	18	2,447	2,623	2,778	2,959
7	2,097	2,237	2,349	2,464	19	2,467	2,644	2,801	2,984
8	2,146	2,294	2,414	2,540	20	2,486	2,664	2,823	3,008
9	2,190	2,343	2,470	2,606	21	2,504	2,683	2,843	3,030
10	2,229	2,387	2,519	2,663	22	2,520	2,701	2,862	3,051
11	2,264	2,426	2,562	2,714	23	2,537	2,717	2,880	3,071
12	2,297	2,461	2,602	2,759	-	-	-	-	-

APÊNDICE 3 – Descrição de campo das amostras sistemáticas e ocasionais de sedimento das unidades reconhecidas em planta (UP) nas quadras E10, G12, H12, I12 e J12 do sítio Abrigo do Alvo analisadas, incluindo principais características macroscópicas e inclusões (continua)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Descrição macroscópica em planta (campo)	Inclusões (lítico, carvão, ossos, sementes, etc.)
E10	1	1	U13	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Com clastos de arenito 40-160 mm. Solta.	Lítico, carvão
	1	1	U1	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Com clastos de arenito 70-180 mm. Solta. Com serrapilheira.	Lítico, carvão, fragmento de carapaça de caramujo, casulo de inseto, coquinho
	2	2	U5	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Com clastos de arenito de até 400 mm. Solta. Transição com UP3 difusa.	Lítico, carvão, casulo de inseto
G12		3	U7	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Com clastos de arenito de até 500 mm. Solta. Transição com UP2 difusa.	Lítico, carvão (alta frequência), casulo de inseto
		3	U7	Alta frequência de carvão.	-
		3	U8a	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Com clastos de arenito de até 400 mm. Dura. Transição com UP4 abrupta.	Lítico, carvão, osso, casulo de inseto
	3	4	U10	Arenosa. Bruno (7.5YR 5/3). Com clastos de arenito de até 400 mm. Solta. Transição com UP3 abrupta.	Lítico (baixa frequência), carvão (alta frequência, pequenos fragmentos), coquinho queimado, madeira carbonizada
		1	U1	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/2). Com clastos de arenito de aproximadamente 130 mm. Solta. Com serrapilheira, com raízes.	Carvão, coquinho
H12	1	2	U5	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/4). Com clastos de arenito de até 180 mm. Solta. Transição com UP3 difusa. Com serrapilheira.	-
		3	U14	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/2). Com clastos de arenito de até 150 mm. Solta. Transição com UP2 difusa. Com serrapilheira.	-
		2	U7	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/4). Com clastos de arenito de até 200 mm. Solta. Transição com UP4 difusa. Com serrapilheira, com raízes.	Lítico, carvão, osso
	2	4	U15	Arenosa. Preto (7.5YR 2.5/1). Solta. Transição com UP2 difusa. Com serrapilheira, com raízes.	-

Nota: em negrito, destaca-se amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

APÊNDICE 3 – Continuação

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Descrição macroscópica em planta (campo)	Inclusões (lítico, carvão, ossos, sementes, etc.)
I12	1	1	U2	Arenosa. Preto avermelhado (2.5YR 2.5/1). Solta. Transição difusa. Com serrapilheira.	Carvão, osso, coquinho
		2	U3	Arenosa. Bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/3). Solta. Transição com UP3 difusa. Com serrapilheira.	Carvão (baixa frequência), osso
		3	U4	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Transição com UP2 difusa.	Osso
	2	2	U16	Arenosa. Bruno muito escuro (7.5YR 2.5/2). Solta. Transição com UP3 difusa.	-
		3	U8b	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Transição com UP2 difusa.	Carvão, osso, casulo de inseto
	3	3	U8b	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Com clastos de arenito de 30-50 mm. Solta.	Lítico, carvão (alta frequência), osso, concha
	4	3	U8b	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 5/6) e bruno muito escuro (7.5YR 2.5/2). Solta.	Lítico, carvão, osso
J12	2	1	U3	Arenosa. Bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) e Bruno muito escuro (10YR 2/2). Solta. Com clastos de arenito até 320 mm. Transição com UP2 difusa. Com serrapilheira.	Osso, “manchas” de cinzas, casulo de inseto, casca de madeira queimada
		2	U4	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Com clastos de arenito até 560 mm. Transição com UP1 difusa.	Osso, fragmento de carapaça de caramujo
	3	1	U6	Arenosa. Bruno muito escuro (7.5YR 2.5/2). Solta. Com clastos de arenito 50-260 mm. Transição com UP2 difusa.	Carvão, osso
		2	U4	Arenosa. Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4). Solta. Com clastos de arenito 50-560 mm. Transição com UP1 difusa.	Lítico, carvão, osso
	4	3	U8b	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Com clastos de arenito de até 560 mm. Transição com UP4 difusa.	Lítico (alta frequência), carvão, osso, fragmento de carapaça de caramujo
		4	U8c	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Transição com UP3 difusa. Com serrapilheira.	Lítico, carvão, osso
			3	U11	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Solta. Com clastos de arenito de até 560 mm. Transição com UP4 e UP5 difusa.

APÊNDICE 3 – Continuação

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Descrição macroscópica em planta (campo)	Inclusões (lítico, carvão, ossos, sementes, etc.)	
J12	5	3	U11	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Solta. Com clastos de arenito de até 560 mm. Transição com UP4 e UP5 difusa.	Lítico, carvão (alta frequência), osso	
		4	U8c	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Solta. Transição com UP3 e UP6 difusa.	Carvão, osso	
		5	U12a	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Solta. Com clastos de arenito até 200 cm. Transição com UP3 difusa.	Lítico, carvão (alta frequência)	
		6	U12a	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Solta. Com clastos de arenito até 180 cm. Transição com UP3 e UP4 difusa.	Carvão	
	6	3	U11	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/3). Solta. Com clastos de arenito até 80 mm. Transição com UP4 e UP5 difusa.	Lítico, carvão, osso	
		4	U8c	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Solta. Transição com UP3 difusa.	Carvão	
		5	U12a	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Solta. Com clastos de arenito até 120 mm. Transição com UP3 difusa.	Lítico (alta frequência), carvão, osso, fragmento de carapaça de caramujo (alta frequência)	
	7	3	U11	Arenosa. Bruno-escuro (7.5YR 3/4). Solta. Transição com UP7 difusa.	Sem inclusões	
		5	U12a	Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 4/6). Solta. Com clastos de arenito até 200 mm. Transição com UP7 difusa.	Lítico, carvão (alta frequência), osso	
		7			Arenosa. Bruno-forte (7.5YR 5/8). Solta. Com clastos de arenito (alterado). Transição com UP5 difusa.	Lítico, carvão, osso
				U12b		

APÊNDICE 4 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse das quadras e colúvio do sítio Abrigo do Alvo

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Massa inicial (mg)	N micro- vestígios contados	N micro-vestígios em 50 µl	N micro-vestígios em 500 µl	N micro-vestígios em 1 g
G12	2	2	U5	CSQB03	40,26	0	0	0	0
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35	39,78	0	0	0	0
G12	3	4	U10	CSQB06	40,76	0	0	0	0
H12	1	2	U5	CSQB08	36,60	0	0	0	0
H12	2	2	U7	CSQB10	39,15	1	164,39	1.643,89	41.989,45
H12	2	4	U15	CSQB11	39,75	8/6/3	1.428,99/1.262,68/658,87	14.289,91/12.626,82/6.588,69	359.494,53/294.674,83/153.761,71
I12	1	1	U2	CSQB12	36,41	0	0	0	0
I12	2	2	U16	CSQB15	38,23	0	0	0	0
I12	4	3	U8b	CSQB18	39,79	0	0	0	0
J12	2	1	U3	CSQB19	39,98	2/1/1	806,06/247,71/179,87	8.060,55/2.477,11/1.798,67	201.614,65/74.032,04/53.755,72
J12	3	1	U6	CSQB34	40,60	2/2/0	371,43/324,72/0	3.714,26/3.247,22/0	91.484,21/83.261,99/0
J12	5	4	U8c	CSQB24	39,85	0	0	0	0
J12	7	7	U12b	CSQB32	41,95	0	0	0	0
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	40,88	0	0	0	0

Nota: em negrito, amostras contadas em triplicatas.

APÊNDICE 5 - Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo do Alvo e amostra externa (colúvio) (continua)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Argila (%)	Silte (%)	Areia muito fina (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Diâmetro médio (phi) ^c	Desvio padrão (phi) ^c	Assimetria (phi) ^c	Curtose (phi) ^c
G12	1	1	U1	CSQB02	0,57	4,80	16,60	48,12	29,39	0,53	2,55	1,09	2,47	12,82
G12	2	2	U5	CSQB03	0,54	3,69	9,75	46,71	37,43	1,88	2,34	1,07	2,79	15,12
G12	2	3	U7	CSQB04	0,70	3,27	6,54	48,95	39,18	1,37	2,30	1,07	3,24	17,85
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35 ^b	2,04	18,55	14,45	38,28	25,72	0,97	3,11	1,75	1,49	4,77
G12	3	3	U8a	CSQB05	0,76	3,56	7,16	51,18	36,88	0,46	2,37	1,09	3,26	17,46
G12	3	4	U10	CSQB06	0,78	1,13	5,49	52,22	39,51	0,86	2,24	0,97	4,05	26,75
H12	1	2	U5	CSQB08	1,03	4,83	10,79	45,64	35,40	2,30	2,44	1,25	2,70	12,73
H12	2	2	U7	CSQB10	0,78	7,12	11,33	46,88	32,53	1,36	2,56	1,31	2,40	10,09
I12	1	1	U2	CSQB12	0,43	5,94	10,35	41,18	33,74	8,36	2,33	1,29	2,02	9,16
I12	1	2	U3	CSQB13	2,06	13,17	11,49	40,57	30,26	2,46	2,84	1,70	1,83	6,19
I12	1	3	U4	CSQB14	3,98	16,10	11,38	36,18	28,71	3,65	3,07	1,99	1,54	4,67
I12	2	3	U8b	CSQB16	1,67	7,42	9,67	46,83	31,09	3,31	2,60	1,50	2,34	9,19
I12	3	3	U8b	CSQB17	0,73	6,06	5,82	46,54	38,73	2,12	2,39	1,28	2,70	11,78
I12	4	3	U8b	CSQB18	0,51	3,93	3,73	50,03	40,47	0,81	2,31	1,11	3,18	15,75

a. Amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

b. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

c. Cálculo realizado com cômputo dos materiais pelíticos.

APÊNDICE 5 – Conclusão

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Argila (%)	Silte (%)	Areia muito fina (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Diâmetro médio (phi)	Desvio padrão (phi)	Assimetria (phi)	Curtose (phi)
J12	2	1	U3	CSQB19	0,19	6,08	11,94	32,65	32,40	16,74	2,16	1,32	1,50	6,90
J12	2	2	U4	CSQB20	0,27	7,03	14,85	40,86	30,89	6,09	2,46	1,25	1,75	7,93
J12	3	1	U6	CSQB34 ^a	1,54	15,56	14,14	38,49	27,74	2,53	2,93	1,67	1,60	5,39
J12	3	2	U4	CSQB33 ^a	1,95	12,38	11,16	39,55	31,17	3,79	2,78	1,69	1,83	6,27
J12	4	3	U8b	CSQB21	0,61	10,96	13,53	42,56	30,40	1,94	2,68	1,39	1,89	7,26
J12	4	4	U8c	CSQB22	0,24	9,05	11,89	40,62	33,38	4,81	2,50	1,32	1,82	7,15
J12	5	3	U11	CSQB23	0,17	7,26	9,20	48,77	33,68	0,92	2,50	1,19	2,27	9,19
J12	5	4	U8c	CSQB24	0,24	9,27	10,14	33,26	34,00	13,09	2,32	1,45	1,60	6,18
J12	5	5	U12a	CSQB25	0,03	6,06	4,27	46,78	41,36	1,50	2,31	1,12	2,54	10,76
J12	6	3	U11	CSQB27	0,12	7,18	9,20	44,58	36,11	2,80	2,43	1,21	2,11	8,52
J12	6	4	U8c	CSQB28	0,18	5,75	4,70	45,52	41,73	2,12	2,30	1,14	2,60	11,49
J12	6	5	U12a	CSQB29	0,11	9,51	10,65	37,80	33,65	8,28	2,44	1,39	1,64	6,14
J12	7	7	U12b	CSQB32	0,00	6,07	3,74	48,28	40,70	1,21	2,32	1,10	2,57	10,80
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	0,00	6,78	18,11	38,67	28,31	8,13	2,41	1,10	0,84	4,80

a. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

b. Cálculo realizado com cômputo dos materiais pelíticos.

APÊNDICE 6 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) das amostras de sedimento do sítio Abrigo do Alvo e amostra externa (colúvio) (continua)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
E10	1	1	U13	CSQB01	7,1	7	19,71	574,00	21,50	94,00	19,00	-	-	-
G12	1	1	U1	CSQB02	6,5	6,6	25,51	417,00	38,40	151,00	50,00	19,805	0,869	79,326
G12	2	2	U5	CSQB03	6,3	6,4	20,29	463,00	33,80	149,00	51,00	7,984	0,647	91,369
G12	2	3	U7	CSQB04	6,1	5,9	8,70	404,00	30,70	71,00	27,00	5,364	0,539	94,097
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35 ^b	6,1	6	9,28	421,00	40,90	118,00	42,00	11,891	1,518	86,591
G12	3	3	U8a	CSQB05	6	6	9,86	419,00	31,70	85,00	28,00	12,435	1,231	86,334
G12	3	4	U10	CSQB06	6,3	6,1	5,22	432,00	21,50	57,00	16,00	2,503	0,213	97,284
H12	1	1	U1	CSQB07	7,2	6,9	84,06	1.329,00	133,00	216,00	100,00	29,044	1,303	69,652
H12	1	2	U5	CSQB08	6,9	6,8	66,66	1.211,00	101,00	257,00	118,00	34,839	1,800	63,362
H12	1	3	U14	CSQB09	-	-	-	-	-	-	-	17,114	1,236	81,650
H12	2	2	U7	CSQB10	7,2	7,1	3,48	760,00	83,10	143,00	67,00	9,403	0,723	89,873
H12	2	4	U15	CSQB11	7,7	7,2	79,42	1.582,00	240,40	126,00	80,00	33,380	4,618	62,002

a. Amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

b. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

Nota: “-“= Não analisado; COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB02 = 2,878 g; CSQB03 = 3,557 g; CSQB04 = 3,710 g; CSQB35 = 3,162 g; CSQB05 = 3,088 g; CSQB06 = 3,755 g; CSQB07 = 2,992 g; CSQB08 = 2,945 g; CSQB09 = 3,722 g; CSQB10 = 3,318 g; CSQB11 = 2,837 g.

APÊNDICE 6 – Continuação

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
I12	1	1	U2	CSQB12	7,8	7,2	128,70	1.601,00	222,50	207,00	111,00	44,959	3,868	51,174
I12	1	2	U3	CSQB13	7,6	7,3	48,70	1.687,00	102,30	184,00	48,00	14,322	2,270	83,408
I12	1	3	U4	CSQB14	6,7	6,8	106,66	1.104,00	104,90	205,00	109,00	26,101	1,142	72,757
I12	2	2	U16	CSQB15	7,1	7	63,19	1.536,00	115,10	222,00	62,00	26,637	1,964	71,399
I12	2	3	U8b	CSQB16	6,5	6,5	60,87	1.341,00	62,00	226,00	59,00	16,000	0,976	83,024
I12	3	3	U8b	CSQB17	6,3	6,5	16,81	650,00	40,40	121,00	47,00	6,943	0,771	92,285
I12	4	3	U8b	CSQB18	6,5	6,3	4,64	453,00	18,40	35,00	18,00	3,812	0,610	95,578

Nota: COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB12 = 3,025 g; CSQB13 = 3,128 g; CSQB14 = 3,065 g; CSQB15 = 2,902 g; CSQB16 = 3,175 g; CSQB17 = 3,111 g; CSQB18 = 3,279 g.

APÊNDICE 6 – Continuação

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
J12	2	1	U3	CSQB19	7,6	7,4	174,49	1.690,00	181,60	235,00	81,00	28,448	2,703	68,850
J12	2	2	U4	CSQB20	6,7	6,7	81,16	1.244,00	74,20	278,00	105,00	34,870	1,380	63,750
J12	3	1	U6	CSQB34 ^a	7	6,8	67,25	1.415,00	127,90	232,00	80,00	17,109	1,515	81,376
J12	3	2	U4	CSQB33 ^a	6,7	6,7	66,66	1.157,00	76,70	210,00	97,00	13,344	0,936	85,719
J12	4	3	U8b	CSQB21	6,6	6,6	22,61	640,00	78,00	154,00	44,00	9,241	0,679	90,081
J12	4	4	U8c	CSQB22	6,8	6,8	31,30	1.131,00	83,80	151,00	36,00	11,074	0,984	87,942
J12	5	3	U11	CSQB23	6,5	6,4	12,75	655,00	63,90	79,00	24,00	20,561	1,869	77,570
J12	5	4	U8c	CSQB24	6,6	6,8	48,70	1.690,00	88,20	194,00	46,00	28,368	1,898	69,734
J12	5	5	U12a	CSQB25	6,5	6,2	5,80	382,00	34,30	30,00	15,00	2,513	0,428	97,060
J12	5	6	U12a	CSQB26	6,3	6,1	23,77	871,00	71,60	115,00	26,00	8,791	0,839	90,370

a. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

Nota: COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB19 = 2,886 g; CSQB20 = 2,971 g; CSQB34 = 3,168 g; CSQB33 = 2,990 g; CSQB21 = 3,095 g; CSQB22 = 3,251 g; CSQB23 = 1,712 g; CSQB24 = 2,108 g; CSQB25 = 3,741 g; CSQB26 = 3,458 g.

APÊNDICE 6 – Conclusão

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
J12	6	3	U11	CSQB27	6,7	6,5	15,07	741,00	74,20	78,00	21,00	10,053	0,847	89,100
J12	6	4	U8c	CSQB28	6,9	6,8	48,70	1.498,00	90,80	212,00	63,00	27,905	2,258	69,837
J12	6	5	U12a	CSQB29	6,7	6,6	6,38	394,00	24,00	36,00	18,00	2,710	0,310	96,980
J12	7	3	U11	CSQB30	7	6,8	8,12	368,00	28,60	48,00	16,00	3,519	0,425	96,056
J12	7	5	U12a	CSQB31	6,7	6,6	6,38	330,00	23,00	38,00	13,00	6,176	0,658	93,166
J12	7	7	U12b	CSQB32	6,4	6,1	2,90	247,00	13,80	24,00	13,00	5,101	0,654	94,245
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	6,9	6,95	31,42	1.008,00	56,26	166,20	59,20	12,853	1,221	85,925

Nota: COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB27 = 3,422 g; CSQB28 = 2,702 g; CSQB29 = 3,543 g; CSQB30 = 3,296 g; CSQB31 = 3,190 g; CSQB32 = 3,058 g; CSQB76 = 3,112 g.

APÊNDICE 7 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das quadras G12, J12 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo, em porcentagem (%)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅
G12	1	1	U1	CSQB02	82,1	3,17	*	0,28	0,72	1,08	0,18
G12	2	2	U5	CSQB03	84,5	2,88	*	0,25	0,59	0,90	0,17
G12	2	3	U7	CSQB04	85,9	3,23	*	0,24	0,37	1,03	0,16
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35 ^b	79,9	5,10	*	0,31	0,53	1,21	0,24
G12	3	3	U8a	CSQB05	87,6	3,53	*	0,23	0,36	0,60	0,16
G12	3	4	U10	CSQB06	92,6	2,04	*	0,16	0,28	0,32	0,12
J12	2	1	U3	CSQB19	56,1	2,10	*	0,91	4,65	0,45	0,73
J12	2	2	U4	CSQB20	67,8	3,44	0,10	0,53	2,44	0,75	0,50
J12	3	1	U6	CSQB34 ^a	70,5	3,35	*	0,57	2,62	0,75	0,52
J12	4	3	U8b	CSQB21	83,4	3,56	*	0,23	0,77	0,70	0,26
J12	4	4	U8c	CSQB22	79,3	2,76	*	0,35	1,79	0,60	0,46
J12	5	3	U11	CSQB23	88,0	2,30	*	0,19	0,60	0,53	0,20
J12	5	4	U8c	CSQB24	76,0	3,06	*	0,39	2,17	0,61	0,67
J12	5	5	U12a	CSQB25	91,1	1,99	*	0,16	0,22	0,65	0,12
J12	6	3	U11	CSQB27	87,1	2,33	*	0,20	0,69	0,62	0,24
J12	7	7	U12b	CSQB32	93,0	1,98	*	0,13	0,14	0,30	*
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	74,5	3,87	0,10	0,47	1,79	1,35	0,38

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

a. Amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

b. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

APÊNDICE 8 – Resultados da análise por INAA do material de referência ISE-2015-1, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado

Elemento	N	Valor encontrado ($\bar{x} \pm s$)	Valor RM ($\bar{x} \pm s$)	DPR inicial (%)	$r_{\text{máximo}}$ inicial	$r_{\text{mínimo}}$ inicial	Outliers	Refinado (<i>sem outliers</i>)	Precisão (DPR final, em %)	$r_{\text{máximo}}$ final	$r_{\text{mínimo}}$ final
Na (mg g^{-1})	14	4,70±0,11	4,69±0,34	2,30	1,37	1,90	0	4,70±0,11	2,30	1,37	1,90
K (mg g^{-1})	14	12,96±0,89	12,87±0,66	6,87	2,00	1,89	0	12,87±0,66	6,87	2,00	1,89
La	14	21,38±1,14	19,46±1,72	5,35	1,26	2,04	0	21,38±1,14	5,35	1,26	2,04
Sm	13	3,91±1,55	-	39,70	2,08	1,33	10	2,75±0,17	6,12	1,34	1,07
Yb	14	1,72±0,37	-	21,37	2,11	1,43	6	1,61±0,16	9,70	1,47	1,90
Lu	14	0,29±0,06	-	22,52	2,76	1,41	7	0,26±0,02	8,77	2,11	0,81
Sc	14	5,43±0,32	5,67±0,37	5,80	1,20	2,48	2	5,54±0,17	3,10	1,58	1,22
Cr^a	14	87,02±47,39	70,98±7,31	54,46	3,53	0,75	3	78,02±5,87	7,52	2,07	1,47
Fe (mg g^{-1})	14	24,50±1,50	25,39±1,42	5,95	1,34	2,27	0	24,50±1,50	5,95	1,34	2,27
Co	14	7,89±0,36	8,14±0,75	4,56	1,99	1,85	0	7,89±0,36	4,56	1,99	1,85
Zn^a	12	369,37±27,70	-	7,50	1,93	1,43	0	369,37±27,70	7,50	1,93	1,43
Cs	14	3,92±0,85	3,77±0,36	21,71	1,80	2,29	5	3,67±0,33	8,94	1,77	1,98
Ce	14	39,05±3,37	39,99±5,03	8,63	1,83	2,44	0	39,05±3,37	8,63	1,83	2,44
Eu	14	0,74±0,14	-	18,82	2,06	1,87	5	0,78±0,08	9,63	1,52	1,58
Hf	14	8,38±1,19	-	14,16	2,38	1,93	3	8,21±0,63	7,63	1,24	1,73
Ta	5	0,80±0,56	-	72,63	1,94	0,82	3	0,66±0,04	6,43	1,00	1,00
Th	14	5,53±0,59	5,69±0,63	10,72	1,87	2,51	1	5,64±0,44	7,84	2,25	1,24

a. Removido devido à alta dispersão do valor encontrado, mesmo após refinado

APÊNDICE 9 – Concentrações elementares por INAA das quadras E10, G12 e H12 do sítio Abrigo do Alvo, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado (continua)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Na (mg g^{-1})	K (mg g^{-1})	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr	Fe (mg g^{-1})
E10	1	1	U13	CSQB01	0,57±0,09	9,36±0,33	12,66±0,19	5,86±0,10	0,89±0,15	0,16±0,04	5,66±0,08	*	18,54±0,80
G12	1	1	U1	CSQB02	1,74±0,03	13,45±0,50	65,38±0,60	20,67±0,15	2,71±0,36	0,41±0,09	16,71±0,18	19,51±7,84	70,51±2,63
G12	2	2	U5	CSQB03	1,00±0,01	10,65±0,34	15,98±0,21	6,13±0,05	1,13±0,22	0,17±0,04	8,36±0,09	17,90±5,02	36,32±1,34
G12	2	3	U7	CSQB04	0,99±0,01	10,29±0,36	16,26±0,21	6,92±0,04	1,22±0,20	0,24±0,04	8,49±0,10	*	39,81±1,49
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35 ^b	2,91±0,05	15,57±0,57	49,82±0,52	12,29±0,25	3,55±0,47	0,69±0,16	31,41±0,26	54,94±10,53	111,56±3,86
G12	3	3	U8a	CSQB05	2,62±0,04	16,40±0,60	48,42±0,49	26,74±0,19	4,17±0,49	0,42±0,08	29,32±0,26	37,81±11,40	95,27±3,46
G12	3	4	U10	CSQB06	0,68±0,01	10,29±0,34	16,15±0,29	4,89±0,05	1,17±0,15	0,19±0,03	4,69±0,06	*	17,35±0,71
H12	1	1	U1	CSQB07	0,84±0,02	16,07±1,84	13,70±0,30	4,15±0,04	1,46±0,19	0,17±0,04	6,78±0,09	*	25,72±1,04
H12	1	2	U5	CSQB08	1,47±0,04	19,40±2,36	24,91±0,44	7,17±0,06	2,18±0,25	0,32±0,06	13,32±0,15	*	46,60±1,75
H12	1	3	U14	CSQB09	0,92±0,02	12,94±1,54	14,87±0,28	4,24±0,03	1,23±0,16	0,26±0,04	7,22±0,09	*	29,52±1,12
H12	2	2	U7	CSQB10	0,79±0,02	12,52±1,46	13,45±0,25	3,53±0,03	0,99±0,14	0,16±0,03	6,49±0,08	*	28,14±1,05
H12	2	4	U15	CSQB11	1,65±0,04	38,47±3,80	21,96±0,40	6,54±0,05	1,70±0,24	0,36±0,06	10,54±0,12	*	36,97±1,41

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

a. Amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

b. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

APÊNDICE 9 – Conclusão

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Co	Zn	Cs	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
E10	1	1	U13	CSQB01	14,70±0,64	57,71±7,64	*	22,22±1,40	0,82±0,12	2,90±0,57	*	1,67±0,50
G12	1	1	U1	CSQB02	47,80±1,58	127,76±14,71	*	59,35±2,79	3,18±0,29	9,61±1,61	2,00±0,74	3,98±0,98
G12	2	2	U5	CSQB03	23,74±0,81	74,38±7,58	*	28,98±1,40	1,02±0,11	5,09±0,77	0,71±0,25	2,16±0,46
G12	2	3	U7	CSQB04	25,61±0,88	79,46±8,91	*	29,50±1,54	0,96±0,11	6,33±1,05	1,25±0,45	2,58±0,49
G12	2	3 ^a	U7	CSQB35 ^b	74,75±2,25	132,48±14,82	*	94,00±3,10	3,26±0,31	10,77±1,65	4,08±1,26	5,87±1,06
G12	3	3	U8a	CSQB05	62,00±1,90	130,78±15,80	*	95,92±3,71	3,60±0,31	8,75±1,64	1,70±0,68	7,15±1,18
G12	3	4	U10	CSQB06	10,50±0,44	41,35±5,29	*	27,09±1,27	1,21±0,12	5,85±0,94	*	2,63±0,45
H12	1	1	U1	CSQB07	19,30±0,72	96,10±9,94	*	29,72±1,75	0,88±0,12	4,23±0,72	*	1,68±0,56
H12	1	2	U5	CSQB08	33,76±1,08	141,41±13,51	*	68,19±2,65	2,00±0,19	8,15±1,19	1,37±0,43	3,01±0,86
H12	1	3	U14	CSQB09	18,88±0,64	77,77±7,87	*	28,42±1,56	1,19±0,12	4,85±0,70	*	1,73±0,50
H12	2	2	U7	CSQB10	17,43±0,58	61,21±7,02	*	25,09±1,36	0,94±0,10	4,90±0,70	*	1,79±0,42
H12	2	4	U15	CSQB11	30,00±0,95	160,31±13,73	*	37,79±2,15	1,52±0,15	6,61±0,96	*	2,22±0,68

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

a. Amostra ocasional coletada num setor circular da quadra por apresentar muitos fragmentos de carvão.

b. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

APÊNDICE 10 - Concentrações elementares por INAA da quadra I12 do sítio Abrigo do Alvo, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado (continua)

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Na (mg g ⁻¹)	K (mg g ⁻¹)	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr
I12	1	1	U2	CSQB12	0,85±0,02	23,54±2,51	14,53±0,28	4,16±0,04	0,83±0,16	0,23±0,04	6,19±0,08	*
I12	1	2	U3	CSQB13	0,81±0,01	17,29±0,52	18,45±0,24	7,65±0,06	1,40±0,24	0,18±0,05	7,51±0,10	*
I12	1	3	U4	CSQB14	0,99±0,02	13,23±0,44	11,57±0,21	4,70±0,04	1,17±0,24	0,16±0,06	5,57±0,09	*
I12	2	2	U16	CSQB15	1,85±0,03	22,57±0,70	30,67±0,38	12,67±0,09	2,21±0,37	0,25±0,06	16,54±0,18	*
I12	2	3	U8b	CSQB16	1,06±0,01	11,93±0,40	21,82±0,27	8,70±0,06	1,56±0,27	0,29±0,06	10,50±0,12	7,68±5,01
I12	3	3	U8b	CSQB17	1,28±0,02	12,81±0,41	23,00±0,27	11,36±0,08	1,94±0,26	0,29±0,06	12,40±0,12	13,16±4,09
I12	4	3	U8b	CSQB18	1,39±0,03	14,13±1,82	28,34±0,39	10,51±0,05	2,77±0,22	0,54±0,06	12,59±0,12	25,59±4,76

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

APÊNDICE 10 - Conclusão

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Fe (mg g ⁻¹)	Co	Zn	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
I12	1	1	U2	CSQB12	21,06±0,85	16,53±0,60	99,01±9,35	26,77±1,56	0,93±0,11	4,05±0,63	*	1,53±0,41
I12	1	2	U3	CSQB13	25,05±1,00	22,86±0,83	100,16±9,43	31,71±1,51	1,30±0,15	3,79±0,70	*	1,18±0,45
I12	1	3	U4	CSQB14	21,43±0,91	17,42±0,75	55,83±7,45	20,01±1,41	0,61±0,11	4,76±0,77	*	0,73±0,38
I12	2	2	U16	CSQB15	62,31±2,28	49,60	135,17±	58,61±2,48	1,80±0,21	9,30±1,43	1,29	2,40±0,75
I12	2	3	U8b	CSQB16	36,97±1,38	29,79±0,95	88,17±8,99	39,26±1,71	1,49±0,15	4,36±0,73	*	2,94±0,50
I12	3	3	U8b	CSQB17	42,47±1,54	25,62±0,86	69,53±7,69	39,73±1,59	1,91±0,17	7,62±1,12	*	3,08±0,53
I12	4	3	U8b	CSQB18	57,57±2,01	32,44±0,99	126,08±12,19	44,40±1,70	1,84±0,16	24,95±3,19	2,80±2,01	4,03±0,63

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

APÊNDICE 11 -Concentrações elementares por INAA da quadra J12 e colúvio do sítio Abrigo do Alvo, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado

Quadra	Nível	U P	U	Código IPEN	Na (mg g^{-1})	K (mg g^{-1})	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr	Fe (mg g^{-1})
J12	2	1	U3	CSQB19	0,52±0,01	14,86±1,91	8,93±0,25	2,68±0,03	0,85±0,13	0,22±0,04	3,86±0,07	*	13,84±0,67
J12	2	2	U4	CSQB20	1,48±0,04	16,13±2,21	23,87±0,44	6,63±0,03	1,96±0,26	0,28±0,05	13,29±0,15	*	50,18±1,87
J12	3	1	U6	CSQB34 ^a	0,95±0,01	14,44±0,49	16,71±0,27	4,19±0,07	1,06±0,25	0,22±0,08	8,26±0,11	*	29,94±1,18
J12	3	2	U4	CSQB33 ^a	1,21±0,02	12,90±0,46	20,42±0,30	5,04±0,08	1,44±0,32	0,21±0,09	10,48±0,13	6,59±5,61	38,79±1,48
J12	4	3	U8b	CSQB21	0,86±0,02	10,72±1,40	19,53±0,32	5,70±0,04	1,51±0,15	0,30±0,05	9,93±0,11	*	33,22±1,24
J12	4	4	U8c	CSQB22	0,67±0,01	11,76±1,37	14,23±0,22	3,83±0,03	1,27±0,12	0,16±0,02	6,60±0,07	10,03±3,43	26,39±0,96
J12	5	3	U11	CSQB23	1,14±0,03	18,24±2,21	38,84±0,50	11,18±0,23	2,86±0,23	0,51±0,06	13,44±0,13	13,72±5,17	51,22±1,81
J12	5	4	U8c	CSQB24	1,23±0,02	14,83±0,52	27,82±0,33	6,70±0,03	1,90±0,33	0,35±0,08	12,93±0,14	14,01±5,78	47,52±1,73
J12	5	5	U12a	CSQB25	0,63±0,01	9,82±0,35	10,56±0,18	2,62±0,02	1,47±0,20	0,28±0,05	4,90±0,05	6,62±1,71	25,20±0,90
J12	5	6	U12a	CSQB26	0,70±0,01	11,40±0,45	17,80±0,28	4,70±0,03	0,97±0,24	0,28±0,06	7,71±0,08	17,25±3,67	27,44±1,01
J12	6	3	U11	CSQB27	1,22±0,02	17,66±0,72	34,12±0,52	8,33±0,06	2,78±0,54	0,56±0,13	12,49±0,14	21,77±5,28	51,52±1,88
J12	6	4	U8c	CSQB28	1,23±0,02	21,08±0,83	24,68±0,46	7,00±0,05	2,66±0,51	0,30±0,10	11,44±0,13	16,25±5,38	42,20±1,58
J12	6	5	U12a	CSQB29	0,63±0,01	9,60±0,38	10,32±0,20	2,67±0,02	1,35±0,21	0,22±0,05	4,61±	11,16±2,75	23,32±0,85
J12	7	3	U11	CSQB30	0,56±0,01	9,37±0,65	11,91±0,21	2,23±0,02	1,24±0,15	0,18±0,03	4,40±0,06	6,64±2,60	18,61±0,71
J12	7	5	U12a	CSQB31	1,16±0,02	14,37±0,50	29,29±0,38	12,00±0,19	2,67±0,33	0,52±0,09	12,25±0,15	40,83±7,58	51,71±1,90
J12	7	7	U12b	CSQB32	1,07±0,01	15,30±0,51	29,66±0,34	13,86±0,21	3,76±0,35	0,68±0,12	10,37±0,12	14,33±5,94	35,29±1,33
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	0,91±0,02	10,36±0,68	16,98±0,25	2,98±0,02	1,48±0,18	0,14±0,04	9,74±0,10	18,79±3,90	43,70±1,49

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação. U = Unidade estratigráfica.

a. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

APÊNDICE 11 – Conclusão

Quadra	Nível	UP	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Co	Zn	Cs	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
J12	2	1	U3	CSQB19	12,02±0,63	80,11±9,72	*	22,11±2,77	0,55±0,09	2,41±0,48	*	1,16±0,51
J12	2	2	U4	CSQB20	38,36±1,29	129,94±14,12	*	48,93±2,22	1,54±0,18	7,71±1,16	2,22±1,78	2,91±0,82
J12	3	1	U6	CSQB34 ^a	24,61±1,01	84,18±9,75	*	32,76±1,69	1,15±0,15	3,90±0,64	*	2,12±0,53
J12	3	2	U4	CSQB33 ^a	27,93±1,09	57,55±8,80	*	38,56±1,82	1,38±0,18	5,42±0,89	*	2,26±0,56
J12	4	3	U8b	CSQB21	29,82±0,95	72,61±8,67	1,00±0,49	39,90±1,63	1,26±0,13	6,49±0,94	*	2,80±0,54
J12	4	4	U8c	CSQB22	20,10±0,63	77,81±7,42	*	25,55±1,05	0,81±0,08	6,24±0,87	1,31±1,00	1,31±0,33
J12	5	3	U11	CSQB23	34,89±1,06	127,83±12,67	3,94±0,89	58,23±2,01	1,95±0,16	18,27±2,38	3,34±2,43	4,61±0,67
J12	5	4	U8c	CSQB24	39,93±1,33	196,74±19,16	*	48,89±2,09	1,98±0,20	6,96±0,98	1,10±0,35	2,98±0,55
J12	5	5	U12a	CSQB25	15,02±0,51	56,35±6,18	*	17,89±0,78	0,71±0,07	7,22±0,94	0,34±0,13	1,55±0,24
J12	5	6	U12a	CSQB26	20,53±0,72	74,67±8,37	*	35,24±1,27	1,17±0,12	4,31±0,63	0,39±0,17	1,86±0,36
J12	6	3	U11	CSQB27	34,31±1,23	125,66±14,63	1,89±0,81	55,41±2,18	2,02±0,21	12,79±1,70	1,33±0,40	3,71±0,56
J12	6	4	U8c	CSQB28	36,95±1,29	175,18±17,73	*	48,19±2,02	1,87±0,20	9,35±1,29	*	2,62±0,55
J12	6	5	U12a	CSQB29	11,42±0,44	42,39±5,70	0,71±0,29	16,99±0,82	0,72±0,08	7,71±1,00	0,54±0,16	1,91±0,29
J12	7	3	U11	CSQB30	9,84±0,46	48,60±6,41	*	17,37±0,90	0,91±0,11	6,72±0,74	*	1,56±0,30
J12	7	5	U12a	CSQB31	28,26±1,12	96,90±11,57	*	49,95±2,13	2,20±0,23	19,63±2,64	1,83±0,72	6,43±0,79
J12	7	7	U12b	CSQB32	21,05±0,85	51,15±7,62	2,35±0,94	41,56±1,75	2,80±0,25	14,32±1,95	*	5,17±0,48
Colúvio	-	-	UE1	CSQB76	31,18±0,91	120,98±11,30	*	34,29±1,27	1,21±0,13	4,96±0,61	0,49±0,27	2,39±0,38

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação. a. Número fora da sequência, pois os dados da sua procedência estratigráfica foram conhecidos após catalogação no IPEN.

APÊNDICE 12 - Descrição de campo das unidades reconhecidas em planta (UP) na quadra C10 do sítio Abrigo Roncador, incluindo principais características macroscópicas e inclusões

Nível	UP	Unidade estratigráfica	Descrição macroscópica em planta (campo)	Inclusões (lítico, carvão, ossos, sementes, etc.)
1	1	U1	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/2). Solta. Com raízes comuns.	-
2	2	U2	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Solta. Com raízes comuns.	-
3	2	U2	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Macia. Transição com UP3 abrupta.	Lítico, carvão
	3	U2	Cascalho (100% de cascalho), formado por clastos de arenito de até 120 mm. Dura. Transição com UP2 abrupta.	-
4	2	U2	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/3). Macia. Transição com UP3 abrupta.	Lítico, carvão
	3	U2	Cascalho (100% de cascalho), formado por clastos de arenito de até 350 mm. Dura. Transição com UP2 abrupta.	-
5	4	U3	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/4). Solta.	Lítico, carvão
	5	U3	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/6). Solta. Transição com UP6 abrupta.	Lítico, carvão
6	6	-	Cascalho (100% de cascalho), formado por clastos de arenito de até 250 mm. Dura. Transição com UP5 abrupta.	-
	5	U3	Arenosa. Bruno (7.5YR 4/6). Solta. Transição com UP6 gradual.	Lítico, carvão
7	6	U4	Cascalhenta (60% de cascalho) com matriz arenosa. Com clastos subarredondados de arenito muito friável de até 50 mm. Bruno (7.5YR 4/6). Ligeiramente dura. Transição com UP5 gradual.	Lítico, carvão
	7	U4	Arenosa. Vermelho-amarelado (5YR 4/6). Solta. Transição com UP8 difusa.	-
8	8	-	Cascalhenta (60% de cascalho) com matriz arenosa. Com clastos subarredondados de arenito muito friável de até 10 mm. Vermelho-amarelado (5YR 4/6). Ligeiramente dura. Transição com UP7 difusa.	Lítico, carvão (fragmentos milimétricos)
9	8	-	Cascalhenta (60% de cascalho) com matriz arenosa. Com clastos subarredondados de arenito muito friável de até 10 mm. Vermelho-amarelado (5YR 4/6). Ligeiramente dura. Transição com UP9 difusa.	Carvão (fragmentos milimétricos)
	9	U4	Arenosa. Vermelho-amarelado (5YR 5/6). Solta. Transição com UP8 difusa.	Carvão
10	8	-	Não escavada (descrição idem ao nível 9)	-
	9	U4	Arenosa. Vermelho-amarelado (5YR 5/6). Solta. Transição com UP8 difusa.	Carvão

Nota: no Nível 11 aprofundou-se apenas o setor leste da quadra, na UP9, que apresentou as mesmas características do que no Nível 10 e apenas um carvão.

APÊNDICE 13 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção NE, quadra C10, sítio Abrigo Roncador

ID/Fb	U	Microestrutura	Porosidade/ abundância ^a	Agregados /tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa	Pedocaracteres	
							Componentes minerais/ abundância ^a	Componentes orgânica/ abundância ^a	Composição/ cor	Limp./ Tessit ura- <i>b</i>	R/HR/QR/P/N
1/1	U1/ U2	De grãos interligados/ De grãos revestidos	Emp. simples/ frequentes Vesículas/comuns Canais/poucos	Apedal	60/40	Gefúrica convexa Quitônica	Qz/dominante Fd/poucos FR/muito poucos	Carvão/muito poucos Fitólitos/muito poucos Resíduos de tecidos/comuns	MO, argila, microcarvão/	Indif. Mosq pont.	R/P
2/1	U2/ U3	De grãos interligados/ De grãos revestidos	Emp. simples/ frequentes Vesículas/comuns Canais/comuns	Apedal	70/30	Gefúrica convexa Quitônica	Qz/dominante Fd/poucos FR/comuns	Carvão/ poucos Fitólitos/muito poucos Resíduos de tecidos/comuns	MO, argila, microcarvão/	Indif. Mosq pont.	R/P
3/1	U3/ U4	De grão solto a de grãos interligados/ De grãos revestidos	Emp. simples/ dominantes Vesículas/comuns Canais/comuns	Apedal	60/40	Mónica grossa Gefúrica convexa Quitônica	Qz/dominante Fd/poucos FR/muito poucos	Carvão/ poucos Fitólitos/muito poucos Resíduos de tecidos/muito poucos	MO, argila, microcarvão/	Indif. Mosq pont.	R/P

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51–70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). Qz: Quartzo; Fd: Feldspato; FR: Fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Indif.: indiferenciada.

APÊNDICE 14 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse da quadra C10 e colúvio do sítio Abrigo Roncador

Quadra	Profundidade (cm)	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Massa inicial (mg)	N micro-vestígios contados	N micro-vestígios em 50 µl	N micro-vestígios em 500 µl	N micro-vestígios em 1 g
C10	10 - 20	U2	CSQB65	45,17	0	0	0	0
C10	50 - 60	U3	CSQB69	46,10	0	0	0	0
C10	70 - 80	U4	CSQB71	46,67	0	0	0	0
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	46,80	0	0	0	0

APÊNDICE 15 – Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo Roncador e amostras externas (colúvio e solo)

Quadra	Profundidade (cm)	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Argila (%)	Silte (%)	Areia muito fina (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Diâmetro médio (phi) ^a	Desvio padrão (phi) ^a	Assimetria (phi) ^a	Curtose (phi) ^a
C10	0 - 10	U1	CSQB64	0,20	3,16	13,21	34,31	38,08	11,05	2,14	1,07	1,59	8,99
C10	10 - 20	U2	CSQB65	0,26	3,69	15,25	36,47	36,30	8,03	2,26	1,08	1,66	9,27
C10	20 - 30	U2	CSQB66	0,09	1,84	13,58	36,33	38,38	9,78	2,12	0,94	1,15	7,70
C10	30 - 40	U2	CSQB67	0,10	2,42	15,16	36,49	37,06	8,78	2,18	0,97	1,16	7,42
C10	40 - 50	U3	CSQB68	0,04	1,77	16,16	38,74	36,11	7,18	2,21	0,89	0,71	5,34
C10	50 - 60	U3	CSQB69	0,30	3,66	17,31	37,79	34,08	6,86	2,33	1,08	1,66	9,49
C10	60 - 70	U4	CSQB70	0,12	4,38	18,61	36,36	33,00	7,53	2,33	1,05	1,14	6,60
C10	70 - 80	U4	CSQB71	0,26	4,12	15,74	34,60	35,38	9,89	2,25	1,12	1,53	8,37
C10	80 - 90	U4/Base	CSQB72	0,21	4,39	14,77	32,40	36,31	11,91	2,19	1,14	1,45	7,68
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	0,00	2,70	22,69	35,77	28,51	10,33	2,30	0,97	0,02	2,40
Solo	0 - 10	UE1	CSQB74	0,00	3,10	11,24	30,86	41,98	12,82	2,02	0,98	1,03	5,14

a. Cálculo realizado com cômputo dos materiais pelíticos.

APÊNDICE 16 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺) das amostras de sedimento do sítio Abrigo Roncador e amostras externas (colúvio e solo)

Quadra	Prof. (cm)	U	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolckg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolckg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolckg ⁻¹)	Al ³⁺ (mmolckg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
C10	0 - 10	U1	CSQB64	4,4	3,5	12,75	14,00	1,40	4,00	1,00	17,00	3,634	0,248	96,118
C10	10 - 20	U2	CSQB65	4	3,6	4,64	3,00	1,60	1,00	*	15,00	2,584	0,284	97,131
C10	20 - 30	U2	CSQB66	4,1	3,6	5,8	3,00	0,90	1,00	*	16,00	2,477	0,256	97,267
C10	30 - 40	U2	CSQB67	4,1	3,7	4,06	3,00	0,70	1,00	*	16,00	2,148	0,342	97,510
C10	40 - 50	U3	CSQB68	4,3	3,7	3,48	4,00	0,70	1,00	*	16,00	1,409	0,266	98,325
C10	50 - 60	U3	CSQB69	4,3	3,8	2,32	2,00	0,70	*	*	10,00	1,150	0,236	98,614
C10	60 - 70	U4	CSQB70	4,6	3,7	2,32	2,00	0,50	*	*	14,00	0,812	0,210	98,978
C10	70 - 80	U4	CSQB71	4,5	3,7	1,16	2,00	0,60	*	*	15,00	0,830	0,237	98,933
C10	80 - 90	U4/Base	CSQB72	4,7	3,8	1,16	2,00	0,40	*	*	15,00	0,792	0,273	98,935
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	3,9	3,5	12,17	4,00	1,00	*	*	18,00	3,786	0,352	95,861
Solo	0 - 10	UE1	CSQB74	5,5	4,4	10,43	7,00	1,10	11,00	4,00	1,00	4,657	0,139	95,204

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação; Prof. = Profundidade; U = Unidade estratigráfica; COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB64 = 3,632 g; CSQB65 = 3,521 g; CSQB66 = 3,512 g; CSQB67 = 3,213 g; CSQB68 = 3,761 g; CSQB69 = 3,390 g; CSQB70 = 3,817 g; CSQB71 = 3,375 g; CSQB72 = 3,661 g; CSQB73 = 3,407 g; CSQB74 = 3,586 g.

APÊNDICE 17 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras de sedimento da quadra C10 e amostras externas (colúvio e solo) do sítio Abrigo Roncador em porcentagem (%)

Quadra	Profundidade (cm)	Unidade estratigráfica	Código IPEN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅
C10	0 - 10	U1	CSQB64	94,0	1,48	*	*	*	*	*
C10	10 - 20	U2	CSQB65	95,2	1,39	*	*	*	*	*
C10	20 - 30	U2	CSQB66	94,5	1,56	*	*	*	*	*
C10	30 - 40	U2	CSQB67	94,7	1,59	*	*	*	*	*
C10	40 - 50	U3	CSQB68	95,1	1,77	*	*	*	*	*
C10	50 - 60	U3	CSQB69	94,9	1,74	*	*	*	0,10	*
C10	60 - 70	U4	CSQB70	95,5	1,65	*	*	*	0,10	*
C10	70 - 80	U4	CSQB71	95,8	1,64	*	*	*	0,10	*
C10	80 - 90	U4/Base	CSQB72	95,7	1,55	*	*	*	*	*
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	93,6	1,54	*	*	*	0,11	*
Solo	0 - 10	UE1	CSQB74	93,9	1,40	*	*	*	*	*

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

APÊNDICE 18 – Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento da quadra C10 e amostras externas (colúvio e solo) do sítio Abrigo Roncador, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado (continua)

Quadra	Profundidade (cm)	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Na (mg g^{-1})	K (mg g^{-1})	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr	Fe (mg g^{-1})
C10	0 - 10	U1	CSQB64	0,42±0,01	8,76±0,87	6,71±0,16	1,01±0,02	0,78±0,09	0,12±0,02	1,55±0,03	6,87±1,55	4,22±0,22
C10	10 - 20	U2	CSQB65	0,53±0,01	11,13±1,12	12,26±0,22	1,84±0,02	1,15±0,13	0,15±0,03	2,46±0,04	14,06±2,04	6,17±0,29
C10	20 - 30	U2	CSQB66	0,33±0,01	6,48±0,74	6,42±0,15	0,81±0,02	0,96±0,09	0,14±0,02	1,29±0,03	2,00±1,34	3,57±0,19
C10	30 - 40	U2	CSQB67	0,37±0,01	7,55±0,82	7,30±0,17	1,67±0,02	0,62±0,09	0,12±0,02	1,25±0,03	6,26±1,76	3,64±0,21
C10	40 - 50	U3	CSQB68	0,38±0,01	9,02±0,96	7,06±0,17	1,23±0,02	0,90±0,10	0,17±0,02	1,33±0,03	9,13±1,81	4,02±0,21
C10	50 - 60	U3	CSQB69	0,39±0,01	10,54±1,03	7,56±0,17	1,23±0,02	1,01±0,10	0,12±0,02	1,42±0,03	7,51±1,61	4,17±0,22
C10	60 - 70	U4	CSQB70	0,40±0,01	10,50±1,06	7,78±0,18	1,26±0,02	0,83±0,08	0,13±0,02	1,37±0,03	10,91±1,79	4,70±0,23
C10	70 - 80	U4	CSQB71	0,61±0,01	15,75±0,88	15,35±0,24	1,30±0,01	1,83±0,16	0,24±0,04	2,34±0,04	10,20±2,46	8,53±0,38
C10	80 - 90	U4/Base	CSQB72	0,59±0,01	14,70±0,84	15,05±0,24	1,80±0,02	1,63±0,16	0,28±0,04	2,30±0,04	9,68±2,39	7,42±0,34
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	0,42±0,01	9,48±0,61	9,63±0,19	1,19±0,01	1,32±0,13	0,21±0,03	1,51±0,04	4,26±1,98	4,37±0,24
Solo	0 - 10	UE1	CSQB74	0,29±0,01	6,90±0,47	9,11±0,17	0,93±0,01	0,68±0,12	0,14±0,02	1,45±0,03	3,37±1,47	4,33±0,24

APÊNDICE 18 – Conclusão

Quadra	Profundidade (cm)	Unidade estratigráfica	Código IPEN	Co	Zn	Cs	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
C10	0 - 10	U1	CSQB64	2,07±0,19	9,60±2,61	*	14,01±1,12	0,24±0,06	4,32±0,45	*	1,83±0,22
C10	10 - 20	U2	CSQB65	2,88±0,22	*	1,27±0,34	21,13±1,43	0,47±0,07	13,03±1,20	0,37±0,13	4,04±0,29
C10	20 - 30	U2	CSQB66	1,33±0,15	*	0,46±0,25	12,91±0,96	0,22±0,05	5,96±0,58	0,25±0,11	1,82±0,19
C10	30 - 40	U2	CSQB67	9,11±0,37	*	0,80±0,30	13,06±0,93	0,20±0,05	5,20±0,50	*	2,09±0,22
C10	40 - 50	U3	CSQB68	1,74±0,17	*	*	12,25±1,11	0,26±0,05	6,60±0,63	*	2,17±0,20
C10	50 - 60	U3	CSQB69	1,36±0,17	*	1,34±0,29	13,08±1,02	0,26±0,05	6,12±0,59	*	2,03±0,21
C10	60 - 70	U4	CSQB70	1,77±0,17	*	0,44±0,25	16,06±	0,35±0,06	7,62±0,72	0,23±0,11	2,79±0,23
C10	70 - 80	U4	CSQB71	5,48±0,34	*	0,90±0,36	25,51±1,01	0,32±0,07	19,06±1,94	*	4,41±0,38
C10	80 - 90	U4/Base	CSQB72	4,54±0,31	24,24±4,35	0,83±0,29	27,59±1,58	0,45±0,08	15,69±1,62	*	4,05±0,34
Colúvio	10 - 25	UE1	CSQB73	1,32±0,17	*	0,87±0,26	15,68±1,31	0,22±0,07	7,37±0,78	*	2,96±0,27
Solo	0 - 10	UE1	CSQB74	0,96±0,16	10,89±3,21	*	17,43±1,27	0,22±0,07	6,46±0,69	*	2,09±0,25

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação.

APÊNDICE 19 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção S, quadra 120/109, sítio Abrigo Maximiano (continua)

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa		Pedocaracteres I/R/HR/QR/P/N
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitura-b	
2a.1	1a	Granulosa a microagregados intergranulares	Emp. composto/frequentes Emp. complexo/comuns	Grânulos/100 - 500 µm	45/55	Enáulica fechada fina	Qz/frequente Fd/muito poucos FR/poucos AA/poucos	Fr. conch./poucos poucos Ossos/comuns Carvão/frequentes	MO, argila, micrita, microcarvão, cinzas/ 7.5YR 2.5/2 a 7.5YR 3/2	Mosqueada pont. e indif.	-
2a.2	2	An. subangulosa/Maciça	Emp. complexo/frequentes	An. subangulosa/Apedal	10/90	Porfírica aberta a esp. duplo	Qz/poucos	Carvão/poucos	Argila rubificada/ 2.5YR 2.5/4	Mosqueada pont.	-
2a.1	1a	Granulosa a microagregados intergranulares	Emp. composto/frequentes Emp. complexo/comuns	Grânulos/100 - 500 µm	45/55	Enáulica fechada fina	Qz/frequente FR/poucos AA/poucos	Fr. conch./poucos poucos Ossos/comuns Carvão/frequentes	MO, argila, micrita, microcarvão, cinzas/ 7.5YR 2.5/2 a 7.5YR 3/2	Mosqueada pont. e indif.	-
3	1b	Granulosa a microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. composto/frequentes Fissuras parcialmente acomodadas/poucas	Grânulos/100 – 300 µm An. subangulosa fracamente separados	45/55	Enáulica fechada fina	Qz/frequente FR/poucos AA/poucos	Fr. conch./poucos poucos Ossos/comuns Carvão/frequentes	MO, argila, micrita, microcarvão, cinzas/ 7.5YR 3/2	Mosqueada pont. e indif.	-

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51–70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). An.: anisomorfe; Emp.: empacotamento; Esp.: espaçamento; Qz: quartzo; Fd: feldspato; FR: fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Mosqueada pont.: mosqueada pontilhada; Indif.: indiferenciada; P: preenchimento; R: revestimento.

APÊNDICE 19 – Conclusão

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa	Pedocaracteres	
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição / cor	Limp./ Tessitura- <i>b</i>	I/R/HR/QR/P/ N
2b.1	3	Grumosa/ granulosa a microagregados intergranulares/ com cavidades (<i>vughy</i>)/an. subangulosa	Emp. composto/ comuns Emp. complexo/ poucos Cavidades regulares/comuns Fissuras/comuns	Grânulos e grumos/ 50 - 400 µm An. subangulosa moderada-mente separados/ 1 mm - 1,5 cm	40/60	Enáulica esp. simples igual a enáulica esp. duplo igual	Qz/comuns FR/muito poucos AA/poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/poucos Carvão/ frequentes	MO, argila, micrita, microcarvão / 7.5 YR 2.5/2	Mosquead a pont. e indif.	-
4.1	4a	Maciça com cavidades (<i>vughy</i>)/an. subangulosa	Cavidades regulares/ dominantes Cavidades em estrela/comuns Fissuras/poucas Emp. composto/ poucos	Grumos/ 50 - 400 µm An. subangulosa fracamente separados/ 5 mm	20/80	Porfírica aberta	Qz/muito poucos FR/muito poucos AA/comuns	Fr. conch./ comuns Ossos/poucos Carvão/ comuns	MO, micrita, microcarvão cinzas/ 7.5 YR 4/4 a 7.5 YR	Mosquead a pont.	I-Fe
4.2	5	Com cavidades (<i>vughy</i>)	Cavidades regulares/ dominantes Cavidades em estrela/comuns Fissuras/poucas	Apedal	45/55	Porfírica aberta a esp. duplo	Qz/comuns FR/muito poucos	Fr. conch./ poucos Ossos/poucos	Carvão/ 10 YR 2/1	Indif.	I-Fe
4.3	3	Grumosa/ granulosa a microagregados intergranulares/ an. subangulosa	Emp. composto/ comuns Emp. complexo/ poucos Cavidades regulares/comuns Fissuras/poucas	Grânulos e grumos/ 50 - 400 µm An. subangulosa altamente separados/ 1 – 6 mm	40/60	Enáulica esp. duplo igual	Qz/comuns FR/muito poucos AA/poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/poucos Carvão/ frequentes	MO, argila, micrita, microcarvão /	Mosquead a pont. e indif.	-

APÊNDICE 20 – Descrição micromorfológica das amostras coletadas na seção N, quadra 120/107, sítio Abrigo Maximiano

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa	Limp./Tessitura- <i>b</i>	Pedocaracteres I/R/HR/QR/P/N
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição / cor		
5	6	Granulosa a microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. composto/comuns Emp. complexo/frequentes Fissuras/poucas	Grânulos/100 – 200 µm An. subangulosa fracamente separados/2 mm - 1,6 cm	45/55	Enáulica esp. simples igual a esp. duplo igual	Qz/comuns FR/muito poucos	Fr. conch./poucos Ossos/poucos Carvão/muito poucos	MO, argila, microcarvão/10YR 2/2	Indif.	P
6.1	7a	Esponjosa/microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. composto/poucos Emp. complexo/frequentes Canais/comuns Vesículas/comuns Fissuras/poucas	Grânulos/200 – 500 µm An. subangulosa fracamente separados/2 mm - 2 cm	60/40	Enáulica esp. simples igual a esp. duplo igual Porfírica esp. duplo	Qz/comuns Fd/muito pouco FR/muito poucos AA/muito poucos	Fr. conch./comuns Ossos/comuns Carvão/muito poucos	MO, argila, microcarvão/10YR 3/2	Indif.	P
6.2	7b	De grãos interligados/Granulosa a microagregados intergranulares	Emp. composto/comuns Emp. complexo/frequentes Canais/poucos Vesículas/comuns	Grânulos/200 - 300 µm	75/25	Enáulica esp. simples fino Gefúrica	Qz/comuns Fd/muito pouco FR/muito poucos AA/muito poucos AL/muito poucos	Fr. conch./comuns Ossos/comuns Carvão/muito poucos	MO, argila, microcarvão/10YR 3/2	Indif.	R
7	8a	Microagregados intergranulares/blocos subanguloso	Emp. complexo/frequentes Fissuras/comuns	Grânulos/100 - 500 µm An. subangulosa fracamente separados/2 – 5 mm	65/35	Enáulica esp. aberto igual a grosso	Qz/comuns Fd/muito pouco FR/poucos AA/poucos AL/poucos	Fr. conch./frequentes Ossos/frequente s/ Carvão/muito poucos	MO, argila, microcarvão, cinzas/10YR 2/2	Indif.	R, P

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51–70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). An.: anisoforme; Emp.: empacotamento; Esp.: espaçamento; Qz: quartzo; Fd: feldspato; FR: fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Indif.: indiferenciada; P: preenchimento; R: revestimento.

APÊNDICE 21– Descrição micromorfológica das seções delgadas F e G, da seção W, quadra 127/110, sítio Abrigo Maximiano

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa		Pedocaracteres I/R/HR/QR/P/N
							Componentes es minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitura a-b	
9	9	Granulosa a microagregados intergranulares/grumosa/an. subangulosa	Emp. composto/dominantes Cavidades regulares/poucos Vesículas/comuns Fissuras/poucas	Grânulos e grumos/ 50 – 500 µm An. subangulosa altamente separados/ 1 mm - 1 cm	40/60	Enáulica esp. duplo igual a esp. aberto grosso Porfírica esp. aberto	Qz/comuns FR/muito poucos	Fr. conch. /poucos Ossos/muito poucos Carvão/comuns	MO, argila, micrita, microcarvão/ 5YR 2.5/2	Mosqueada pont.	HR
10.1	10a	An. subangulosa/ Com cavidades (<i>vughy</i>)/ Granulosa	Fissuras/comuns Cavidades regulares/frequentes Cavidades em estrela/comuns	Grânulos/ 50 – 500 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 3 mm – 3,8 cm	45/55	Porfírica esp. duplo	Qz/comuns FR/muito poucos	Fr. conch. /comuns Conchas inteiras/muito poucas Ossos/comuns Carvão/poucos	MO, argila, micrita, microcarvão/ 7.5YR 2.5/3	Mosqueada pont.	R
10.2	10b	Microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. complexo/frequentes Fissuras/comuns Cavidades regulares/comuns	Grânulos/ 50 – 500 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 7 mm – 2 cm	45/55	Enáulica esp. duplo fino a igual Porfírica esp. duplo	Qz/frequentes Fd/poucos FR/muito poucos	Fr. conch. /comuns Ossos/poucos Carvão/poucos	MO, argila, micrita, microcarvão, cinzas/ 7.5YR 2.5/3	Mosqueada pont.	R
10.3	10c	Granulosa a microagregados intergranulares	Emp. composto/frequentes Emp. complexo/frequentes	Grânulos/ 50 – 500 µm	60/40	Enáulica esp. simples fino a esp. duplo fino	Qz/frequentes Fd/muito poucos FR/muito poucos	Fr. conch. /comuns Ossos/poucos Carvão/ muito poucos	MO, argila, micrita, microcarvão/ 7.5YR 3/2	Mosqueada pont. e indif.	R
11	11	De grão simples/ Granulosa a microagregados intergranulares	Emp. composto/frequentes Emp. complexo/poucos	Grânulos/ 50 – 200 µm	70/30	Mónica igual a enáulica fechada fina	Qz/frequentes	Fr. conch. /frequentes Conchas inteiras/frequentes Ossos/poucos Carvão/muito poucos	MO, micrita/ 7.5YR 2.5/2	Indif.	-

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51–70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). An.: anisforme; Emp.: empacotamento; Esp.: espaçamento; Qz: quartzo; Fd: feldspato; FR: fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Mosqueada pont.: mosqueada pontilhada; Indif.: indiferenciada; HR: hipo-revestimento; R: revestimento.

APÊNDICE 22 – Descrição micromorfológica da seção delgada H, na seção W, quadra 127/110, sítio Abrigo Maximiano (continua)

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa	Pedocaracteres	
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitur a-b	I/R/HR/QR/P/N
13.1	4b	An. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)/ microagregados intergranulares	Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/ comuns Fissuras/comuns Emp. complexo/ poucos	Grânulos/ 50 – 500 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 1,5 mm - 1 cm	25/75	Porfírica esp. aberto Enáulica aberta igual a grossa	Qz/poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ comuns Ossos/poucos Carvão/ comuns	Micrita, espató, argila, cinzas/	Cristalítica Mosq pont.	R/P/N-Fe
13.2	12a	An. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)/Granulosa microagregados intergranulares	Emp. complexo/ frequentes Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/comuns Fissuras/poucas	Grânulos/ 50 – 100 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 100 µm – 2,5 mm	30/70	Enáulica aberta igual	Qz/poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ comuns Ossos/comuns Carvão/ comuns	Micrita, espató, argila, microcarvão, cinzas/	Mosq pont.	N-Fe
13.1	4b	Blocos angulares/ maciça/ com cavidades (<i>vughy</i>)	Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/comuns Fissuras/comuns	Blocos angulares moderada a altamente separados/	20/80	Porfírica esp. duplo a aberto	Qz/muito poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/comuns Carvão/ comuns	Micrita, espató, argila, microcarvão, cinzas, carvão (lâminas ondulantes), fosfatos/	Cristalítica Mosq pont. Indif.	R/P/N-Fe
13.3	12b	An. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)/ microagregados intergranulares	Emp. complexo/ comuns Cavidades em estrela/poucos Cavidades regulares/ poucos Fissuras/poucas	Grânulos/ 50 – 100 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 100 µm – 3 mm	30/70	Enáulica aberta igual	Qz/poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ comuns Ossos/comuns Carvão/ comuns	Micrita, espató, argila, microcarvão, cinzas/	Mosq pont.	N-Fe

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51–70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). An.: anisóforme; Emp.: empacotamento; Esp.: espaçamento; Qz: quartzo; Fd: feldspato; FR: fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Mosqueada pont.: mosqueada pontilhada; Indif.: indiferenciada; R: revestimento; P: preenchimento; N-Fe: nódulo de óxidos/hidróxidos de Fe.

APÊNDICE 22 – Conclusão

mF	Tipo mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa		Pedocaracteres I/R/HR/QR/P/N
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitura- <i>b</i>	
13.2	12a	An. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)/granulosa a microagregados intergranulares	Emp. complexo/ frequentes Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/ comuns Fissuras/poucas	Grânulos/ 50 – 100 µm An. subangulosa moderada a altamente separados/ 100 µm – 2,5 mm	30/70	Enáulica aberta igual	Qz/poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/comuns Carvão/ comuns	Micrita, espato, argila, microcarvão, cinzas/	Mosq pont.	N-Fe
13.1	4b	Microagregados intergranulares/ an. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)	Emp. complexo/ frequentes Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/ comuns Fissuras/poucas	Grânulos/ 50 – 100 µm An. subangulosa moderadamente separados/	20/80	Enáulica aberta igual	Qz/muito poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/poucos Carvão/ comuns	Micrita, espato, argila, microcarvão, cinzas, fosfatos/	Cristalítica	R/P/N-Fe
13.4	12c	Com cavidades (<i>vughy</i>)	Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/ frequentes Fissuras/poucas		30/70	Porfírica esp. aberto	Qz/muito poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/comuns Carvão/ comuns	Micrita, espato, argila, microcarvão, cinzas/	Cristalítica Mosq pont.	N-Fe
13.1	4b	Microagregados intergranulares/ an. subangulosa/ com cavidades (<i>vughy</i>)	Emp. complexo/ frequentes Cavidades em estrela/ frequentes Cavidades regulares/ comuns Fissuras/comuns	Grânulos/ 50 – 100 µm An. subangulosa moderadamente separados/ 2 mm	20/80	Enáulica aberta igual	Qz/muito poucos FR/muito poucos	Fr. conch./ frequentes Ossos/poucos Carvão/ comuns	Micrita, espato, argila, microcarvão, cinzas, fosfatos/	Cristalítica	R/N-Fe

APÊNDICE 23 – Descrição micromorfológica da seção delgada I, na seção E, sondagem V, sítio Abrigo Maximiano (continua)

mF	Tipos mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa		Pedocaracteres
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitura- <i>b</i>	I/R/HR/QR/P/N
15.1	8b	Microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. complexo/frequentes/Cavidades em estrela/poucas Fissuras/poucas	Grânulos/100 - 500 µm An. subangulosa fracamente separados/1 - 4 mm	55/45	Enáulica esp. aberto fino a grosso	Qz/comuns FR/poucos AA/poucos	Fr. conch./comuns Ossos/frequentes/Carvão/comuns	MO, micrita, microcarvão/10YR 2/2	Indif.	-
15.2	13	Microagregados intergranulares/blocos angulares	Emp. complexo/frequentes Fissuras/comuns	Grânulos/100 - 500 µm Blocos angulares fracamente separados/1- 4 mm	60/40	Enáulica esp. aberto igual a grosso Porfírica esp. duplo a aberto	Qz/poucos FR/poucos	Fr. conch./frequentes Ossos/frequentes/Carvão/frequentes	MO, argila, microcarvão, cinzas/10YR 2/2	Indif.	-
15.3	14a	An. subangulosa a angulares/com cavidades (<i>vughy</i>)/microagregados intergranulares	Emp. complexo/frequentes Fissuras/comuns/Cavidades regulares/comuns	Apedal/Blocos angulares fracamente separados/1- 3,5 mm	45/55	Porfírica esp. duplo a aberto Enáulica esp. aberto igual a grosso	Qz/poucos FR/poucos AA/poucos	Fr. conch./frequentes Ossos/frequentes/Carvão/frequentes	MO, micrita/	Indif. Moteada	I-Fe
15.2	13	Microagregados intergranulares/blocos angulares	Emp. complexo/comuns Cavidades em estrela/comuns Fissuras/poucas	Grânulos/100 - 500 µm Blocos angulares moderadamente separados/1 - 3 mm	70/30	Enáulica esp. aberto igual a grosso	Qz/comuns FR/poucos AA/comuns	Fr. conch./frequentes Ossos/poucos Carvão/comuns	MO, argila, microcarvão/10YR 2/2	Indif.	-

^a Segundo categorias propostas por Stoops (2021:Tabela 4.2): muito dominantes (>70%); dominantes (51-70%); frequentes (31-50%); comuns (16-30%); poucos (5-15%); muito poucos (<5%). An.: anisoforme; Emp.: empacotamento; Esp.: espaçamento; Qz: quartzo; Fd: feldspato; FR: fragmentos de rocha; AA: agregados de argila; Fr. conch.: fragmentos de concha; MO: matéria orgânica; Indif.: indiferenciada; I-Fe: impregnação de óxidos/hidróxidos de Fe.

APÊNDICE 23 – Conclusão

mF	Tipos mF	Microestrutura	Porosidade/abundância ^a	Agregados-pedes/tamanho	Razão g/f	Distribuição relacionada g/f	Fração grossa		Micromassa		Pedocaracteres I/R/HR/QR/P/N
							Componentes minerais/abundância ^a	Componentes orgânicos/abundância ^a	Composição/cor	Limp./Tessitura- <i>b</i>	
15.4	14b	An. subangulosa/com cavidades (<i>vughy</i>)/	Cavidades regulares/comuns Fissuras/muito poucas/	Apedal/ An. subangulosa fracamente separados/ 2 – 4 mm	40/60	Porfírica esp. duplo a aberto	Qz/poucos AA/frequentes	Fr. conch./poucos Carvão/comuns	MO, micrita/	Indif. Moteada	-
15.1	8b	Microagregados intergranulares/an. subangulosa	Emp. complexo/frequentes/ Fissuras/comuns Cavidades em estrela/poucas Cavidades regulares/poucas	Grânulos/ 100 - 500 µm An. subangulosa fracamente separados/ 1 mm – 1 cm	55/45	Enáulica esp. aberto fino a grosso	Qz/comuns FR/poucos AA/comuns	Fr. conch./comuns Ossos/comuns Carvão/comuns	MO, argila, microcarvão/ 10YR 2/2	Indif.	-
15.5	10d	Microagregados intergranulares	Emp. complexo/frequentes	Grânulos/ 100 - 500 µm	60/40	Enáulica esp. aberto igual a grosso	Qz/poucos FR/poucos	Fr. conch./frequentes Ossos/frequentes/ Carvão/frequentes	MO, argila, microcarvão, cinzas/ 10YR 2/2	Indif.	-

APÊNDICE 24 – Micro-vestígios de calcita pseudomorfa de oxalato de cálcio de amostras de sedimento de interesse das quadras e externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano

Quadra	Prof. (cm)	F	Código IPEN	Massa inicial (mg)	N micro- vestígios contados	N micro-vestígios em 500 µl	N micro-vestígios em 1 g sedimento
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	36,07	101	409.801,63	11.361.287,13
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	38,12	126	871.972,32	22.874.404,99
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	37,79	36/24/25	163.713,67/127.020,76/127.972,41	4.332.195,497/3.361.226,813/3.386.409,485
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	39,90	75	281.148,18	7.046.320,205
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63	38,61	254	1.000.100,59	25.902.631,09
120/109 (SI – B)	80	mF4a	CSQB80	39,95	159	616.019,93	15.419.773,02
114/111 (SII – E)	180 - 190	F16	CSQB78	39,80	109/132/129	490.577,27	12.326.061,96/11.933.354,78/8.805.486,668
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	36,77	98	678.200,69	18.444.402,83
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	38,27	98	345.535,01	9.028.874,068
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	37,12	63	395.064,01	10.642.888,3
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	37,55	134/174/180	702.899,49/830.292,24/839.429,07	18.719.027,58/22.111.644,3/22.354.968,46
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	40,00	63	435.986,16	10.899.653,98
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	39,94	78	469.418,83	11.753.100,38
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	37,25	0	0	0

Nota: em negrito, amostras contadas em triplicatas. F = Fácies.

APÊNDICE 25 – Dados da análise de distribuição das frequências granulométricas terrígenas (até 1 mm) por difração a laser das amostras de sedimento do sítio Abrigo Maximiano e amostra externa (solo) (continua)

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	Argila (%)	Silte (%)	Areia muito fina (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Diâmetro médio (phi) ^b	Desvio padrão (phi) ^b	Assimetria (phi) ^b	Curtose (phi) ^b
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	4,75	44,95	16,41	16,99	13,51	3,39	4,19	2,11	0,41	2,46
120/109 (SI – B)	10 – 20	F2a	CSQB37	2,05	22,13	13,27	20,79	27,87	13,89	2,90	2,00	1,07	3,62
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	3,65	33,34	14,72	21,32	21,50	5,47	3,61	2,12	0,74	2,78
120/109 (SI – B)	30 – 40	F2a	CSQB39	3,98	38,78	14,08	17,55	18,78	6,83	3,81	2,20	0,51	2,43
120/109 (SI – B)	40 – 50	F2a	CSQB40	3,42	28,50	15,12	21,81	22,80	8,35	3,38	2,12	0,86	3,04
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	3,68	31,58	16,22	22,50	20,63	5,40	3,59	2,10	0,79	2,90
120/109 (SI – B)	60 – 70	F3	CSQB42	3,85	31,51	14,80	21,35	22,30	6,19	3,55	2,13	0,79	2,87
120/109 (SI – B)	70 – 80	F3/F2b	CSQB43	2,36	26,96	12,84	20,18	25,97	11,69	3,13	2,07	0,89	3,09
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	2,43	36,79	20,20	18,16	17,64	4,79	3,62	1,87	0,63	3,18
120/109 (SI – B)	90 – 100	F2b	CSQB45	3,34	39,10	17,05	16,76	17,68	6,08	3,78	2,08	0,53	2,65
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63 ^a	4,46	48,62	17,67	13,67	10,27	5,31	4,25	2,08	0,25	2,61
120/109 (SI – B)	110 – 120	F4	CSQB62 ^a	6,63	50,83	17,15	13,65	9,36	2,38	4,56	2,10	0,31	2,49

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

b. Cálculo realizado com cômputo dos materiais pelíticos.

APÊNDICE 25 – Conclusão

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	Argila (%)	Silte (%)	Areia muito fina (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Diâmetro médio (phi) ^a	Desvio padrão (phi) ^a	Assimetria (phi) ^a	Curtose (phi) ^a
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	2,22	31,97	23,06	22,97	16,04	3,75	3,57	1,81	0,79	3,45
120/107 (SI – D)	10 – 20	F1b/F5	CSQB47	2,89	16,66	20,36	21,49	18,60	6,85	3,46	1,96	0,81	3,32
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	3,46	33,79	17,83	19,86	18,79	6,28	3,62	2,06	0,70	2,92
120/107 (SI – D)	30 – 40	F5	CSQB49	2,89	31,99	17,10	21,30	20,07	6,64	3,48	2,00	0,76	3,09
120/107 (SI – D)	40 – 50	F5/F6	CSQB50	1,47	21,83	14,38	22,28	26,30	13,75	2,85	1,88	1,01	3,72
120/107 (SI – D)	50 – 60	F6	CSQB51	0,33	8,60	11,09	24,01	34,40	21,57	2,10	1,43	1,46	6,01
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	0,31	8,86	13,32	25,37	31,74	20,41	2,18	1,43	1,30	5,55
120/107 (SI – D)	70 – 80	F6	CSQB53	2,45	30,83	23,56	22,55	15,08	5,54	3,53	1,84	0,78	3,53
120/107 (SI – D)	80 – 90	F6/F7	CSQB54	3,13	36,79	25,43	21,25	10,49	2,90	3,87	1,83	0,73	3,42
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	3,93	43,88	24,03	16,37	8,97	2,82	4,14	1,89	0,55	3,12
120/107 (SI – D)	100 – 110	F7	CSQB56	1,78	24,41	25,74	28,70	15,11	4,26	3,35	1,68	1,01	4,26
120/107 (SI – D)	110 – 120	F7	CSQB57	1,27	21,37	18,02	25,56	23,29	10,49	2,94	1,76	0,98	3,93
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	4,34	45,35	24,48	16,66	7,29	1,88	4,27	1,87	0,58	3,11
120/107 (SI – D)	130 – 140	F8	CSQB59	1,37	21,59	21,83	27,74	20,49	6,97	3,08	1,69	1,02	4,26
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	1,08	14,05	14,66	21,05	27,81	21,36	2,42	1,74	1,26	4,77
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	0,61	12,51	14,19	22,67	29,57	20,46	2,33	1,60	1,24	4,90

a. Cálculo realizado com cômputo dos materiais pelíticos.

APÊNDICE 26 – Dados de Parâmetros químicos básicos (pH, carbono orgânico e perda por ignição), fósforo disponível e bases trocáveis (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) das amostras de sedimento do sítio Abrigo Maximiano e amostra externa (solo) (continua)

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	8,1	7,5	20,29	11,00	0,60	137,00	54,00	5,521	25,773	68,707
120/109 (SI – B)	10 – 20	F2a	CSQB37	8,2	7,5	12,75	18,00	0,60	96,00	28,00	4,258	21,173	74,568
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	8,2	7,6	12,17	21,00	0,70	98,00	19,00	4,389	19,736	75,875
120/109 (SI – B)	30 – 40	F2a	CSQB39	8,2	7,6	12,75	20,00	0,70	115,00	18,00	4,922	21,317	73,761
120/109 (SI – B)	40 – 50	F2a	CSQB40	8,1	7,7	13,33	22,00	0,60	97,00	13,00	4,154	18,628	77,218
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	8,2	7,8	11,01	22,00	0,70	72,00	9,00	2,996	9,594	87,410
120/109 (SI – B)	60 – 70	F3	CSQB42	8,2	7,8	8,11	23,00	0,70	61,00	8,00	3,191	12,891	83,918
120/109 (SI – B)	70 – 80	F3/2b	CSQB43	8,2	7,8	11,01	21,00	0,60	75,00	11,00	4,094	14,614	81,291
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	8,2	7,7	12,75	18,00	0,70	80,00	13,00	4,338	21,108	74,554
120/109 (SI – B)	90 – 100	F2b	CSQB45	8,2	7,7	14,49	15,00	0,60	86,00	16,00	3,512	27,903	68,586
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63 ^a	8,2	7,7	18,55	15,00	0,70	104,00	19,00	4,376	29,176	66,447
120/109 (SI – B)	110 – 120	F4	CSQB62 ^a	8,1	7,6	16,81	18,00	0,60	94,00	17,00	5,014	28,922	66,064
114/111 (SII –E)	170 - 180	F16	CSQB77	7,84	7	24,58	42,00	0,54	186,50	38,80	5,763	20,081	74,156
114/111 (SII –E)	180 - 190	F16	CSQB78	8,1	7,06	24,64	44,30	0,64	192,20	39,00	5,776	19,994	74,229
114/111 (SII –E)	190 - 200	F16	CSQB79	8,05	7,18	23,01	46,10	0,74	151,50	28,10	5,936	20,850	73,215

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

Nota: Prof. = Profundidade; COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB36 = 3,333 g; CSQB37 = 3,358 g; CSQB38 = 3,030 g; CSQB39 = 3,068 g; CSQB40 = 3,178 g; CSQB41 = 3,471 g; CSQB42 = 3,165 g; CSQB43 = 3,346 g; CSQB44 = 3,250 g; CSQB45 = 3,161 g; CSQB63 = 3,496 g; CSQB62 = 2,932 g; CSQB77 = 3,436 g; CSQB78 = 3,601 g; CSQB79 = 3,319 g.

APÊNDICE 26 – Conclusão

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	pH água	pH KCl	COS (g kg ⁻¹)	P disponível (mg kg ⁻¹)	K ⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmolc kg ⁻¹)	LOI 550°C (%)	LOI 950°C (%)	LOI Res. (%)
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	7,9	7,6	32,46	13,00	0,60	112,00	19,00	7,428	21,823	70,749
120/107 (SI – D)	10 – 20	F1b/5	CSQB47	7,9	7,7	19,71	12,00	0,50	86,00	12,00	5,561	20,775	73,664
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	8,0	7,6	18,55	12,00	0,60	74,00	10,00	4,611	20,635	74,754
120/107 (SI – D)	30 – 40	F5	CSQB49	8,0	7,7	15,65	13,00	0,60	65,00	9,00	4,417	21,351	74,232
120/107 (SI – D)	40 – 50	F5/F6	CSQB50	8,1	7,7	15,65	14,00	0,60	69,00	8,00	4,433	21,094	74,473
120/107 (SI – D)	50 – 60	F6	CSQB51	8,0	7,7	11,59	16,00	0,60	40,00	5,00	4,116	16,059	79,825
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	8,0	7,7	11,01	14,00	0,50	53,00	5,00	3,538	13,255	83,206
120/107 (SI – D)	70 – 80	F6	CSQB53	8,0	7,6	15,65	11,00	0,50	72,00	6,00	4,112	23,016	72,872
120/107 (SI – D)	80 – 90	F6/F7	CSQB54	8,0	7,6	19,71	12,00	0,60	73,00	6,00	4,838	27,555	67,607
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	8,1	7,6	18,55	11,00	0,50	76,00	6,00	4,521	26,832	68,647
120/107 (SI – D)	100 – 110	F7	CSQB56	8,1	7,5	19,13	11,00	0,60	84,00	6,00	5,247	23,531	71,222
120/107 (SI – D)	110 – 120	F7	CSQB57	8,0	7,5	15,65	11,00	0,80	89,00	9,00	4,860	22,433	72,707
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	8,0	7,3	24,93	13,00	0,70	83,00	9,00	5,275	27,497	67,228
120/107 (SI – D)	130 – 140	F8	CSQB59	7,9	7,4	19,13	16,00	0,70	101,00	12,00	6,092	18,831	75,077
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	7,9	7,4	19,13	16,00	0,70	104,00	12,00	6,100	19,778	74,122
120/107 (SI – D)	160 – 170	F8	CSQB75 ^a	7,5	7,4	29,57	35,00	0,60	105,00	13,00	8,601	14,414	76,985
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	7,4	6,9	22,03	71,00	1,10	141,00	18,00	9,932	1,304	88,764

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

Nota: COS = Carbono orgânico do solo; LOI = *loss on ignition*, perda por ignição; LOI Res. = Resíduo da LOI após queima a 950°C. Massa seca inicial a 105°C da LOI: CSQB46 = 3,258 g; CSQB47 = 3,201 g; CSQB48 = 3,557 g; CSQB49 = 3,124 g; CSQB50 = 3,271 g; CSQB51 = 2,964 g; CSQB52 = 3,674 g; CSQB53 = 3,137 g; CSQB54 = 3,121 g; CSQB55 = 3,384 g; CSQB56 = 3,183 g; CSQB57 = 3,107 g; CSQB58 = 3,204 g; CSQB59 = 3,250 g; CSQB60 = 3,246 g; CSQB61 = 3,373 g; CSQB75 = 3,489 g.

APÊNDICE 27 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras de sedimento das quadras 120/109 e 114/111 do sítio Abrigo Maximiano, em porcentagem (%)

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	22,4	3,58	0,39	3,00	35,1	0,25	1,66
120/109 (SI – B)	10 – 20	F2a	CSQB37	45,6	4,11	0,22	1,50	22,7	0,29	1,09
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	52,2	4,36	0,19	1,21	19,2	0,31	0,99
120/109 (SI – B)	30 – 40	F2a	CSQB39	51,8	4,12	0,18	1,13	19,4	0,29	0,99
120/109 (SI – B)	40 – 50	F2a	CSQB40	60,1	4,81	0,15	0,80	14,6	0,33	0,67
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	71,5	5,12	*	0,64	8,67	0,36	0,44
120/109 (SI – B)	60 – 70	F3	CSQB42	66,9	4,66	0,14	0,61	11,5	0,32	0,61
120/109 (SI – B)	70 – 80	F3/F2b	CSQB43	63,6	4,65	0,14	0,68	13,2	0,34	0,80
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	48,3	4,88	0,19	0,85	20,8	0,34	1,07
120/109 (SI – B)	90 – 100	F2b	CSQB45	23,1	3,22	0,21	1,31	35,9	0,23	1,66
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63 ^a	18,9	3,10	0,24	1,58	38,4	0,21	1,62
120/109 (SI – B)	110 – 120	F4	CSQB62 ^a	26,9	3,25	0,25	1,42	33,6	0,23	1,42
114/111 (SII –E)	170 - 180	F16	CSQB77	40,9	4,53	0,24	1,78	24,0	0,32	1,99
114/111 (SII –E)	180 - 190	F16	CSQB78	38,6	4,74	0,25	1,74	24,4	0,32	1,74
114/111 (SII –E)	190 - 200	F16	CSQB79	41,6	4,20	0,20	1,55	23,8	0,30	1,59

Nota: * Menor do que o limite de quantificação.

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

APÊNDICE 28 – Concentrações elementares (óxidos) por XRF das amostras da quadra 120/107 e amostra externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano, em porcentagem (%)

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	36,0	4,94	0,29	1,28	25,6	0,37	1,46
120/107 (SI – D)	10 – 20	F1b/F5	CSQB47	40,1	4,55	0,27	1,02	25,1	0,34	1,49
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	42,3	4,31	0,26	0,75	24,3	0,32	1,50
120/107 (SI – D)	30 – 40	F5	CSQB49	47,6	4,79	0,25	0,66	21,1	0,34	1,08
120/107 (SI – D)	40 – 50	F5/F6	CSQB50	47,2	4,75	0,23	0,56	21,8	0,34	1,15
120/107 (SI – D)	50 – 60	F6	CSQB51	59,1	4,92	0,17	0,42	15,1	0,34	0,74
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	62,9	5,09	0,15	0,41	13,0	0,35	0,65
120/107 (SI – D)	70 – 80	F6	CSQB53	33,3	4,20	0,22	0,49	30,3	0,30	1,49
120/107 (SI – D)	80 – 90	F6/F7	CSQB54	20,9	3,77	0,28	0,53	37,0	0,25	1,76
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	22,1	4,35	0,29	0,50	36,3	0,29	1,91
120/107 (SI – D)	100 – 110	F7	CSQB56	24,0	5,45	0,30	0,52	33,9	0,34	1,66
120/107 (SI – D)	110 – 120	F7	CSQB57	24,4	6,81	0,32	0,60	31,7	0,41	1,69
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	13,4	3,39	0,33	0,40	41,6	0,21	3,01
120/107 (SI – D)	130 – 140	F8	CSQB59	27,1	7,11	0,31	0,59	30,0	0,42	1,43
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	26,1	6,84	0,27	0,58	30,9	0,40	1,43
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	54,9	16,7	0,42	0,94	1,13	0,96	0,47

APÊNDICE 29 - Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento das quadras 120/109 e 114/111 do sítio Abrigo Maximiano, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado (continua)

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	Na (mg g^{-1})	K (mg g^{-1})	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr	Fe (mg g^{-1})
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	1,19±0,02	4,49±0,53	12,28±0,27	2,47±0,04	0,80±0,20	0,15±0,05	2,18±0,04	9,62±2,58	6,99±0,34
120/109 (SI – B)	10 – 20	F2a	CSQB37	1,33±0,03	6,21±0,57	12,70±0,24	3,00±0,00	0,60±0,15	0,15±0,04	2,99±0,05	22,29±2,76	9,99±0,41
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	1,31±0,03	5,66±0,54	17,67±0,03	3,71±0,04	0,76±0,01	0,11±0,00	3,53±0,01	20,47±0,26	10,06±0,04
120/109 (SI – B)	30 – 40	F2a	CSQB39	1,14±0,02	6,38±0,58	25,59±0,04	6,66±0,06	1,30±0,02	0,17±0,04	3,10±0,05	16,03±2,42	10,55±0,43
120/109 (SI – B)	40 – 50	F2a	CSQB40	1,29±0,03	8,07±0,67	19,94±0,29	4,37±0,01	1,14±0,02	0,13±0,00	4,14±0,05	27,76±2,44	15,01±0,55
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	1,36±0,03	9,21±0,78	26,20±0,39	4,36±0,06	2,05±0,24	0,26±0,05	5,51±0,07	32,19±0,35	17,91±0,68
120/109 (SI – B)	60 – 70	F3	CSQB42	1,24±0,02	8,17±0,58	16,61±0,22	3,76±0,04	1,15±0,13	0,15±0,03	4,13±0,04	25,37±1,99	15,67±0,55
120/109 (SI – B)	70 – 80	F3/2b	CSQB43	1,27±0,02	6,96±0,51	19,26±0,28	1,66±0,00	1,07±0,08	0,31±0,05	4,46±0,05	28,96±3,04	13,94±0,53
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	1,23±0,02	6,30±0,49	16,63±0,27	1,62±0,01	0,94±0,17	0,22±0,05	4,23±0,06	24,04±2,58	13,96±0,54
120/109 (SI – B)	90 – 100	F2b	CSQB45	1,03±0,02	4,02±0,42	12,05±0,23	0,94±0,01	0,40±0,16	0,09±0,04	2,46±0,04	16,81±2,71	7,40±0,33
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63 ^a	1,07±0,02	2,91±0,35	10,71±0,22	0,86±0,01	0,61±0,19	*	2,10±0,04	17,76±2,68	7,55±0,33
120/109 (SI – B)	110 – 120	F4	CSQB62 ^a	0,97±0,01	4,51±0,44	11,36±0,23	0,88±0,01	0,64±0,20	*	2,34±0,04	14,70±2,19	8,93±0,37
120/109 (SI – B)	80	mF4a	CSQB80	1,03±0,02	6,32±0,41	10,97±0,19	1,39±0,02	0,82±0,16	0,16±0,04	3,03±0,05	17,05±2,39	11,32±0,46
120/109 (SI – B)	22	mF2	CSQB81	3,34±0,06	17,58±0,8	39,10±0,39	2,28±0,04	2,25±0,27	0,32±0,06	9,90±0,09	77,85±4,80	32,17±1,11
114/111 (SII – E)	170 - 180	F16	CSQB77	1,51±0,03	6,97±0,59	16,87±0,29	1,99±0,03	1,55±0,25	0,21±0,05	4,19±0,06	31,26±3,04	13,50±0,53
114/111 (SII – E)	180 - 190	F16	CSQB78	1,46±0,03	7,06±0,58	16,32±0,28	2,17±0,03	1,16±0,12	0,10±0,04	3,88±0,06	28,81±3,08	14,45±0,56
114/111 (SII – E)	190 - 200	F16	CSQB79	1,59±0,03	7,70±0,60	16,42±0,28	2,03±0,03	1,33±0,24	0,16±0,05	4,16±0,06	24,51±3,10	13,80±0,53

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

APÊNDICE 29 – Conclusão

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	Co	Zn	Cs	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
120/109 (SI – B)	0 – 10	F1a	CSQB36	4,22±0,29	260,39±16,72	1,62±0,34	11,67±1,43	0,31±0,07	1,10±0,24	*	2,00±0,26
120/109 (SI – B)	10 – 20	F2a	CSQB37	5,89±0,31	196,12±12,57	1,94±0,38	21,78±0,17	0,37±0,05	2,56±0,34	*	2,61±0,26
120/109 (SI – B)	20 – 30	F2a	CSQB38	5,62±0,03	200,29±1,25	2,33±0,04	28,29±1,63	0,56±0,00	3,40±0,04	*	4,05±0,03
120/109 (SI – B)	30 – 40	F2a	CSQB39	6,26±0,31	161,69±10,85	1,40±0,35	47,55±1,21	0,76±0,08	4,56±0,44	*	5,12±0,39
120/109 (SI – B)	40 – 50	F2a	CSQB40	8,24±0,34	135,66±9,36	1,41±0,37	35,50±1,00	0,61±0,07	5,56±0,49	0,47±0,14	3,61±0,31
120/109 (SI – B)	50 – 60	F3	CSQB41	7,66±0,37	135,98±10,28	1,98±0,39	48,05±0,14	0,83±0,99	11,78±0,93	0,51±0,18	6,04±0,05
120/109 (SI – B)	60 – 70	F3	CSQB42	7,52±0,27	138,91±8,61	1,45±0,29	30,01±0,77	0,50±0,05	6,69±0,54	*	4,27±0,28
120/109 (SI – B)	70 – 80	F3/2b	CSQB43	8,46±0,37	160,53±10,00	2,34±0,51	33,55±0,11	0,74±0,08	6,46±0,56	0,33±0,17	5,37±0,42
120/109 (SI – B)	80 – 90	F2b	CSQB44	8,11±0,36	151,96±9,82	2,41±0,56	30,34±1,04	0,57±0,07	6,33±0,55	*	4,14±0,35
120/109 (SI – B)	90 – 100	F2b	CSQB45	5,07±0,28	179,74±11,04	2,16±0,38	19,42±0,91	0,26±0,06	2,10±0,31	*	2,55±0,28
120/109 (SI – B)	100 – 110	F4	CSQB63 ^a	3,85±0,27	185,35±11,30	1,11±0,31	17,19±1,57	0,31±0,05	1,37±0,25	*	2,30±0,30
120/109 (SI – B)	110 – 120	F4	CSQB62 ^a	4,74±0,28	170,17±10,55	2,71±0,46	19,54±0,89	0,25±0,05	2,17±0,30	*	2,45±0,31
120/109 (SI – B)	80	mF4a	CSQB80	5,02±0,30	97,56±8,23	1,94±0,40	17,34±0,87	0,24±0,07	3,36±0,51	0,39±0,19	2,43±0,27
120/109 (SI – B)	22	mF2	CSQB81	10,49±0,45	73,49±6,96	8,55±1,04	73,33±1,63	0,76±0,10	9,34±1,19	1,07±0,34	9,21±0,62
114/111 (SII – E)	170 - 180	F16	CSQB77	6,23±0,34	162,93±11,25	2,60±0,53	31,13±2,07	0,50±0,08	2,84±0,31	*	3,91±0,38
114/111 (SII – E)	180 - 190	F16	CSQB78	6,38±0,34	189,84±12,28	2,47±0,49	32,29±2,01	0,34±0,08	2,93±0,32	*	4,27±0,38
114/111 (SII – E)	190 - 200	F16	CSQB79	6,94±0,34	174,30±11,44	2,51±0,51	28,86±1,10	0,51±0,08	2,96±0,30	*	3,73±0,39

Nota: * = Menor do que o limite de quantificação;

a. Número fora da sequência, devido a erro de catalogação inicial.

APÊNDICE 30 - Concentrações elementares por INAA das amostras de sedimento da quadra 120/107 e amostra externa (solo) do sítio Abrigo Maximiano, em $\mu\text{g g}^{-1}$ exceto quando indicado (continua)

Quadra	Prof. (cm)	Fácies	Código IPEN	Na (mg g^{-1})	K (mg g^{-1})	La	Sm	Yb	Lu	Sc	Cr	Fe (mg g^{-1})
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	1,25±0,02	6,26±0,49	18,87±0,28	1,33±0,01	0,75±0,18	0,16±0,05	3,99±0,05	27,38±2,76	13,41±0,50
120/107 (SI – D)	10 – 20	F1b/5	CSQB47	1,32±0,02	5,63±0,54	22,14±0,32	1,79±0,06	1,20±0,24	0,20±0,05	4,12±0,05	26,78±2,65	14,05±0,54
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	1,68±0,04	8,39±0,83	21,94±0,34	3,74±0,03	0,79±0,57	0,11±0,08	5,27±0,09	34,26±4,77	20,12±0,86
120/107 (SI – D)	30 – 40	F5	CSQB49	1,59±0,03	8,37±0,83	25,80±0,38	7,26±0,06	1,59±0,39	0,29±0,01	5,70±0,09	38,89±6,19	20,02±0,88
120/107 (SI – D)	40 – 50	F5/F6	CSQB50	1,68±0,04	8,86±0,88	27,50±0,41	4,74±0,02	1,40±0,33	0,17±0,08	5,63±0,09	45,55±6,53	21,05±0,91
120/107 (SI – D)	50 – 60	F6	CSQB51	1,60±0,03	10,29±1,00	24,99±0,37	4,48±0,03	2,69±0,34	0,33±0,08	6,60±0,09	53,96±6,27	24,11±0,96
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	1,65±0,04	10,42±1,01	27,04±0,37	4,78±0,03	1,62±0,31	0,21±0,06	7,01±0,09	54,53±6,04	26,74±0,10
120/107 (SI – D)	70 – 80	F6	CSQB53	1,31±0,03	6,65±0,67	21,86±0,33	3,87±0,03	0,83±0,19	0,27±0,07	5,61±0,08	33,98±0,00	19,48±0,80
120/107 (SI – D)	80 – 90	F6/F7	CSQB54	1,26±0,03	6,29±0,63	18,43±0,28	3,17±0,03	1,21±0,28	0,27±0,07	4,79±0,07	36,34±5,00	19,52±0,78
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	1,18±0,02	5,87±0,34	17,50±0,27	2,61±0,04	1,15±0,38	0,18±0,05	3,75±0,06	25,77±4,18	13,17±0,56
120/107 (SI – D)	100 – 110	F7	CSQB56	1,30±0,02	6,76±0,40	27,66±0,35	4,39±0,05	1,42±0,25	0,17±0,06	5,55±0,01	34,60±4,81	19,91±0,78
120/107 (SI – D)	110 – 120	F7	CSQB57	1,44±0,03	8,03±0,45	29,29±0,36	4,73±0,01	2,94±0,36	0,19±0,06	7,68±0,09	48,30±4,83	24,25±0,90
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	1,03±0,02	5,08±0,31	17,66±0,27	2,06±0,00	0,87±0,25	0,14±0,05	3,34±0,01	16,43±3,49	11,29±0,50
120/107 (SI – D)	130 – 140	F8	CSQB59	1,54±0,03	8,31±0,46	29,82±0,35	4,81±0,06	1,87±0,29	0,30±0,06	8,20±0,01	41,07±4,94	24,20±0,09
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	1,62±0,03	9,70±0,52	33,77±0,04	5,00±0,11	2,62±0,33	0,24±0,01	9,25±0,10	58,40±5,92	27,20±0,99
120/107 (SI – D)	160 - 170	F8	CSQB75	1,69±0,03	9,57±0,64	25,86±0,35	4,95±0,07	1,25±0,22	0,27±0,05	6,52±0,07	43,08±3,95	22,24±0,80
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	2,56±0,05	14,96±0,99	63,64±0,64	10,85±0,0	4,81±0,47	0,56±0,07	17,69±0,13	113,55±0,84	55,30±1,86

APÊNDICE 30 – Conclusão

Quadra	Profundidade (cm)	Fácies	Código IPEN	Co	Zn	Cs	Ce	Eu	Hf	Ta	Th
120/107 (SI – D)	0 – 10	F1b	CSQB46	7,01±0,32	205,004±11,80	3,54±0,55	34,40±1,01	0,49±0,06	2,83±0,30	0,33±0,17	3,68±0,35
120/107 (SI – D)	10 – 20	F1b/F5	CSQB47	9,72±0,40	197,44±1,17	3,19±0,53	38,99±1,15	0,70±0,08	5,68±0,53	0,73±0,24	4,83±0,38
120/107 (SI – D)	20 – 30	F5	CSQB48	10,33±0,60	-	2,45±0,92	37,79±1,79	0,44±0,12	3,17±0,00	*	4,91±0,60
120/107 (SI – D)	30 – 40	F5	CSQB49	10,27±0,62	-	2,91±0,88	51,11±3,51	0,67±0,13	4,58±0,79	0,85±0,32	6,44±0,70
120/107 (SI – D)	40 – 50	F5/F6	CSQB50	9,99±0,58	-	2,87±1,01	56,97±0,38	0,86±0,13	5,29±0,09	*	6,22±0,07
120/107 (SI – D)	50 – 60	F6	CSQB51	12,64±0,62	-	3,25±0,94	51,23±1,96	0,94±0,12	7,30±1,12	*	7,05±0,69
120/107 (SI – D)	60 – 70	F6	CSQB52	12,11±0,06	-	4,33±1,08	58,35±1,95	0,89±0,11	10,90±1,55	0,52±0,03	6,05±0,07
120/107 (SI – D)	70 – 80	F6	CSQB53	7,85±0,05	-	3,27±0,98	46,69±1,86	0,73±0,11	4,31±0,71	0,53±0,27	5,69±0,06
120/107 (SI – D)	80 – 90	F6/F7	CSQB54	11,34±0,05	-	4,88±1,08	40,67±1,75	0,75±0,10	3,62±0,64	*	5,29±0,55
120/107 (SI – D)	90 – 100	F7	CSQB55	5,47±0,38	-	2,58±0,66	20,65±2,23	0,45±0,08	1,80±0,41	*	2,92±0,43
120/107 (SI – D)	100 – 110	F7	CSQB56	19,98±0,07	-	4,80±0,09	58,68±0,28	0,80±0,11	1,95±0,05	*	4,37±0,05
120/107 (SI – D)	110 – 120	F7	CSQB57	9,77±0,46	-	6,51±1,05	50,49±2,68	0,71±0,10	3,49±0,56	*	6,31±0,56
120/107 (SI – D)	120 – 130	F7	CSQB58	6,35±0,38	-	2,82±0,06	19,87±2,19	0,47±0,00	1,38±0,04	*	2,40±0,37
120/107 (SI – D)	130 – 140	F8	CSQB59	11,35±0,05	-	7,47±0,12	51,54±0,26	0,81±0,10	3,89±0,06	*	6,52±0,06
120/107 (SI – D)	140 – 150	F8	CSQB60	11,37±0,51	-	7,20±1,21	57,96±0,29	1,23±0,12	4,37±0,07	*	6,78±0,62
120/107 (SI – D)	160 - 170	F8	CSQB75	9,47±0,42	162,81±11,35	4,06±0,68	37,78±1,25	0,65±0,09	3,65±0,39	0,71±0,26	4,29±0,42
Solo	0 - 20	FE1	CSQB61	23,60±0,75	-	13,74±0,20	112,59±3,18	2,03±0,17	7,40±0,10	0,91±0,22	14,76±1,07

Nota: “-“= Não analisado; * = Menor do que o limite de quantificação.