

FOGUEIRAS DE ITAPEVA, SÃO PAULO, BRASIL: DETECÇÃO DE AÇÕES HUMANAS

Tatiane de Souza ^a | Daniel Atencio ^a  | Gabriel Gonçalves Silva ^b  | Isabela Ferreira Sodré dos Santos ^c  | Vagner Carneiro Porto ^c 

^a Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

^b Instituto de Química da Universidade de São Paulo

^c Instituto de Química da Universidade de São Paulo e Museu Paulista

^d Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo

Resumo: *este estudo se concentra na análise das evidências de uso do fogo em sítios arqueológicos, permitindo a verificação de toda uma sequência estratigráfica e produção de fogueiras. Os carvões encontrados no Abrigo de Itapeva, em São Paulo, Brasil, sugerem várias ações associadas às atividades sedimentares do local. A espectroscopia Raman revelou uma sequência estratigráfica consistente, com a presença de carvão desde os níveis iniciais de ocupação humana. A Difração de Raios X indicou interação com vestígios orgânicos durante a queima, enquanto a espectroscopia no infravermelho confirmou a presença de matéria orgânica nos sedimentos e identificou níveis estratigráficos específicos. Conclui-se que fogueiras, com diferentes constituições físicas e presentes em diversos períodos, revelam uma sequência de atividades humanas ao longo de um extenso período de ocupação por diferentes grupos humanos.*

Palavras-chave: *Pirotecnologia. Espectrometria. Espectroscopia. Pré-história brasileira.*

ITAPEVA BONFIRES, SÃO PAULO, BRAZIL: DETECTION OF HUMAN ACTIONS

Abstract: *this study focuses on analyzing evidence of the use of fire at archaeological sites, allowing the verification of an entire stratigraphic sequence and fire production. The charcoal found at Abrigo de Itapeva, in São Paulo, Brazil, suggest several actions associated with sedimentary activities at the site. Raman spectroscopy revealed a consistent stratigraphic sequence, with the presence of coal since the initial levels of human occupation. X-ray diffraction indicated interaction with organic traces during burning, while infrared spectroscopy confirmed the presence of organic matter in the sediments and identified specific stratigraphic levels. It is concluded that bonfires with different physical constitutions and present in other periods reveal a sequence of human activities over an extensive period of occupation by different human groups.*

Keywords: *Pyrotechnology. Spectrometry. Spectroscopy. Brazilian prehistory.*

HOGUERAS DE ITAPEVA, SÃO PAULO, BRASIL: DETECCIÓN DE ACCIONES HUMANAS

Resumen: *este estudio se centra en analizar evidencias del uso del fuego en sitios arqueológicos, permitiendo verificar toda una secuencia estratigráfica y la producción del hoguera. Los carbones encontrados en Abrigo de Itapeva, en São Paulo, Brasil, sugieren varias acciones asociadas a actividades sedimentarias en el sitio. La espectroscopia Raman reveló una secuencia estratigráfica consistente, con presencia de carbón desde los niveles iniciais de ocupación humana. La difracción de rayos X indicó la interacción con trazas orgánicas durante la quema, mientras que la espectroscopia infrarroja confirmó la presencia de materia orgánica en los sedimentos e identificó niveles estratigráficos específicos. Se concluye que las hogueras con diferentes constituciones físicas*

Editores-Chefe: Sibeli Aparecida Viana  | Marlene Ossami de Moura 

Recebido em: 05/02/2024. **Aprovado em:** 08/08/2024.

DOI: <http://doi.org/10.18224/hab.v22i1.13983>

OPEN ACCESS



y presentes en diferentes épocas, revelan una secuencia de actividades humanas durante un extenso período de ocupación por diferentes grupos humanos.

Palabras clave: *Pirotecnología. Espectrometría. Espectroscopia. Prehistoria brasileña.*

A IDENTIFICAÇÃO DA PIROTECTONOLOGIA

O estudo da pirotecnologia em sítios arqueológicos requer condições muito específicas para a preservação de vestígios arqueológicos orgânicos e o contexto associado. Sedimentos e matéria orgânica que sofreram alterações estruturais pelo fogo podem representar um dos registros mais difundidos e duráveis da pirotecnologia, podendo ser considerados como imprescindíveis para reconstruir atividades humanas passadas (Berna *et al.*, 2007).

Foi realizado um estudo de identificação de material com base em níveis estratigráficos sedimentares em duas áreas distintas do abrigo de Itapeva, localizado no estado de São Paulo. Utilizando técnicas espectrométricas e espectroscópicas, o objetivo foi de detectar estruturas de combustão na estratigrafia, assim como definir a sequência estratigráfica e investigar se, no nível estratigráfico do acamamento rochoso, também haveria indícios da presença de carvão natural ou antrópico.

Macroscopicamente, os restos encontrados que participam desta ação são blocos de arenito queimados presentes na área da escavação ou no seu entorno, além da presença de carvão, sedimentos arenosos e argilosos e uma fina lente de sedimento acinzentado, que supostamente é constituído por cinzas de árvores queimadas em fácies arqueológicas distintas.

A ideia de fácies foi introduzida para auxiliar no reconhecimento de rochas e sedimentos. Desta forma, ela tem se mostrado valorosa para refinar critérios visíveis a olho nu. Em geologia, fácies refere-se a sedimentos caracterizados pela textura, estrutura e vestígios orgânicos. Em arqueologia, aplicada ao estudo de depósitos que resultam tanto de processos naturais quanto antrópicos, como a deposição de cultura material, levando em consideração da textura, estrutura e vestígios orgânicos que podem ser de origem natural ou decorrente da atividade humana (Courty, 2001; Anderton, 1985; Alonso-Zarza, Wright, 2010; Della Favera, 2001).

As fácies arqueológicas são definidas a partir do reconhecimento de distinções sedimentares efetuadas através da diferenciação de vários aspectos que devem conjugar unidades sedimentares de origem naturais e antrópicas. Cabe ao arqueólogo deduzir quais aspectos definirão estas fronteiras, conforme a capacidade de observação das distinções de cor, textura,

pegajosidade e material antrópico inserido (Bullock *et al.*, 1985; Courty, 1991; Stoops, 2003; Castro, 2008).

O objetivo desta pesquisa é diagnosticar a plasticidade do ambiente que compõe os arenitos da Formação Furnas que apresentam cimentação argilosa solúvel e marcante deformação dútil. Essa situação sugere que a região, caracterizada por um clima úmido ao longo do tempo geológico, foi sujeita a importantes gradientes hidráulicos que favoreceram o trabalho erosivo (Melo *et al.*, 2011).

Os sedimentos sílticos e argilosos podem ser derivadas de várias fontes, cujas frações de silte e argila são carregadas preferencialmente por suspensão e que produz um depósito bem selecionado (Stoops *et al.*, 2010, p. 81). As partículas finas exibem um importante papel na formação dos processos de solos e na determinação de mineralogia da argila que permite a identificação de tipos de materiais parentais e o reconhecimento de produtos intemperizados (Stoops *et al.*, 2010, p. 24).

As interpretações sobre a presença de elementos finos geram inferências importantes sobre quais destes estão envolvidos na evolução e características internas do abrigo. Estas fácies finas revelam a presença significativa de silte e argila, indicando que a ação eólica teria desempenhado um papel muito influente ou que o transporte de materiais finos é de grande importância. O curso do rio pode ter se modificado com o transcorrer dos séculos e o abrigo poderia estar muito mais próximo a ele no passado conforme o acúmulo de sedimentos aponta.

A presença de cinzas é a evidência mais direta do uso do fogo. Quando preservada de forma confinada em uma fogueira, essas cinzas podem fornecer informações importantes sobre como as populações habitavam o refúgio, controlavam e utilizavam a tecnologia do fogo. Além disso, elas fornecem informações sobre processos naturais ocorridos e que alteraram o registro arqueológico ao longo dos séculos, resultantes de um processo tafonômico ativo.

Foram analisadas duas unidades de escavação, respectivamente, unidades D18 e G6 (Figura 1). O carvão observado em todos os níveis estratigráficos das duas unidades é uma indicação segura da presença de estruturas de combustão nesse sítio arqueológico. Esses dados são corroborados pela reconstrução ambiental realizada para o entorno do abrigo (Souza *et al.*, 2022), cuja sequência fitolítica foi detectada em estruturas de combustão, porém o

estabelecimento de um quadro cronológico refinado para os níveis iniciais de ocupação humana no sítio ainda não está claro.

Diversos estudos (Aldeias, 2017; Ferro-Vazquez *et al.*, 2021; Cavulli *et al.*, 2023) destacam que evidências diretas de fogueiras, como áreas concentradas de cinzas e carvão, são facilmente removidas por erosão, assim como por diagênese química ou movimentação pós deposicional. De forma que o reconhecimento, seja macroscopicamente ou com auxílio de técnicas arqueométricas, da presença dessas estruturas no abrigo de Itapeva, nos informaria sobre os processos pirotecnológicos no local.

A compreensão desses processos, depende da análise detalhada das áreas de combustão, assim como dos materiais utilizados e da disposição espacial da própria fogueira, ou seja, sua estrutura física e distribuição dos materiais. Essa análise indica como foram empregados diferentes objetos participantes do circuito de produção do fogo, como blocos de arenito, carvões e sedimentos.

Na unidade D18, a ocupação humana é pouco evidente nos níveis iniciais, mas torna-se mais perceptível nos níveis subsequentes, que apresentam diferentes fácies arqueológicas e vestígios de carvão. Observa-se também que ações humanas estiveram presentes na extinção das fogueiras, possivelmente envolvendo água e areia. Na unidade G6, nota-se a presença de pisoteio desde a base, diversos efeitos tafonômicos e uma sequência de estruturas de combustão organizadas a partir da base, interrompidas em alguns momentos pela ação da chuva. A interpretação para este comportamento na unidade D18 sugere que, até o nível 7, datado em 860 ± 30 AP, houve atividade humana contínua. Nesta fase, a cavidade foi utilizada como estruturas de combustão presentes no centro do abrigo. Conforme observado em trabalho de campo, abaixo deste nível prevalecem os aspectos naturais do abrigo, cuja forma afilada proporciona proteção contra o vento e a chuva. Essa proteção é também importante contra a lixiviação dos sedimentos.

A Unidade G6 apresenta uma variedade de aspectos e fácies, sugerindo que poderia ser uma estrutura mais complexa. Inicialmente interpretada como uma área de deposição secundária de sedimentos que teriam se deslocado da área central do abrigo em direção à periferia. A análise da organização estratigráfica revela que até o nível 7 (correspondente a data de 860 ± 30 AP na unidade D18), há uma estrutura de cobertura sedimentar que, embora apresente cavidades com manchas de carvão, parece ter tido a função de proteger os eventos ocorridos imediatamente abaixo.

No entanto, reconstruir a estruturação de fogueiras, identificar os seus agentes e relacioná-los

com a estratigrafia e os ocupantes é uma questão complexa, que requer uma análise sofisticada, tanto em macro quanto em microescala, das evidências arqueológicas.

Experimentos modernos realizados com fogueiras (Mallol *et al.*, 2013) mostram que em fogueiras realizadas em solos arenosos não foram registrados sedimentos rubificados (Canti; Linford, 2000). Resultados semelhantes foram obtidos por Bellomo (1993), que também não observou rubificação durante a queima de vários tocos de árvores em solos arenosos. Essas observações coincidem com as evidências presentes no abrigo de Itapeva e são corroboradas pelas análises de Difração de Raios X (Figura 8).

Ao analisar a composição do solo do abrigo de Itapeva, ficou evidente o caráter arenoso impregnado do solo. Isso pode indicar que, embora fogueiras significativas possam ter sido acesas, os vestígios vermelhos típicos não foram registrados nos sedimentos devido a esta característica, resultando em um solo arenoso com texturas sedimentares variadas.

É importante também considerar que, além de formar resíduos de combustão, a ação humana também pode atuar como agente de erosão e alteração das fogueiras ao longo do tempo, podendo levar a mudanças na configuração das fogueiras. Portanto, a análise da estratigrafia é de fundamental importância para compreender aspectos da deposição de sedimentos no abrigo e sua sequência operacional.

Consequentemente, focar apenas na análise isolada de um fator, como o reconhecimento de carvão, cinza, fitólito, microartefato, etc., dificulta a diferenciação das práticas pirotecnológicas. É fundamental considerar os materiais associados e o contexto arqueológico de forma integrada na tentativa de elucidar a tecnologia do fogo e a sequência estratigráfica da deposição sedimentar.

ÁREA DE ESTUDO

O abrigo de Itapeva, formado geologicamente no período Devoniano, está localizado no município de Itapeva, sudeste do estado de São Paulo, a cerca de 5 km a sudoeste da cidade, no cânion do rio Taquari-Guaçu. O sítio ocupa uma grande área plana e está coberto pela estrutura rochosa do Grupo Tubarão (Petri; Fulfaro, 1967).

Internamente, o abrigo de Itapeva acomoda-se sobre um suporte rochoso da Formação Furnas, com 20 m de altura e uma inclinação em torno de 20° . Um bloco desprendido formou um grande matacão que bloqueia o abrigo e cria um salão central, aberto em ambas as extremidades, com largura variando entre 4 e 7 m de largura (Aytai, 1970) (Figura 1).

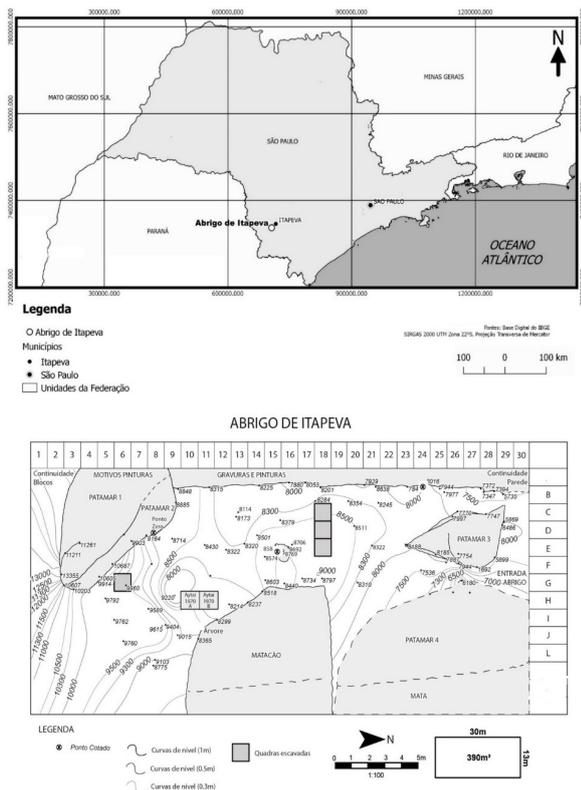


Figura 1. Localização do Abrigo de Itapeva e mapa topográfico. Fonte: Base Digital do IBGE, SIRGAS 2000 UTM Zona 22° Sul, Projeção Transversa de Mercator.

O abrigo de Itapeva foi relatado pela primeira vez por Tristão de Alencar Araripe (1887), quando foram realizadas escavações para retiradas de vestígios

esqueletais humanos e descrição de arte rupestre. Já no século XX, durante o ano de 1970 o abrigo foi escavado por Desidério Aytai, que abriu sondagens superficiais que resultaram na coleta de uma quantidade razoável de material lítico e cerâmico, além de realizar decalques da arte rupestre. Essas escavações foram retomadas no âmbito do projeto de pesquisa (Arqueologia Itararé-Taquara no extremo sul de SP: Investigação das relações cronoculturais entre abrigos rochosos, estruturas subterrâneas e montículos de terra na região de Itapeva¹), no ano de 2016, sendo realizadas quatro etapas de campo entre 2016 e 2017.

Em 2016, cinco amostras de carvão da unidade de escavação D18 foram enviadas ao laboratório Beta Analytic Inc., para datação pelo método AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). As amostras de carvão vegetal coletadas para datação são provenientes dos seguintes níveis artificiais: nível dois (amostra Beta 432530), nível quatro (amostra Beta 432531), nível seis/sete (amostra Beta 432532) e nível treze/quatorze (amostras Beta 432533 e Beta 432534) (Tabela 1).

É importante destacar que no nível de acampamento rochoso há uma distância vertical de 5cm entre os carvões identificados como número 7386 (amostra Beta 432533) e o número 7335 (amostra Beta 432534). Esses carvões estão alojados em fácies sedimentares arqueológicas com características distintas e localizados a uma distância horizontal em torno de 1 m, em quadrantes opostos (noroeste e nordeste) dentro da unidade de escavação D18.

Tabela 1 – Datações estabelecidas por carvão vegetal, AMS. Beta analytic Inc, 2016.

Quadra	Nível	Amostra	CRA	Data cal AP	Data cal AD/AP	CI 95% SE AP	CI 95% AD/AP
D18	2	BETA 432530	640 ± 30	560	1.390 AD	575, 540	1.375, 1.410
D18	4	BETA 432531	860 ± 30	730	1.220 AD	770, 675	1.180, 1775
D18	7	BETA 432532	860 ± 30	730	1.220 AD	770, 675	1.280, 1775
D18	13	BETA 432533	1.470 ± 30	1.310	640 AD	1.365, 1.295	585, 655
D18	14	BETA 432434	4.770 ± 30	5.510	3.620 AD	5.585, 5.505	3.663, 3.555 AP

CRA = Idade do Radiocarbono Convencional; AP = Antes do Presente (Antes de 1950); AD = *Anno Domini*; CI = Intervalo de Confiança; SE = Erro Padrão

Fonte: Beta analytic Inc, 2016

Essa proximidade gerou muitas dúvidas, pois a datação do carvão situado no nível de acampamento rochoso apresentou uma discrepância significativa em relação às datas obtidas para os níveis estratigráficos superiores do abrigo (Tabela 1).

Deste modo, surge a questão se o intervalo de ocupação reflete diferentes momentos de ocupação humana e variações na forma de deposição das estruturas de combustão ou se houve algum tipo de contaminação na amostra do nível de acampamento

do abrigo, como a possibilidade de combustão espontânea.

Esta questão tornou-se crucial na investigação estratigráfica para estabelecer uma sequência de deposição que pudesse demonstrar a ausência de contaminação nas amostras e confirmar que a estratigrafia foi construída a partir dos níveis estratigráficos mais inferiores, com a deposição de estruturas de combustão.

A reconstrução paleoambiental do abrigo de Itapeva, aliada ao estudo da combustão natural das plantas, foi de real importância para afastar a hipótese de contaminação da amostra de carvão.

Segundo (Souza *et al.*, 2022), nas unidades D18 e G6, no nível de acamamento do abrigo, (fácies 2) entre 120 e 130 cm e G6 (fácies 13), datadas de 5.510 cal AP, foram identificados fitólitos provenientes de gramíneas de áreas altas ou de ambientes mais úmidos.

Essas informações, corroboradas por estudos sobre combustão espontânea em gramíneas e os efeitos gerais do fogo na vegetação (Moreira *et al.*, 2010), indicam que a morte dos tecidos vegetais devido ao fogo depende da quantidade de calor a que eles estão expostos. No caso das gramíneas invasoras, as características que devem ser alteradas ao nível do solo são a luz, a temperatura e a umidade (Moreira *et al.*, 2010).

Essas características de luz, temperatura e umidade observadas no abrigo de Itapeva indicam que a intensidade do calor liberado espontaneamente por qualquer vegetação circundante era extremamente baixa. Isso se deve à alternância de luminosidade, às temperaturas mais baixas e à alta umidade do solo do abrigo, como evidenciam tanto as características físicas, quanto a reconstrução paleoambiental.

É plausível que a rápida ocupação humana tenha gerado um registro arqueológico efêmero em uma fácies sedimentar arqueológica, a fácies 2, que apresenta características distintas das demais. Essa hipótese foi testada por meio de análises microscópicas, espectrométricas e espectroscópicas para determinar se essas datas discrepantes representavam mudanças no comportamento humano ou se foram causadas por ações naturais, como a combustão espontânea.

DESCRIÇÃO SEDIMENTAR E RELAÇÃO COM ESTRUTURAS DE COMBUSTÃO

Considerando que não foram encontradas no sítio estruturas de origem antrópica comprovada, como muros e cabanas, focamos na análise dos sedimentos e de como eles evoluíram ao longo da escavação. Juntamente com o carvão, possíveis cinzas e a documentação de campo, nossa melhor pista foram pequenos blocos de arenito queimados presentes em

níveis estratigráficos específicos, acompanhados da descrição das fácies sedimentares arqueológicas.

A caracterização e distinção de uma estratigrafia são geralmente delineadas numa escavação pela distribuição de materiais arqueológicos e pelas características de coloração e textura dos sedimentos em macroescala. Essas fronteiras podem ser selecionadas a partir de critérios geológicos, pedológicos ou antropogênicos sendo importante que esses critérios sejam claramente definidos (Stoops *et al.*, 2010, p. 32-33).

A seleção das amostras privilegiou questões que abrangem à detecção e os processos envolvidos na composição e produção de estruturas de combustão, incluindo a otimização dos processos tecnológicos associados a essas estruturas como covas e/ou feições naturais aproveitadas, bem como a correlação com processos naturais dos sedimentos, como transporte eólico e mecânico (iluviação e eluviação).

É importante destacar que nem todas as características sedimentares observadas estão descritas na literatura. Quando isto se deu foi necessário buscar alternativas para descrever os processos que estavam ocorrendo. A Pedoarqueologia ainda tem muito a crescer no Brasil em termos de descrições para sítios arqueológicos, e aqui apresentamos nossa contribuição por meio da descrição dos perfis e da constituição de suas camadas (Figura 2).

A definição de camada, utilizada para a coleta de micromorfologia de solos seguiu os preceitos de Castro (2008) e pode ser entendida em função da pegajosidade, porosidade e inclusões como os fragmentos de rochas. Além disso, identificamos a cultura material presente nelas, conforme apresentado na Tabela 2. Cabe ressaltar que essa definição de camada dialoga com a de fácies sedimentares arqueológicas, na medida em que as camadas são constituídas por um conjunto de fácies vistas em perfil.

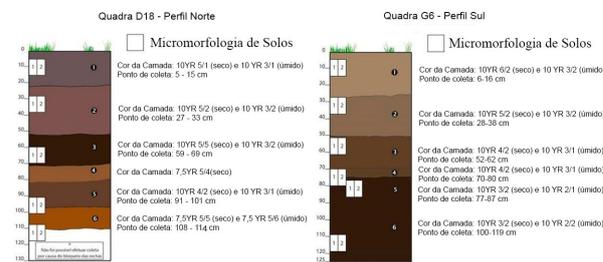


Figura 2. Descrição das camadas sedimentares arqueológicas constituídas por um conjunto de fácies arqueológicas – Unidades D18 e G6

Fonte: Tatiane de Souza e Francisco Ladeira (2016).

UNIDADE D18

- A primeira camada (0-23 cm) (10 YR5/1 seco e 10 YR 3/1 úmido) possui sedimento de constituição arenosa, não plástica e ligeiramente pegajosa. Sua

estrutura é porosa, podendo apresentar fragmentos de rocha de até 3 cm, embora normalmente estejam na fração milimétrica. A consistência é macia e friável, com uma transição clara e plana para a próxima camada.

- A segunda camada (23 cm -52 cm) (10 YR 5/2 seco e 10 YR 3/2 úmido) apresenta constituição arenosa-argilosa, sendo ligeiramente plástica e com aspecto pegajosa. Sua estrutura é solta e porosa, com uma diminuição de presença de fragmentos rochosos diminui. A transição da camada é clara e plana.
- A terceira camada (52 cm -72 cm) (10 YR 5,5/2 seco e 10 YR 3/2 úmido) apresenta constituição arenosa-argilosa, plástica e pegajosa e com ausência de fragmentos de rochas. A transição da camada é abrupta, ondulada.
- A quarta camada (72 cm -81 cm) (7.5 YR seco e 10 YR 3/1 úmido) apresenta composição arenosa, sendo ligeiramente plástica e pegajosa. Sua estrutura é solta, a consistência é macia e há presença de carvões. A transição da camada é clara e plana. Não foi recolhida amostra devido à espessura da camada.
- A quinta camada (82 cm-97 cm) (10 YR 4/2 seco e 10 YR 5/8 úmido) é constituída por composição argilosa, sendo ligeiramente plástica e pegajosa, friável e macia. Há intrusões de carvão, e a transição da camada é abrupta e plana.
- A sexta camada (97 cm – 108 cm) (7,5 YR 5,5/8 seco e 7,5 YR 5/6 úmido), apresenta constituição arenosa, sendo não plástica e não pegajosa, resultante da alteração da rocha matriz.

UNIDADE G6

- A primeira camada (0-28 cm) (10 YR 6/2 seco e 10 YR 3/2 úmido) apresenta aspecto arenosa-argiloso, sendo ligeiramente plástica e com presença de manchas. A consistência é arenosa-argilosa, sendo ligeiramente plástica, com blocos subangulares, de constituição muito friável. A transição da camada é clara e plana.
- A segunda camada (28 cm - 50 cm) (10 YR 5/2 seco e 10YR 3/2 úmido) apresenta constituição arenosa-argilosa, sendo mais argilosa do que arenosa. É um pouco pegajosa e porosa, com pegajosidade macia. A transição da camada é ondulada e abrupta.
- A terceira camada (50 cm -70 cm) (10 YR 4/2 seco e 10 YR 3/1 úmido) apresenta aspecto arenosa-argiloso, sendo ligeiramente plástica, pegajosa e porosa. A transição da camada é plana-clara.
- A quarta camada (70 cm - 80 cm) (10 YR 4/2 seco e 10 YR 3/1 úmido) apresenta aspecto arenosa-argiloso, plástico, sendo ligeiramente pegajosa, além de aspecto transicional.

- A quinta camada (75 cm - 100 cm) (4/1 seco e 10 YR 2/1 úmido) é constituída por aspecto arenosa-argiloso, sendo plástica e pegajosa, macia e muito friável.

- A sexta camada (100 cm -125 cm) (10 YR 3/2 seco e 10 YR 2/2 úmido) apresenta constituição arenosa-argilosa, sendo plástica, pegajosa e muito friável.

É necessário mencionar que a escavação foi realizada seguindo a metodologia de níveis estratigráficos artificiais. Nesses níveis estratigráficos, foram reconhecidas, registradas e delimitadas as camadas que agregam um conjunto de fácies arqueológicas. Elas foram agrupadas para a coleta de micromorfologia de solos.

A unidade de escavação D18 consiste em 14 níveis estratigráficos escavados artificialmente. Seis camadas foram reconhecidas e estudadas no perfil, de onde foram retiradas as amostras para micromorfologia de solos (Figura 2) e foram distinguidas quatro fácies arqueológicas na escavação dos níveis estratigráficos artificiais, descritas de acordo com as características de cor, textura e pegajosidade, e sintetizadas no diagrama (Figura 3).

Entre os níveis estratigráficos artificiais 1 e 6 há presença apenas da fácies 1 (7.5 YR 4/3), descrita como arenosa e siltica pouco pegajosa, com grãos arredondados, fração areia média a fina, sendo bastante solta com presença de fragmentos de rochas milimétricas. O solo apresenta mancha escura, concentrada no centro da unidade de escavação, com grande quantidade de carvão até o nível 4. No nível 5, a mancha escura começa a clarear, surgindo carvões de tamanho centimétricos, e blocos de arenito queimado são notados. No nível 7, além da fácies 1, aparece a fácies 5, (7,5YR 5/2), composta por sedimento levemente pegajoso, com fração de areia média e fina.

No nível 8, que apresenta sedimento com variação, observa-se que a presença de cinzas continua prevalecendo, formando uma lente com aspecto carbonático, evidenciado por cinzas e carvão em fragmentos centimétricos. No nível 9, além das fácies 1 e 5, identifica-se a fácies 6 (10 YR 3/4), caracterizada por sedimentos soltos e levemente pegajosos, com frações de areia grossa, média e fina e fragmentos centimétricos; a cor torna-se acinzentada após 5 cm de escavação. No nível, 10 há continuidade das fácies 1 e 6, com uma grande concentração de carvão entre os blocos de arenito. No nível 11 a situação observada nos níveis anteriores permanece

No nível 12, as fácies 2 e 6 estão presentes. A fácies 2 (7.5 YR 5/8) se apresenta arenosa, pouco pegajosa e solta, com fragmentos de rochas centimétricas, e fração de areia grossa e média, arredondada e mal selecionada, enquanto a fácies 6 é bastante variada. No quadrante noroeste, há poucos arenitos

com marcas de queima. No nível estratigráfico 13, as fácies presentes são as de números 2 e 6. No nível estratigráfico 14, apenas a fácies 2 está presente. Devido à dificuldade de escavação dos quadrantes NW, SW e SE, a escavação foi encerrada, contudo, alguns microcarvões e microlascas líticas ainda foram peneirados e coletados.

A escavação realizada na unidade G6, localizada no setor sul do abrigo, focou na expectativa de encontrar um pacote estratigráfico mais espesso, com base na tradagem prévia que alcançou 1,8 m de profundidade. Foram escavados 12 níveis artificiais e delimitada a camada para a coleta de amostras para análise de micromorfologia de solos, além de distinguir 15 fácies arqueológicas.

No nível 1 está presente a fácies 1 (7.5 YR 4/3), caracterizada por sedimentos arenosos e sílticos pouco pegajosos, com grãos arredondados e uma fração de areia média a fina, bastante solta com presença de fragmentos de rochas milimétricas misturados com serapilheira. O nível 2 é composto exclusivamente por essa mesma fácies. No nível 3 há presença das fácies 1, 2 e 3, com uma grande quantidade de carvão concentrada no quadrante SW. A fácies 3 (10YR 4/4), apresenta características de areia média e fina e silte, além de rochas centimétricas, arredondadas e mal selecionadas.

O nível 4 apresenta uma composição complexa de fácies, representada pelos números 2, 3, 4, 5 e 6. Além disso, surge uma nova fácies, denominada 7 (7,5 YR 3/2), que é caracterizada por uma composição arenosa-argilosa, com fração de areia solta e fina e fragmentos de rocha.

O nível 5 é composto pelas fácies 2, 6 e 7, onde são encontradas pequenas concreções de terra queimada e uma alta concentração de carvão. O nível 6 contém as fácies 2, 6, 8 e 9. A fácies 8 (7,5 YR 2/1) é descrita como solta, arenosa-argilosa e variegada, com fragmentos de rocha centimétrica, além de arenitos queimados e manchas de difícil delimitação. Já a fácies 9 (7,5 YR 2,5/1) é considerada argilosa e síltica, solta, com fração muito fina e sem inclusão de rochas. A fácies 2, limitada à porção NW-NE, começa a reduzir sua extensão.

No nível 7 estão presentes as fácies 2, 6, 8 e 9, caracterizadas por uma variação de sedimentos. Na fácies 9, registra-se o aparecimento de um grande bloco de arenito acompanhado de uma quantidade considerável de carvão.

Estão restritas ao nível 8, as fácies 8, 10, 11 e 12. A fácies 10 é solta, com granulação fina, fração areia fina e silte, com pequenos fragmentos

arenosos (7,5 YR 3/2). A fácies 11 é arenosa-argilosa, também de granulação fina, com grânulos médios de areia e pequenos torrões de terra compactada, (10YR 3/2). A fácies 12 (7,5 YR 3/2) é composta por sedimentos localizados entre o bloco de arenito e o limite da unidade no setor SW, caracterizada por sedimento fino, fração areia fina, com torrões agregados e raízes.

O nível 9 é marcado pela presença da fácies 2 e fácies 13 (2,5 YR 2/2), caracterizadas por sedimentos finos, pouco pegajosos, com fração de areia fina e possível presença de silte, e grãos de poucos centímetros. No nível 10 prevalecem a fácies 2 e a fácies 13.

No nível 11, encontram-se as fácies 13 e 14 (2,5 YR 3/2) que apresentam composição muito fina, com areia predominantemente fina e pequenos torrões centimétricos, além de grãos bem selecionados e arredondados. Um bloco começa a aparecer na posição central. Neste momento a escavação foi interrompida devido à presença de um bloco retangular e plano, localizado na área central da unidade.

O nível 12 foi o último de onde foi possível coletar sedimentos, configurando as fácies 13, 14 e 15 (7,5 YR 4/2). Este nível é caracterizado por cor acinzentada, areia grossa, média e fina, solta, e com torrões esporádicos de tamanho centimétrico, localizados ao redor do bloco. A partir deste momento, não foi mais possível continuar a escavação.

O resultado desta descrição é apresentado como estruturas arqueológicas organizadas de forma gráfica e esquemática (Figura 3). Estas ilustrações resumem as relações estratigráficas das unidades analisadas. Os diagramas produzidos consideram a descrição das fácies arqueológicas, as estruturas de arenito queimadas, e a caracterização dos aspectos sedimentares em comparação com as datações radiocarbônicas.

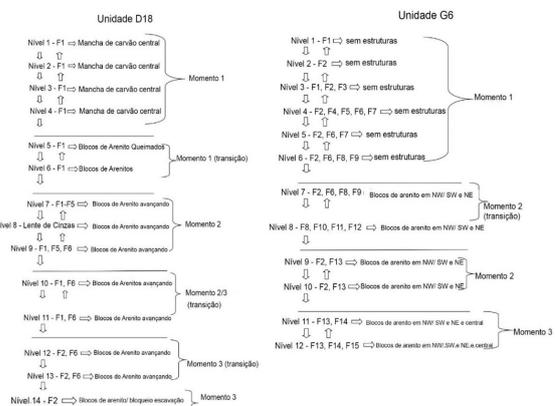


Figura 3. Esquemática da escavação realizada nas unidades D18 e G6. Fonte: Tatiane de Souza (2019)

A organização do diagrama representa situações específicas ou momentos associados no tempo e

espaço, decorrentes das fácies arqueológicas, estruturas areníticas e sinais de queima dos blocos. Conforme essa síntese, a unidade D18 e a unidade G6, apresentam três momentos de ocupação com transições deposicionais. Foram consideradas transições aqueles aspectos em que as fácies sedimentares não eram claramente classificáveis ou apresentavam estruturas destoantes em relação à continuidade estratigráfica acima ou abaixo.

A unidade D18 apresenta, até o nível 4, apenas fácies com manchas de carvão no centro, sendo considerada uma estrutura distinta. Os níveis 5 e 6 foram classificados como transições devido às manchas apresentarem composições diferenciadas. Os níveis 7, 8 e 9 foram considerados o momento dois de ocupação, com fácies similares e um avanço destacado dos blocos de arenito localizados em direção ao centro da unidade. Os níveis 10 e 11 mantêm as características estruturais, porém com fácies diferenciadas, sendo compreendidas como um momento de transição.

Os níveis 10 e 11 apresentam características distintas das mencionadas anteriormente, pois afunilam ainda mais a quadra de tal maneira que apenas uma pessoa pequena pode adentrá-la, mantendo o local protegido de intempéries naturais. As mesmas características são notadas entre fácies distintas nos níveis estratigráficos 12 e na primeira porção do nível 13. É importante destacar que talvez este seja o nível de ocupação datado em 1.470 ± 30 AP, que se estendeu ao longo de um pacote de 40 cm, com modos de deposição que foram se alterando, começando de uma base estreita até alcançar uma cobertura sobreposta sem a proteção natural em tempos recentes. Por fim, os níveis estratigráficos 13 e 14 datados em 4.770 ± 30 AP, representam praticamente a base do sítio, sendo este o momento inicial de deposição sedimentar.

De outra forma, a unidade G6 apresenta aspectos diferenciados dos descritos anteriormente, sugerindo uma estrutura mais complexa devido à presença de muitas fácies. A princípio, foi interpretada como uma área de deposição secundária de sedimentos oriundos da área central do abrigo em direção à periferia. No entanto, ao analisar sua organização estratigráfica, observa-se que, até o nível 7 (correspondendo na unidade D18 a 860 ± 30 AP), existem camadas de cobertura com manchas de carvão.

Entre os níveis 7 e 8, nota-se um momento de transição em que estruturas naturais começam a ser aproveitadas, em decorrência de blocos naturais. Um bloco situado no setor NE parece ter sido colocado de forma artificial, encontrando-se em posição perpendicular, o que é completamente atípico para os blocos de arenitos do abrigo, cuja deposição é sempre planar.

Os níveis estratigráficos 9 e 10 podem ser caracterizados por fácies arqueológicas homogêneas e por um grande bloco natural que ocupa um terço da unidade. Esse bloco protege o que está abaixo dele e foi considerado o momento 3, representado pelos blocos naturais, incluindo um bloco perpendicular, centralmente acoplado na quadra. Sugerimos que esta seja uma estrutura protegida por uma sucessão de fácies.

FÁCIES SEDIMENTARES, CULTURA MATERIAL E ESTRUTURAS DE COMBUSTÃO

As fácies sedimentares arqueológicas, juntamente com a densidade e o tipo de material associado a cada nível de escavação, permitem compreender os vestígios de combustão associados à cultura material. Para isso, elaboramos uma síntese com as principais associações entre fácies sedimentares arqueológicas e cultura material recuperada, já que o foco principal do trabalho está nas estruturas sedimentares e as estruturas de combustão. Foram estudados 1.266 vestígios arqueológicos provenientes da unidade de escavação D18 e 1.875 vestígios da unidade G6, totalizando 3.141 vestígios contabilizados.

A distribuição do material arqueológico recolhido nas fácies arqueológicas não apresenta nenhum bolsão isolado de algum tipo de material em níveis estratigráficos específicos. A única ressalva são os fragmentos dispersos de ossos humanos, encontrados em níveis estratigráficos determinados e nas diversas fácies arqueológicas. Desse modo, é possível afirmar que não existe uma relação clara entre o material arqueológico e o acúmulo sedimentar de deposição, sendo impossível a reconstrução de áreas de atividades com base na relação entre fácies arqueológicas e cultura material.

Quanto a relação de lítico, carvão e material faunístico com as estruturas de combustão, esta não parece ser aleatória, pois esses materiais são frequentemente descartados junto às estruturas de combustão, sugerindo a existência de uma área de descarte nos níveis estratigráficos onde são encontrados. No entanto, ossos humanos nem sempre estão presentes nas estruturas de combustão, indicando uma questão de desarticulação e dispersão ao longo da estratigrafia (Tabela 2).

Tabela 2 – Material arqueológico e fácies sedimentares arqueológicas

Quadra	Nível	Material	Fácies Arqueológicas
D18	Nível 1	cerâmica, lítico, fauna, carvão	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 2	cerâmica, lítico, fauna, carvão, osso humano	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 3	cerâmica, lítico, fauna, carvão, osso humano	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 4	cerâmica, lítico, fauna, carvão, osso humano	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 5	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 6	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa
D18	Nível 7	cerâmica, lítico, fauna, carvão, osso humano	1 e 5 (7,5YR 5/2) arenosa, pegajosa
D18	Nível 8	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	cinzas e carvão centimétrico
D18	Nível 9	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 e 5, 6 (10 YR 3/4), arenosa, pegajosa, fragmentos de rochas
D18	Nível 10	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 e 6, concentração de carvão, blocos de arenito
D18	Nível 11	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 e 6, concentração de carvão, blocos de arenito
D18	Nível 12	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2 (7.5 YR 5/8) e 6, arenosa, pouco pegajosa, fragmentos de rochas
D18	Nível 13	lítico, carvão, semente	2 e 6, arenosa, pouco pegajosa, fragmentos de rochas
D18	Nível 14	lítico, carvão, semente	2, microcarvões, microlasclas líticas
G6	Nível 1	cerâmica, lítico, fauna, carvão	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa, fragmentos de rocha
G6	Nível 2	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1 (7.5 YR 4/3), arenosa, silte, pouco pegajosa, fragmentos de rochas
G6	Nível 3	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	1, 2 e 3 (10YR 4/4), arenosa, carvão, cinzas
G6	Nível 4	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2, 3, 4, 5 e 6 e 7 (7,5 YR 3/2), arenosa, silte
G6	Nível 5	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2, 6 e 7, concentração de terra queimada, carvão
G6	Nível 6	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2, 6, 8 (7,5 YR 2/1), 9 (7,5 YR 2,5/1), arenosa, silte, fragmentos de rochas
G6	Nível 7	cerâmica, lítico, fauna, carvão, osso humano	2, 6, 8 e 9, bloco de arenito, concentração de carvão
G6	Nível 8	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	8, 10 (7,5 YR 3/2), 11 (10YR 3/2), 12 (7,5 YR 3/2), arenoso, torrões de terra, raízes
G6	Nível 9	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2, 13 (2,5 YR 2/2), arenosa, pouco pegajosa, fragmentos de rochas
G6	Nível 10	cerâmica, lítico, fauna, carvão, semente	2, 13 (2,5 YR 2/2), arenosa, pouco pegajosa, fragmentos de rochas
G6	Nível 11	cerâmica, lítico, fauna, carvão	13, 14 (2,5 YR 3/2), arenosa, torrões de terra
G6	Nível 12	cerâmica, lítico, fauna, carvão	13, 14, 15 (7,5 YR 4/2), arenosa, torrões de terra

Fonte: Autores (2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

MICROSCOPIA ÓPTICA DE LUZ POLARIZADA

As análises de microscopia óptica de luz polarizada utilizadas foram realizadas para detectar carvão e cinzas em lâminas delgadas, além de avaliar os

aspectos estratigráficos de deposição que podem não ser visíveis em macroescala em um sítio arqueológico. Foi utilizado o microscópio petrográfico Leica – modelo DM750P, com recursos de luz polarizada, carro de precisão variável (ideal para contagem), luz refletida e transmitida, luz condensada e platina móvel, que proporciona uma ampliação máxima de 500x. O software LAS – Leica Application Suite,

com módulo para análise de imagens e câmera Leica MC170HD.

Foram analisadas cinco amostras de seções delgadas dos respectivos pontos de coleta da camada da unidade D18, 05-15 cm, 27-33 cm, 59-69 cm, 91-101 cm, 108-114 cm e seis amostras do ponto de coleta da camada da unidade G6, 06-16 cm, 28-38 cm, 53-62 cm, 70-80 cm, 77-87 cm, 100-119 cm. Essas lâminas foram confeccionadas a partir da coleta de amostras de solo das camadas que podem ser vistas na Figura 2, posteriormente as amostras de solo foram impregnadas com resina epóxi em laboratório e cortadas com lâminas diamantadas.

RAMAN

A espectroscopia Raman foi escolhida para analisar seções delgadas de todos os materiais carbonizados por ser uma das poucas técnicas que podem detectar carbono amorfo. Para a análise Raman foi utilizado um aparelho Renishaw inVia Reflex, acoplado a um microscópio Leica DM2500 M, contendo lasers com excitação em 785 nm (laser de diodo, Renishaw) - 500 mW - e em 532 nm (laser de diodo, Renishaw) - 500mW. O equipamento também está equipado com duas redes de difração, uma com 1.200 linhas (para o laser de 785 nm) e outra com 2.400 linhas (para o laser de 532 nm), além de um detector CCD termelétricamente resfriado (1040x256 pixels). O software Wire 4.4 foi utilizado durante a coleta de dados e a subtração da linha de base foi realizada utilizando o software Fityk 1.3.1.

Foram analisadas cinco amostras de seções delgadas dos respectivos pontos de coleta da camada da unidade D18, 05-15 cm, 25-33 cm, 59-69 cm, 91-101 cm, 108-114 cm e seis amostras dos pontos de coleta da camada da unidade G6, 06-16 cm, 28-38 cm, 53-62 cm, 70-80 cm, 77-87 cm, 100-119 cm. Essas lâminas foram confeccionadas a partir da coleta de amostras de solo das camadas que podem ser vistas na Figura 2, posteriormente impregnadas com resina epóxi em laboratório e cortadas com lâminas diamantadas.

XRD – DIFRAÇÃO DE RAIOS X

As amostras foram produzidas em lâminas de vidro a partir de sedimentos coletados tanto no nível basal quanto em níveis onde a matéria orgânica poderia estar presente. O objetivo era verificar a mineralogia dos sedimentos em busca de alguma associação com estruturas de combustão. O difratômetro utilizado foi o Bruker, modelo D8 Advance da Vinci, com radiação $\text{CuK}\alpha$, detector LYNXEYE e óptica TWIN-TWIN, permitindo operação com óptica fixa. Para identificação das fases, foram utilizados o programa SUITE DifffracEVA e

a base de dados PDF-2 (ICDD), versão 2022, do Instituto de Geociências da USP.

Foram analisadas quatro amostras de sedimentos oriundos de níveis que apresentaram estruturas de combustão, respectivamente, D18, nível estratigráfico 13, fácies 2; D18, nível estratigráfico 7, fácies 5 e G6 nível estratigráfico 12, fácies 13 e G6, nível estratigráfico 4, fácies 3. Como já exposto anteriormente, as fácies arqueológicas detectadas se localizam nos níveis estratigráficos escavados.

ESPECTROSCOPIA FTIR-ATR

A espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de Fourier no modo de reflexão total atenuada (FTIR-ATR) foi utilizada para complementar a espectroscopia Raman e analisar os espectros infravermelhos em sedimentos com registros de matéria orgânica carbonizada. Um espectrômetro infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é capaz de medir a absorção de energia em uma faixa específica de comprimentos de onda infravermelha. Na espectroscopia FTIR-ATR, a amostra está em contato direto com o cristal, e a radiação incide sobre ela em um ângulo crítico, penetrando discretamente na amostra antes de ser refletida para o detector. O uso do ATR elimina, frequentemente, a necessidade de preparo de amostras ou pelo menos simplifica os procedimentos. Os espectros de FTIR-ATR foram obtidos com resolução de 4 cm^{-1} , na faixa espectral de 400 a 4000 cm^{-1} , utilizando um equipamento da marca Bruker, modelo Alpha-Platinum (óptica KBr e detector DTGS) acoplado a um acessório ATR (cristal de diamante, reflexão única).

Foram analisadas quatro amostras de sedimentos oriundos de níveis estratigráficos que apresentaram estruturas de combustão, respectivamente, D18, nível 13, fácies 2, D18, nível 7, fácies 5 e G6 nível 12, fácies 13 e G6, nível 4, fácies 3. Como já exposto anteriormente, as fácies arqueológicas detectadas se localizam nos níveis estratigráficos escavados.

RESULTADOS

MICROSCOPIA ÓPTICA DE LUZ POLARIZADA

Na unidade D18, observam-se diferenças no carvão amorfo observado (Figura 4). Na lâmina proveniente da camada 1, ponto de coleta 5-15 cm, há a estrutura de um carvão intacto rodeado por sedimentos de fração argilosa, sem presença de cinzas ou marcas de desintegração. Na lâmina proveniente da camada 2, ponto de coleta 27-33 cm, o aspecto mais evidente é um carvão que parece ter sido extinto pela

ação da água, areia ou outro agente que interrompeu a combustão; as cinzas foram preservadas dentro do carvão. Na lâmina da camada 3, ponto de coleta 59-69 cm, o carvão apresenta pequenas fissuras radiantes. Já os carvões da camada 5, ponto de coleta 91 a 101 cm, apresentam cinzas no centro e uma constituição física bem preservada, incrustada em uma matriz formada por caulinita e quartzo. Os carvões localizados nos níveis basais, ponto de coleta 108-114 cm, camada 6, são muito pequenos, não apresentam sinais de brasas, cinzas ou estruturas organizadas, estando incrustados em um vazío e com halos agregados de sedimentos na fração argila ao redor do carvão.

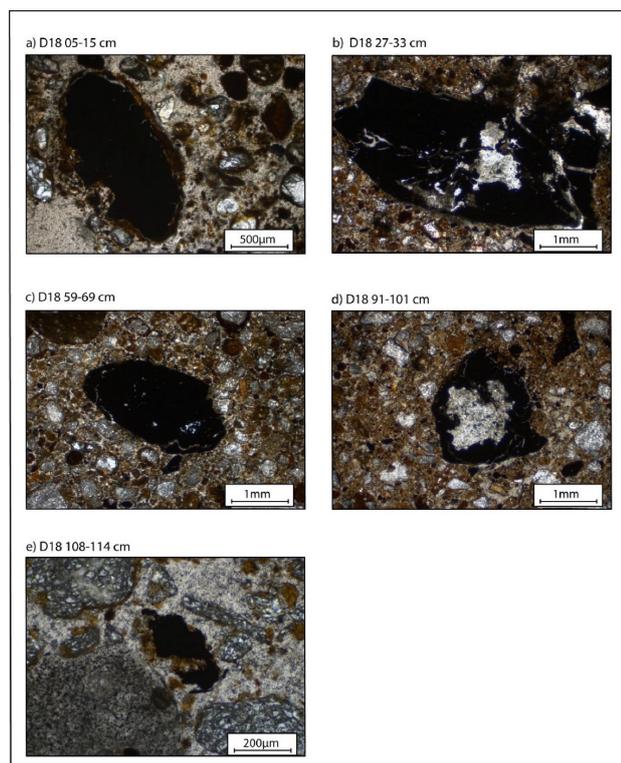


Figura 4. a) Carvão preservado rodeado por sedimento de fração argila, b) Carvão vegetal com cinza no centro, c) Carvão vegetal com pequenos sinais de combustão, d) Carvão vegetal com sinais de combustão interna, e) Carvão vegetal rodeado por sedimento de fração argila com quartzo grãos. Fonte: Autores (2024).

Na unidade G6 (Figura 5), na lâmina proveniente da camada 1, ponto de coleta 6-16 cm, o carvão está bastante dissolvido e incorporado em uma quantidade considerável de caulinita, sem sinais de combustão. Na lâmina da camada 2, ponto de coleta 28-38 cm, há pontos de cinza dentro do carvão, que está estruturalmente preservado. Na lâmina da camada 3, ponto de coleta 52-62 cm, não são evidentes aspectos da estrutura de combustão. Na lâmina da camada 4, ponto de coleta 70-80 cm, além do efeito de pisoteio e esfarelamento do carvão, há alguns pontos discretos de cinza dentro do carvão, que podem indicar um efeito de combustão. Na lâmina da camada

5, ponto de coleta 77-87 cm, a presença de carvão vegetal é discreta e não apresenta qualquer evidência de combustão. No nível de acamamento rochoso, na lâmina proveniente do ponto de coleta 100-119 cm, camada 6, é possível observar a desagregação do carvão em diversas partes quebradas, um efeito conhecido como pisoteio. As fraturas são geométricas, indicando que não foram causadas por chuva, mas sim por ação mecânica.

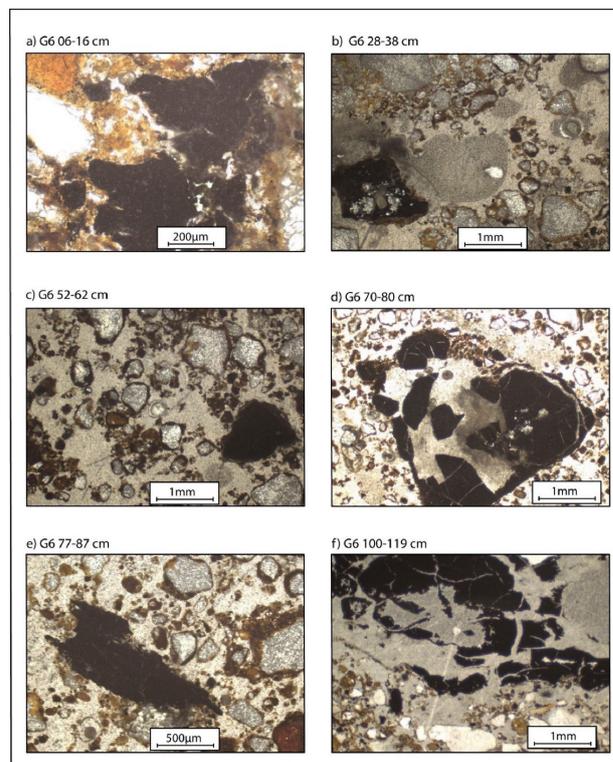


Figura 5. a) Carvão muito desagregado envolto por fração argila, b) Carvão com pontos de combustão em sua estrutura, c) Discreta presença de Carvão vegetal preservado em meio a grãos de quartzo, d) Carvão sob efeito de pisoteio com pequenos pontos de combustão e carvão preservado entre grãos de quartzo, e) Carvão com fraturas radiais indicando pisoteio, sem efeito de combustão. Fonte: Autores (2024).

RAMAN

Foram encontradas bandas em torno de 1360 e 1580 cm^{-1} (Figura 6), indicando a presença de estruturas de carbono. Essa assinatura pode resultar da pirólise de material proveniente de árvores queimadas, como observado por (Souza *et. al.*, 2022). O espectro Raman registrado do resíduo negro analisado em lâminas mostrou duas bandas largas de carbono amorfo, aproximadamente em 1360 e 1580 cm^{-1} , conhecidos como bandas D (sp^3) e G (sp^2), respectivamente.

Historicamente, a refletância do carvão vegetal tem sido utilizada para avaliar a temperatura de formação desses carvões e, conseqüentemente, as intensidades de queima das fogueiras pré-históricas. Os resultados de

espectroscopia Raman para a unidade D18 (Figura 6) mostram sinais de carvões bem identificáveis nos pontos de coletas das camadas superiores, em relação às bandas D-G do carvão amorfo. É possível dizer que nos níveis mais profundos, as bandas de carvão mostram interferência de ações externas, como a chuva, mas ainda mantêm o modelo da curva D-G, que caracteriza o carvão amorfo. No nível de acamamento rochoso, o sinal das bandas D-G é muito fraco, o que pode significar que foi afetado por lixiviação ou a severas ações externas, como a umidade natural do solo, infiltração de água ou interação com outros componentes do solo. Para a unidade G6 (Fig. 7), as bandas D e G são observadas com menor intensidade nos pontos de coleta das camadas iniciais até as intermediárias. Isso sugere que, embora a presença de estruturas de combustão não possa ser descartada, outros fatores, como a ação hidrotérmica, podem estar interferindo no sinal. Dessa forma, em uma sequência de carvão, podemos inferir que a influência das estruturas de combustão nos níveis iniciais não é muito clara, tornando-se mais evidente nos níveis mais profundos, onde as bandas amorfas de carvão são mais pronunciadas.

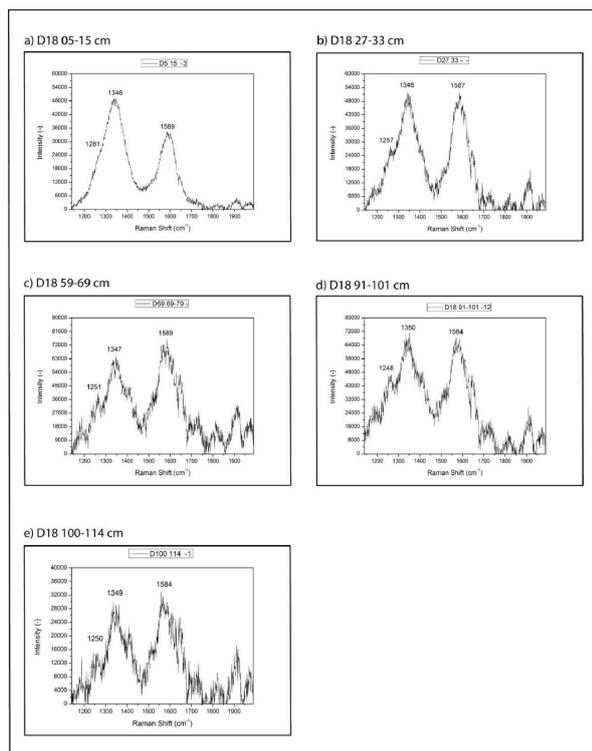


Figura 6. a) Bandas D-G do carvão amorfo bem delineadas, carvão imerso em halo de caulinita e grãos de quartzo b) Bandas D-G do carvão amorfo um pouco menos delineadas, carvão em cinzas dentro de sua composição c) Bandas D-G do carvão amorfo pouco delineadas, no meio do carvão intacto e imerso na fração argila d) Bandas D-G do carvão amorfo não bem delineadas no meio do carvão e cinza e) sinal Raman fraco da Banda D-G que ainda pode ser delineado no carvão esfarelado e pouca presença da fração argila e quartzo.

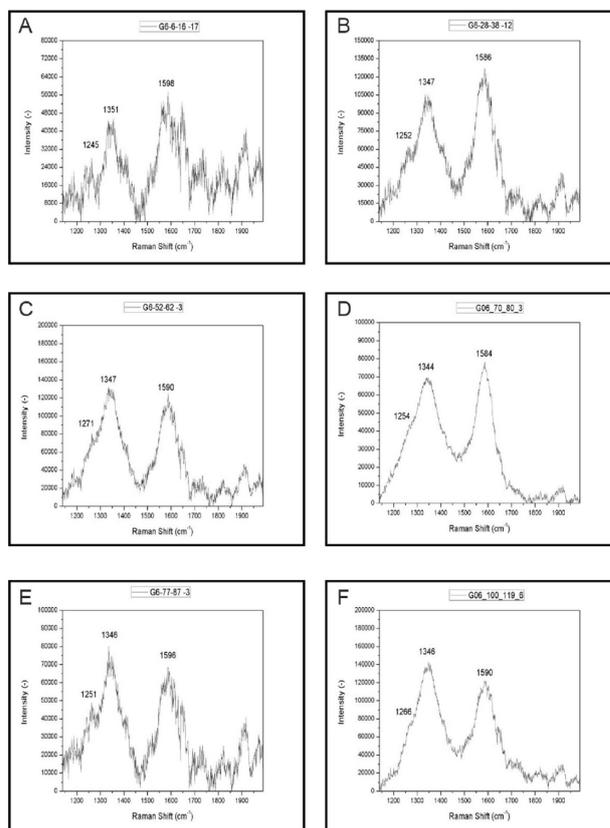


Figura 7. a) Nível quase não identificado composto por carvão esfarelado e muita presença de fração argila; b) Bandas D-G melhor delimitadas, com carvão em cinzas e pouca presença de quartzo; c) Bandas D-G evidentes com carvão entre grãos de quartzo; d) Bandas D-G perfeitamente delimitadas em meio a carvão e cinzas geometricamente quebrados em sua composição; e) Bandas D-G com baixa resolução em meio a carvão imerso em alguns grãos de quartzo; f) Bandas D-G perfeitamente delimitadas com quebra geométrica imersa em alguns grãos de quartzo e fração argila.

DIFRAÇÃO DE RAIOS X

A análise de Difração de Raios X resultou em duas características principais, a primeira delas é que os minerais identificados foram o quartzo (SiO_2) e a caulinita ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) nas quatro amostras analisadas. Estes minerais são comuns e estão associados aos processos diagenéticos de formação do arenito Furnas, que compõe a região de Itapeva, São Paulo.

Embora os minerais identificados sejam comuns, o foco das análises não é distinguir a composição mineral, mas sim entender as possíveis interações entre os minerais e as fogueiras.

As descobertas térmicas obtidas em experimentos anteriores com solos e fogueiras (Bellomo, 1993; Amenomori, 1999; Silva, 2003; Berna *et al.*, 2007; Alpersom-Afil, 2012) são particularmente relevantes para a presente pesquisa. Esses estudos mostraram que temperaturas mais altas são alcançadas nas frações de areia grossa em comparação com as frações de argila de grão fino, devido à maior capacidade da areia grossa de permitir a penetração de oxigênio abaixo

do solo. Portanto, nossas observações de Difração de Raios X representam um passo importante para a compreensão da produção mineralógica do aquecimento em sedimentos provenientes de cavidades que contêm estruturas em arenito, principalmente relacionado ao quartzo.

A pirólise ocorre na ausência de oxigênio, resultando em uma variedade de produtos dependendo da composição do material vegetal e da temperatura. Embora já tenhamos mencionado que algum oxigênio poderia penetrar na areia grossa, permitindo uma possível combustão no sedimento, é importante notar que a areia que compõe o Abrigo de Itapeva era suficientemente porosa para permitir a entrada do oxigênio. Assim, o oxigênio pode ter penetrado através da areia e contribuído para a vaporização dos materiais orgânicos aquecidos.

Tanto o quartzo quanto a caulinita têm origem do arenito da Formação Furnas. O quartzo é proveniente da rocha original, tendo sobrevivido ao intemperismo, enquanto a caulinita resulta da alteração intempérica de feldspatos presentes na rocha que deu origem aos sedimentos.

A amostra apresentada no difratograma (Fig. 8) é da unidade D18, oriunda do nível estratigráfico 13, fácies 2. O quartzo, que faz parte da formação do abrigo, provavelmente participa dos processos piro-técnicos relacionadas às temperaturas mais altas das frações de areia grossa, permitindo que o oxigênio penetre abaixo do solo. Isso é consistente em experimentos anteriores (Bellomo, 1993; Amenomori, 1999; Silva, 2003; Berna *et al.*, 2007; Alperson-Afil, 2012). Quanto a caulinita, que se comporta de maneira diferente devido ao sistema aberto das fogueiras, onde o calor escapa, não saberíamos responder se esse mineral retém calor da mesma forma que ocorre na produção de cerâmica, que se trata de um sistema fechado. Para determinar isso, serão necessários experimentos adicionais, como controle e observação de argilominerais em fogueiras, estudos previstos para trabalhos futuros.

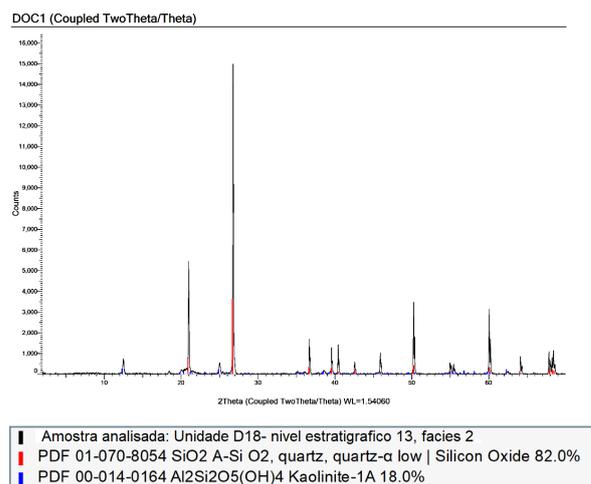


Figura 8. Difratograma de raios X da amostra de sedimentos da unidade D18 nível estratigráfico 13, fácies 2

FT IR

Os resultados mostraram principalmente a presença de silicatos e aluminossilicatos, com as análises sugerindo caulinita e gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A aparente sobreposição de bandas na região espectral característica de silício e alumínio, também sugere a presença de outros argilominerais que não puderam ser identificados em Difração de Raios X.

Em alguns casos, as análises indicam a presença de matéria orgânica devido à presença de bandas na região espectral entre 1700 e 1500 cm^{-1} , característica dos compostos orgânicos, que neste caso correspondeu a grupos moleculares de ácidos carboxílicos e carboxilatos. Em particular, a característica larga das bandas na região entre 1300 e 1600 cm^{-1} , atribuídas aos carboxilatos (R-COO^-), sugere que se trata de matéria orgânica amorfa, possivelmente originada da combustão. No entanto, outros fatores também podem ter contribuído para a amorfização, considerando a idade das amostras. Não é possível determinar com precisão a origem da matéria orgânica que gerou essas absorções no espectro FTIR. Na Figura 9 pode-se notar a matéria orgânica amorfa proveniente da unidade D18, nível estratigráfico 13, fácies 2, evidenciada pela presença de carboxilatos (R-COO^-).

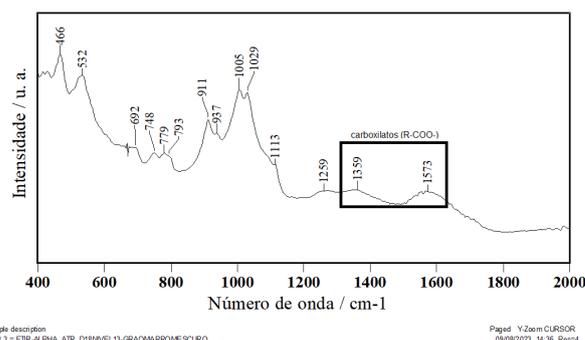


Figura 9. Resultado da análise FTIR da Unidade D18, nível estratigráfico 13, fácies 2

No nível estratigráfico 4 da unidade D18, foram encontrados os seguintes estiramentos: simétrico Si-O-Si; -OH (gipsita); e Al-O-H de grupos hidroxila estruturais em simetria octaédrica (caulinita). No nível estratigráfico 4 da unidade G6, os estiramentos de maior relevância são: simétrico Si-O-Si, assimétrico O-C-O de carboxilatos, e o Al-O-H de grupos hidroxila estruturais em simetria octaédrica (caulinita); e -OH (caulinita). No nível estratigráfico 13 da unidade D18, que apresenta grão marrom escuro, destacam-se o estiramento CO do ácido carboxílico aromático, o dobramento OH, o estiramento O-C-O antissimétrico de carboxilatos, o estiramento -OH (gipsita) e o estiramento Al-O-H de grupos hidroxila estruturais em simetria octaédrica (caulinita). Ainda no nível estratigráfico 13 pode-se observar também o estiramento C-O do ácido carboxílico aromático, o dobramento O-H, e o dobramento CH₂ ou dobramento no plano C-O-H, e também o estiramento -OH dos argilominerais (Tabela 3).

Tabela 3 – Principais bandas observadas e atribuições para amostra da Unidade D18 nível estratigráfico 13, fácies 2

Bandas (cm ⁻¹)	Atribuição
466	Dobramento assimétrico Si-O [7]
532	Dobramento Si-O-Al [8]
692	Estiramento simétrico Si-O-Si [1]
748	Dobramento simétrico Si-O-Si [9]
779	Estiramento simétrico Si-O [2]
793	Estiramento simétrico Si-O-Si [1]
911	Dobramento Al-O-H [2]
937	Estiramento assimétrico Si-O-Al [1]
1005	Estiramento Si-O [5]
1029	Estiramento assimétrico Si-O-Si [2]
1113	Estiramento Si-O [5]
1259	Estiramento C-O de ácido carboxílico aromático [14] Dobramento O-H [15]
1359	Estiramento assimétrico O-C-O de carboxilatos [15]
1573	Estiramento assimétrico O-C-O de carboxilatos [15]
3438	Estiramento -OH (Gipsita) [13]
3525	Estiramento -OH (Gipsita) [13]
3618	Estiramento Al-O-H de grupos hidroxila estrutural em simetria octaédrica (Caulinita) [1]
3646	
3665	
3688	Estiramento -OH internos e externos (Caulinita) [1]

Fonte: Autores (2024)

DISCUSSÃO

A dúvida sobre a ocupação passageira no nível de acamamento rochoso da unidade D18 foi resolvida por meio de um conjunto de análises que se confirmaram mutuamente. Tanto a microscopia óptica de luz polarizada, quanto a espectroscopia Raman e FTIR foram capazes de demonstrar a presença de matéria orgânica no nível de acamamento rochoso do abrigo. Além disso, essas análises esclareceram que a matéria orgânica não era resultado de contaminação por gramíneas invasoras com combustão espontânea, levando em consideração as configurações ambientais do período mais antigo de ocupação do abrigo.

Observa-se que o abrigo apresenta períodos de ocupação em que as estruturas de combustão são mais evidentes do que em outros. A descrição resultante dessas observações é sintetizada em uma organização esquemática que revela a complexidade e a diversidade dos aspectos encontrados nas unidades D18 e G6. Essas unidades mostram sinais de transição entre níveis estratigráficos e evidenciam estruturas de combustão diferenciadas. Essas diferenças são notadas tanto nas fácies arqueológicas quanto na presença de carvões e cinzas, como evidenciado pela microscopia óptica.

Em microescala, na unidade D18, podem-se notar diferenças significativas no carvão ao longo dos níveis de ocupação. Nos níveis iniciais, o carvão é muito pequeno, não apresentando sinais de brasas, cinzas ou estruturas organizadas na composição. Nos níveis subsequentes, há variação na forma como se apresentam. A cinza parece estar presente entre 91 e 101 cm, enquanto nos pontos de coleta 59-69 cm o carvão apresenta pequenas fissuras radiais. Já no ponto de coleta de 27-33 cm a evidência mais clara é de que um carvão estava queimando e foi apagado, com as cinzas preservadas no seu interior. No ponto de coleta superior, entre 5-15 cm, temos a estrutura de um carvão intacto rodeado por sedimentos de fração argila e sem presença de cinzas ou marcas de desintegração.

Na unidade G6, é possível observar a desagregação do carvão em diversas partes quebradas, num efeito conhecido como pisoteio, enquanto nos níveis superiores há uma variação na apresentação do carvão. No ponto de coleta de 77-87 cm, a presença de carvão vegetal é discreta e não apresenta qualquer evidência de combustão. No ponto de coleta de 70-80 cm, além do efeito de pisoteio e esfarelamento do carvão, existem alguns pontos discretos de cinza dentro do carvão, sugerindo possíveis efeitos de combustão. No ponto de coleta 52-62 cm, não há aspectos óbvios da estrutura de combustão. No ponto de coleta 28-38 cm, existem pontos de cinzas dentro do carvão e o carvão

está estruturalmente preservado. Finalmente, no ponto de coleta de 6 a 16 cm, o carvão está bastante dissolvido e incorporado em uma camada considerável de caulinita, sem sinais de combustão.

Estas análises são corroboradas pela espectroscopia Raman, que indica sinais de carvões bem identificáveis nos níveis superiores em relação às bandas D-G do carvão amorfo. Nos níveis mais baixos, as bandas de carvão podem sofrer interferência de ações externas, como a chuva, mas ainda formam o modelo da curva D-G, que caracteriza o carvão amorfo. É também possível verificar que, no nível de acamamento rochoso, o sinal da banda D-G é muito fraco, o que pode indicar que este nível sofreu lixiviação ou que foi impactado por fatores como umidade natural do solo, infiltração de água ou interação com outras composições do solo, apesar de ainda se identificar a presença da banda D-G ter sido identificada.

Esta análise é também confirmada pelas evidências de matéria orgânica obtidas através da análise FITR. No nível estratigráfico 13 da unidade D18, observam-se estiramento C-O do ácido carboxílico aromático, dobramento O-H, e o dobramento CH₂ ou dobramento no plano C-O-H, e também o estiramento OH dos argilominerais. Esses sinais indicam que a matéria orgânica está misturada com argilominerais, tornando a identificação difícil devido à interferência nos sinais, mas ainda é possível. No nível do acamamento rochoso da unidade D18, a presença de grupos carboxila, sugere a presença de carvão amorfo, portanto, é possível que haja um nível de ocupação humana relacionada a carvão proveniente desta breve ocupação.

CONCLUSÃO

Em termos macro e microscópicos, pode-se considerar que estruturas de combustão estão presentes no abrigo, desde os níveis inferiores de ocupação humana. No nível de acamamento rochoso na unidade D18, essas estruturas são observáveis, assim como na unidade G6, porém com composições sedimentares diferentes. Isso pode sugerir que os dois locais não compartilham o mesmo período de ocupação ou que houve remanejamento de solo.

Na unidade D18, a presença de ocupação humana é pouco evidente, contrastando com níveis subsequentes que mostram diferentes fácies arqueológicas e carvão. As ações humanas parecem ter influenciado a extinção das fogueiras, possivelmente através da intervenção de água e areia. Na unidade G6 pode-se observar a presença de pisoteio a partir da base, evidências de diversos efeitos tafonômicos e uma sequência de estruturas de combustão organizadas desde o nível mais inferior, com momentos de interrupção causados por chuva.

A interpretação para o comportamento observado na unidade D18 é que, até o nível 7, datado em 860 ± 30 AP, há evidências de atividade humana induzida, onde

a cavidade natural é utilizada para suportar as estruturas de combustão escavadas no centro do abrigo. Abaixo deste nível, os aspectos naturais do abrigo predominam, sendo utilizados por grupos humanos de forma que os blocos, ao se afinarem, oferecem proteção contra o vento e a chuva. Esse arranjo pode ter contribuído para a minimização da lixiviação dos sedimentos.

Por fim, a unidade G6 apresenta aspectos distintos e também complexos, com várias fácies que indicam uma estrutura potencialmente mais elaborada. Inicialmente interpretada como uma área de deposição secundária de sedimentos originados da área central do abrigo em direção à periferia, a análise da organização estratigráfica revela que, até o nível 7 (correspondente na unidade D18 a 860±30 AP), há uma sequência de fácies sedimentares com manchas de carvão. Essa configuração parece ter servido a duas funções, criar condições para cozinhar e, ao mesmo tempo, fornecer uma cobertura para um evento que, ao ser soterrada com areia, apaga as brasas e gera as cinzas observadas nos carvões.

REFERÊNCIAS

- ANDERTON, R. Clastic facies models and facies analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 18, p. 31-37, 1985.
- ALDEIAS, Vera. Experimental Approaches to Archaeological Fire Features and Their Behavioral Relevance. *Current Anthropology*, v. 58, n. 16, p. 5191-5205, 2017.
- ALONSO-ZARZA, Ana M.; WRIGHT, V. P. Calcretes. In: ALONSO-ZARZA, Ana M.; TANNER, Lawrence H. (eds.). *Developments in Sedimentology: Carbonates in Continental Settings, Facies, Environments and Processes*. Amsterdam: Elsevier, 2010. p. 225-67.
- ALPERSON-AFIL, Nira. Archaeology of fire. Methodological aspects of reconstructing fire history of prehistoric sites. *Earth Science Reviews*. v. 113, n. 3-4, p. 11-119, 2012.
- AMENOMORI, Sandra Nami. *Potencial analítico de sedimentos e solos aplicados a arqueologia*. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ARARIPE, Tristão de Alencar. Cidades petrificadas e inscrições lapidares no Brasil. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, v. 74, n. 1, p. 213-294, 1887.
- AYTAI, Desidério. As gravações rupestres de Itapeva. *Revista da Universidade Católica de Campinas*. v. 33, p. 29-61, 1970.
- BETA ANALYTIC Inc. Miami, Florida, 25p. 2016.
- BELLOMO, Randy. Methodological Approach for Identifying Archaeological Evidence of Fire Resulting

from Human Activities. *Journal of Archaeological Science*, v. 20, n. 5, p. 525-553, set.1993.

BERNA, Francesco; BEHAR, Adi; SHAHACK-GROSS, Ruth; BERG, Jhon; BOARETTO, Elisabetta; GILBOA, Ayelet; SHARON, Ilan, SHALEV, Sariel; SHILSTEIN, Sana; YAHALOM-MACK, Naama; ZORN, Jeffrey R; WEINER, Steve. Sediments exposed to high temperatures: reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze and Iron Age Strata at Tel Dor (Israel). *Journal of Archaeological Science*, v. 34, n. 3, p. 358-373, mar. 2007.

BULLOCK, Paul, FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, Georges; TURSINA, T. *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wolverhampton (UK): Waine Research, 1985.

CANTI, Matthew, G; LINFORD, Neil. The Effects of Fire on Archaeological Soils and Sediments: Temperature and Colour Relationships. *Proceedings of the Prehistoric Society*, v. 66, p. 385-395, 2000.

CASTRO, Selma S. de. *Micromorfologia de solos*. Base para descrição de lâminas delgadas. 2. ed. Campinas; Goiânia: UNICAMP; UFG, 2008.

COURTY, Marie Agnès; GOLDBERG, Paul; MACPHAIL, Richard. *Soils and Micromorphology in Archaeology*. 2. ed. rev. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

COURTY, Marie Agnès. Microfacies Analysis Assisting Archaeological Stratigraphy. In: GOLDBERG, Paul; HOLLIDAY, V. T. Holliday; FERRING, C. Reid (eds.). *Earth Sciences and Archaeology*, New York: Kluwer, 2001. p. 205-239.

DELLA FAVERA, Jorge C. *Fundamentos de estratigrafia moderna*. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 2001.

CAVULLI, Fabio; COSTA, Annalisa; PEDROTTI, Annalisa. Pyrotechnological processes behind fire traces: Experimental archaeology for the interpretation of the archaeological record of Lugo di Grezzana. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v. 47, fev. 2023.

FERRO-VAZQUEZ, Cruz; MALLOL, Carolina; ALDEIAS, Vera. Simply red? A systematic colour-based method for identifying archaeological fires. *Geoarchaeology an International Journal*, v. 37, n. 2, p. 284-303, mar./abr. 2021.

MALLOL, Carolina; HERNANDEZ, Cristo M; CABANES, Dan; SISTIAGA, Ainaga; MACHADO, Jorge; RODRIGUEZ, Agata; PEREZ, Leopoldo; GALVAN, Bertila. The black layer of Middle Paleolithic combustion structures. Interpretations and archaestratigraphic implications. *Journal of archaeological Science*, v. 40, n. 5, p. 2515-2527, maio 2013.

MELO, Mário Sérgio; GUIMARÃES, Gilson B.; PONTES, Henrique S.; MASSUQUETO, Laís L.; PIGURIM, Isabelle; BAGATIM, Hugo Q.; GIANNINI, Paulo César F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos

Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. *Espeleo-Tema*, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2011.

MOREIRA, Francisco; CATRY, Felipe, X; SILVA, Joaquim S; REGO, Francisco. *Ecologia do Fogo e gestão de áreas ardidas*. Lisboa: Isa Press, 2010.

SILVA, Marluce Lopes da. *Caracterização de sítios arqueológicos em dunas do litoral ocidental do Rio Grande do Norte, Brasil*. Dissertação (Mestrado) - Programa de História, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2003.

SOUZA, Tatiane de; CHUENG, Karina; RIZZI, Carlos. A. Paleoambiente do sudeste paulista: contribuições do refúgio Itapeva para uma discussão sobre inserção antrópica e natural. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, v. 39, p. 260-279, 2022.

STOOPS, Georges. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 2003.

STOOPS, Georges; MARCELINO, Vera; MEES, Flories. *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier. Amsterdam, Boston, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore Sydney, Tokyo, 2010.

PETRI, Setembrino; FULFARO, Vicente José. Considerações geológicas sobre a região de Itapeva, SP. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 25-40, 1967.

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Tatiane de Souza. Pós-Doutoranda do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. *E-mail*: tatiane_sza@yahoo.com.br.

Daniel Atencio. Prof. Titular do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. *E-mail*: datencio@usp.br

Gabriel Gonçalves Silva. Doutor em Química. *E-mail*: g_goncalves_silva@hotmail.com

Isabela Ferreira Sodrê dos Santos. Pós-Doutoranda do Museu Paulista. *E-mail*: isafsodre@gmail.com

Vagner Carvalho Porto. Professor Doutor do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. *E-mail*: vagnerporto@usp.br