UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO HUMANA E SUA RELAÇÃO COM O
CLIMA AO LONGO DO QUATERNÁRIO TARDIO NO PARQUE
NACIONAL SERRA DA CAPIVARA, PIAUÍ: ESTUDO BASEADO EM
CRONOESTRATIGRAFIA E SEDIMENTOOLÓGIA**

JANINE SOFIA NEGRÃO LABORDA

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Tese de Doutorado

Nº 600

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Dr. Paulo Antonio Dantas de Blasis

Dra. Marisa Coutinho Afonso

Dr. Fabio Parenti

Dr. André Oliveira Sawakuchi

SÃO PAULO
2019

A Vinícius, parceiro, o melhor pai e dos melhores pesquisadores que conheço. Ele começou tudo lançando este desafio. Me levantou e empurrou sempre que precisei.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço à CAPES pelo suporte financeiro, sem esta ajuda não seria possível a realização deste trabalho.

Em seguida os agradecimentos são inúmeros e muito provavelmente esquecerei pessoas importantes. Contudo, começando pela equipe de cientistas e amigos do departamento de Geologia que sempre me auxiliaram tanto com amostras como emocionalmente temos: André Oliveira sawakuchi, Thays Desiree, Luciana Nogueira, Jordana Zampelli, Isaac Sayeg, Francisco William da Cruz Junior, (o meu parceiro no mesmo barco) Rafael Casati, Paulo Boggiani e todos os outros funcionários que se estenderiam por vários parágrafos, o meu carinhoso obrigada.

Agradeço à minha família pelo constante apoio, à Helena e ao Felipe pela parceria; aos meus filhos por me alegrarem sempre que precisava; à Marilda pela mãe que ela é pelo cuidado amoroso em todos os campos, a Edson pelo exemplo que admiro profundamente e me faz refletir constantemente. Às minhas irmãs Sara, Ana e Joana por estarem perto mesmo longe.

Para Niéde Guidon, uma mulher que admiro, pela força inteligência e persistência vai um agradecimento caloroso de muito respeito e consideração. Sem ela não existiria esta tese. A FUMDHAM e toda a sua equipe que tão bem me acolheu e me deu suporte sempre que era possível. Todos deixaram saudades.

Um agradecimento muito especial ao meu Super Herói! O meu guia, o meu Guru, o meu quase chará Paulo César Fonseca Giannini, pela paciência, empatia e conhecimentos inigualáveis que me nortearam nestes atribulados quatro anos.

Agradeço à grande teia de mulheres que se entrelaçam e põe a mão na massa para realizar os sonhos de cada uma.

A amigos especiais como a Ana Carolina Cunha, arqueóloga amante de líticos que me apoia tanto em nível de conhecimento como de equilíbrio (quando quase fico louca ela joga uma pedra e pronto...ficamos a analisar).

A Carlos Daniel e a Caroline Ochiuse Lorenzi pela companhia divertida e animada sempre com boa comida, e saudável acima de tudo!

Por último quero agradecer à minha paixão, a geologia que me levou a traçar o caminho que fiz até hoje. Talvez essa paixão se traduzisse num amor por um geólogo. Um pesquisador que reconheço como exemplo, que me incentivou, que trouxe o tema da tese até mim e deixou a minha animação liderar caminho. Mas muitas vezes me aconselhou, me levantou do chão e me deu mão ao longo do caminho. Obrigada Vinícius Ribau Mendes, em bom português só posso dizer: amo-te.

Índice

Índice de figuras	iv
Índice de tabelas	v
1. Introdução.....	1
1.1. Delimitação do problema	1
1.2. Tema da tese: relevância e abordagem	4
1. Meta.....	4
2. Objetivos	5
4. Meios, materiais e métodos.....	5
4.1. Levantamento bibliográfico e seleção de sítios	5
4.2. Trabalho de campo.....	6
4.2.1. Logística.....	6
4.2.2. Análise de fácies.....	6
4.2.3. Amostragem.....	8
4.3. Trabalho de laboratório.....	11
4.3.1. Análise granulométrica	11
4.3.2. Datações.....	11
4.3.3. Confecção de seções delgadas.....	13
4.3.4. Análise petrográfica	14
5. Revisão bibliográfica.....	15
5.1. Ocupação das Américas	15
5.2. Ocupação humana da região.....	20
5.3. Geologia e geomorfologia	22
5.4. Clima e paleoclima	25
6. Sítios escolhidos para detalhamento.....	29
6.1. Sítio da Toca da Roça do Justino Aquino VI.....	29
6.2. Sítio da Toca do Gongo III	34
6.3. Sítio do Meio.....	36
6.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues.....	39
6.5. Sítio do Baixão do Perna I	41
7. Resultados.....	43

7.1 Análises de fácies	43
7.1.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI	43
7.1.2. Sítio da Toca do Gongo III.....	45
7.1.3. Sítio do Meio	48
7.1.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues	51
7.1.5 Sítio do Baixão do Perna I.....	53
7.2. Idades	55
7.3. Granulometria.....	56
7.3.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI	56
7.3.2. Sítio da Toca do Gongo III.....	57
7.3.3. Sítio do Meio	58
7.3.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues	59
7.3.5. Sítio do Baixão do Perna I.....	60
7.4. Petrografia	61
7.4.1. Sítio da Toca do Gongo III.....	64
7.4.2. Sítio do Meio	67
7.4.3. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues	71
7.4.4. Sítio do Baixão do Perna I.....	73
8. Discussão	75
8.1. Processos deposicionais envolvidos no preenchimento dos abrigos	75
8.1.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI	75
8.1.2. Sítio da Toca do Gongo III.....	76
8.1.3. Sítio do Meio	77
8.1.4. Sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues	79
8.1.5. Sítio do Baixão do Perna I.....	80
8.2. Idade do preenchimento sedimentar e da ocupação humana	81
8.2.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI	81
8.2.2. Sítio da Toca do Gongo III.....	82
8.2.3. Sítio do Meio	84
8.2.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues	86
8.2.5. Sítio do Baixão do Perna I.....	87
8.3. Clima <i>versus</i> ocupação humana na região do PNSC.....	88
9. Conclusões	93

Referências	95
Anexo 1.....	101

Índice de figuras

Figura 1: Limites do Parque Nacional Serra da Capivara.	3
Figura 2: Mapa de relevo (direita), com os principais compartimentos.	23
Figura 3: Exemplos de sítios situados em dois tipos diferentes de domínios geológico-.	24
Figura 4: Representação, no verão (A) e no inverno (B), do Sistema de Monções do Atlântico..	26
Figura 5: Comparação entre os indicadores de precipitação para o testemunho GeoB 16206. ..	28
Figura 6: Localização dos sítios arqueológicos estudados, em relação ao PNSC.	29
Figura 7: sítio do Justino VI: à esquerda, vista do entorno do sítio, no decorrer da escavação..	30
Figura 8: Sítio do Justino VI, croqui esquemático da malha de escavação do setor 1.....	31
Figura 9: Sítio do Justino Aquino VI, fogueira 1, setor 1 (Guidon <i>et al.</i> , 2015).	31
Figura 10: Sítio do Justino Aquino VI, fogueira 2, setor 2 (Guidon <i>et al.</i> , 2015)	32
Figura 11: Coluna estratigráfica do sítio do Justino VI, quadrícula 10A com a identificação ...	33
Figura 12: Fragmentos de parede pintada encontrados na escavação do Sítio do Justino VI.....	34
Figura 13: Croqui elaborado em campo que mostra, na parte superior	35
Figura 14: Sítio do Meio: à esquerda - vista oblíqua da parede mais interna e extensa.	36
Figura 15: Colar de contas encontrado <i>in situ</i> , durante decapagem,.....	39
Figura 16: Vista parcial do Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues (arquivo Fumdhm).....	40
Figura 17: Pinturas do Sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues.	41
Figura 18: Sítio do Perna I: (fotos em ângulos opostos) à esquerda, no momento da	41
Figura 19: Sítio da Toca do Baixão do Perna I: testemunho da escavação, com parede.....	42
Figura 20: Extrato de pinturas do Sítio Perna I (arquivo Fumdhm).	43
Figura 21: Representação, na forma de seção colunar, do corte estratigráfico	45
Figura 22: Seção 1 do sítio Toca do Gongo III, mais afastada do paredão.....	46
Figura 23: Coleta de amostras da seção 2 do Sítio do Gongo III.....	48
Figura 24: Sítio do Meio - seção 1, orientação NW-SE.....	50
Figura 25: Trincheira descrita na Toca Caldeirão dos Rodrigues.	51
Figura 26: Coluna estratigráfica das camadas encontradas no Toca dos Caldeirão.	52
Figura 27: Coluna estratigráfica do Sítio do Perna I	54
Figura 28: : Exemplo de curva de decaimento LOE para a dose natural e 2400 s.....	55
Figura 29: Representação gráfica dos dados granulométricos referentes às dez camadas.....	57
Figura 30: Representação gráfica dos dados granulométricos referentes às três fácies.....	58
Figura 31: Representação gráfica dos dados granulométricos das cinco fácies amostradas	59
Figura 32: Representação gráfica dos dados granulométricos das quatro fácies	60
Figura 33: Representação gráfica dos dados granulométricos das cinco fácies.	61
Figura 34: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A do sítio Toca do Gongo III..	65

Figura 35: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B do sítio Toca do Gongo III.	66
Figura 36: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies C do sítio Toca do Gongo III.	67
Figura 37: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A do sítio do Meio.....	68
Figura 38: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B do sítio do Meio.....	69
Figura 39: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies D do sítio do Meio.....	70
Figura 40: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies E do sítio do Meio	71
Figura 41: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A.....	72
Figura 42: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B	72
Figura 43: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A.....	73
Figura 44: Fotomicrografias a polarizadores paralelos (a, b) e cruzados (c, d) da fácies B.....	74
Figura 45: Modelo digital de terreno (SRTM 1984) com a localização dos 68 sítios	89
Figura 46: Comparação entre a) indicador de precipitação para a região.....	92

Índice de tabelas

Tabela 1: Relação dos cinco sítios arqueológicos estudados	10
Tabela 2: Descrição do protocolo SAR utilizado para a determinação das doses	13
Tabela 3: Teorias de ocupação das Américas, fundamentadas em diferentes fontes de dados	18
Tabela 4: Descobertas mais impactantes da pré-história do Brasil	19
Tabela 5: Descrição resumida de intervenções arqueológicas no sítio do Meio	38
Tabela 6: Síntese de descrição e interpretação de fácies	44
Tabela 7: Síntese de descrição e interpretação de fácies	47
Tabela 8: Síntese de descrição e interpretação de fácies	49
Tabela 9: Síntese de descrição e interpretação de fácies	52
Tabela 10: Síntese de descrição e interpretação de fácies	54
Tabela 11: Datações dos depósitos sedimentares dos sítios arqueológicos em estudo.	55
Tabela 12: Datações do Sítio do Justino VI (extraído de Mendes, 2016)	55
Tabela 13: Resumo da descrição petrográfica	63
Tabela 14: Associação dos vestígios encontrados com as datações de carvões por ¹⁴C	81

1. Introdução

1.1. Delimitação do problema

A região do Parque Nacional Serra da Capivara (PNSC), localizada no sudoeste do Estado do Piauí (Figura 1), apresenta vasto patrimônio arqueológico e paleontológico estudado desde o início da década de 1970 (Guidon, 1975; Maranca, 1975). Atualmente, este patrimônio é foco de pesquisa da Fumdhm (Fundação Museu do Homem Americano), criada em 1986 (Fumdhm, 2012), que atua no Plano de Manejo do parque.

No aspecto arqueológico, incluem-se 1223 sítios atualmente cadastrados na região do PNSC (Fumdhm, 2011), sobretudo abrigos sob rocha contendo pinturas e/ou gravuras rupestres. No âmbito paleontológico, destacam-se as centenas de achados de restos de animais da megafauna pleistocênica, como preguiças gigantes (*Eremotherium lundi* e *Catonyx cuvieri*), gliptodontes (e.g. *Hoplophorus euphractus* e *Glyptodon clavipes*), toxodontes (*Toxodon sp.*) e tigres-dente-de-sabre (*Smilodon populator*) (Guérin *et al.*, 1996; Guerin & Faure, 2014).

A riqueza arqueológica e paleontológica permite supor condições climáticas favoráveis e chega a ser surpreendente quando se considera o clima atual da região, onde os cursos de água permanecem secos boa parte do ano. As chuvas na área do PNSC, que se concentram entre os meses de outubro e abril, totalizam média inferior a 700 mm anuais, o que permite classificar a região como semiárida (Alvares *et al.*, 2014).

A serra que dá nome ao parque é uma cuesta¹ com mergulho suave para NW, sustentada por rochas sedimentares siluro-devonianas da Bacia do Parnaíba. A escarpa frontal da cuesta eleva-se diante de uma planície composta por coberturas sedimentares cenozoicas sobre rochas pré-cambrianas (principalmente gnaisses orto e paraderivados, granitos, granodioritos, filitos, xistos, quartzitos e mármore). Nessa planície cenozoica, afastados cerca de 5 a 60 km do pé da serra da Capivara, ocorrem milhares de lagos sazonais, com 100 a 500 m de eixo maior, secos em grande parte do ano (sobretudo de junho a novembro). Os preenchimentos sedimentares desses lagos, associados à bacia de drenagem do rio Piauí, contêm importantes registros de mudanças climáticas do Quaternário tardio, com indicações de fases antigas mais úmidas que a atual (Parenti *et al.*, 2003; Fiorini *et al.*, 2011; Fiorini, 2012; Mendes *et al.*, 2013;

¹ Cuesta é uma forma de relevo assimétrico, formada por flanco frontal, escarpado, e por flanco reverso, este último caracterizado por acompanhar de modo aproximado o caimento suave natural das camadas sedimentares ou metassedimentares.

Mendes, 2016). É neles que se concentra a maior parte dos vestígios de megafauna pleistocênica.

O acervo arqueológico do PNSC é um dos maiores do mundo, reconhecido pela Unesco em 1991 como Patrimônio Cultural da Humanidade. Além da imensa riqueza em pinturas e gravuras rupestres, a região também abriga alguns dos sítios arqueológicos mais antigos das Américas, ainda que existam polêmicas sobre sua idade exata; o sítio do Boqueirão da Pedra Furada merece destaque nesse aspecto: datações ^{14}C , feitas segundo Guidon & Delibrias (1986) em restos de fogueiras, indicam idade de 32 ka AP (milhares de anos antes do presente). De acordo com Neves & Piló (2008), este é o sítio arqueológico brasileiro que mais tem recebido atenção, sendo poucas as escavações no país realizadas com tamanho rigor metodológico e analítico. Para estes autores, o maior entrave para a aceitação do sítio como registro da presença humana na região nessa época reside na simplicidade dos instrumentos líticos, caracterizados por eles como “muito informais”, de produção rápida e expedita, com raros espécimes em que a forma natural do fragmento de rocha ou mineral foi modificada significativamente.

No que tange à indústria lítica, o sítio arqueológico da Toca da Tira Peia se destaca, de certo modo, como exceção à simplicidade identificada por Neves & Piló (2008); nesse local, foram encontrados artefatos complexos de inquestionável produção humana, em meio a sedimentos datados por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em cerca de 20 ka AP (Neves & Piló, 2008). Em paralelo a estes dados de indústria lítica, Parenti (1993) reconhece horizontes ocupacionais antigos, na região do PNSC, de até 50 ka AP (idade ^{14}C obtida a partir de carvões).

Além da relativa antiguidade dos registros arqueológicos nesta área, é notável também a grande frequência de ocorrência de sítios em diferentes períodos específicos de tempo, o que sugere que, por vezes, a região foi palco de ocupações prolongadas, sedentárias, e não apenas de passagem (Guidón, 2014). Dessa forma, o conhecimento arqueológico da região está ligado não somente à antiguidade do povoamento das Américas, mas à sua importância como polo recorrente de ocupação pré-histórica do território.

Figura 1: Limites do Parque Nacional Serra da Capivara, marcados pela linha verde (imagem obtida do software Google Earth).

No entanto, no que diz respeito à ocupação humana na região do PNSC, ainda permanecem pelo menos três questões em aberto: 1) publicações sobre as escavações dos sítios arqueológicos do parque, apesar de numerosas, contêm, em sua maioria, informações isoladas; tentativas de correlacionar sítios e de estabelecer quadros gerais e fases de ocupação da área do parque são poucas e relativamente recentes (*e.g.* Parenti, 1993, 2016; Rioda *et al.*, 2011; Pagli *et al.*, 2016; Parenti *et al.*, 2018); 2) a relação dessas diferentes fases de ocupação com as variações climáticas ocorridas ao longo do Quaternário tardio não foi ainda investigada extensamente, havendo somente informações pontuais em algumas publicações (Neves & Piló, 2008; Guidon, 2014); 3) a datação precisa dos momentos de ocupação depende do conhecimento do contexto sedimentar em que os materiais datados foram formados; no entanto, problemas de interpretação da estratigrafia dos sítios são recorrentes, fazendo-se necessária, em muitos deles, uma análise mais detida das fácies sedimentares. Isto é especialmente viável naqueles sítios em que as escavações arqueológicas feitas pela Fumdam permaneceram acessíveis até agora ou até recentemente, entre eles cinco abrigos sob rocha (descritos no item 1.3) por essa razão selecionados para detalhamento nesta tese.

1.2. Tema da tese: relevância e abordagem

Este trabalho de doutorado partiu de duas motivações iniciais, que levaram a suas duas propostas principais: a primeira motivação era a existência de alguns poucos sítios arqueológicos com seções sedimentares preservadas após a sua escavação e ainda expostas; isto levou à proposta de estudar parte deles para tentar resolver questões em aberto relacionadas à interpretação da estratigrafia, principalmente no que diz respeito aos processos sedimentares, naturais e antrópicos, formadores dos depósitos.

A segunda motivação era o recente avanço do conhecimento das variações climáticas na região, especialmente as de paleoprecipitação pluviométrica (Zhang *et al.*, 2015; Mendes, 2016; Mulitza *et al.*, 2018), o que permitiu suspeitar da existência de preferências ou barreiras de ocupação humana relacionadas ao clima, assunto merecedor de investigação. Neste sentido, surgiu a segunda proposta principal da tese: elaborar um quadro geral, atualizado, de ocupações para a região do PNSC, e relacioná-lo com a sucessão, também atualizada, de cenários paleoclimáticos. Esta é uma ideia relativamente pouco explorada, uma vez que, até o momento, a maioria das publicações existentes trata de sítios arqueológicos individualmente, exceto pelos estudos de arte rupestre, que têm comumente buscado relacionar entre si os sítios arqueológicos e as temáticas das pinturas para melhor compreensão do contexto geral da cultura dos povos antigos (Pessis, 2003). Entre os poucos trabalhos prévios que propõem avaliar a distribuição no tempo das ocupações, os de Parenti (1993) e Pagli *et al.* (2016) destacam-se por identificar diferentes fases de ocupação na área do PNSC, o primeiro a partir de dois sítios de longa e intensa ocupação e o segundo com base no espólio recolhido de dez sítios.

Face a estas motivações, e visando adicionar peças ao controverso quebra-cabeças que é o povoamento da América, almeja-se, nesta tese, integrar essas duas propostas: a obtenção de novos resultados sedimentológico-estratigráficos e cronológicos referentes a cinco sítios arqueológicos selecionados; e a comparação entre as diferentes fases ocupacionais e as mudanças climáticas já identificadas para a região; para esta segunda proposta, adotou-se como faixa de tempo os últimos 30 ka, que é o intervalo em que se concentram os dados paleoclimáticos mais seguros.

1. Meta

A meta de um trabalho pode ser entendida como seu objetivo maior e mais pretensioso; desta forma, a meta desta tese é avaliar a influência das variações climáticas na ocupação

humana na região da serra da Capivara e na sedimentação das áreas ocupadas, nos últimos 30 mil anos.

2. Objetivos

Para atingir a meta estabelecida no item anterior, foram propostos os seguintes objetivos:

- Estudar com detalhe a estratigrafia de cinco sítios selecionados e pinçar diferenças e pontos em comum entre eles.
- Avaliar a correlação entre os eventos de sedimentação e de ocupação que os cinco sítios registram, com as variações climáticas admitidas ao longo do período estudado.
- Triar e comparar todos os dados estratigráficos e cronológicos disponíveis no arquivo da Fumdhm, referentes não só aos cinco sítios escolhidos mas a todos os sítios estudados na região, de forma a inferir, estatisticamente, possíveis momentos distintos de ocupação.
- Comparar os resultados obtidos nos objetivos anteriores com os dados já existentes na literatura sobre mudanças climáticas para a Região Nordeste brasileira e com quadros de ocupações previamente propostos para a região.

4. Meios, materiais e métodos

4.1. Levantamento bibliográfico e seleção de sítios

O levantamento bibliográfico foi dividido em dois focos principais; o primeiro abarca os estudos arqueológicos da região em geral, com especial atenção às fases de ocupação e em particular dos cinco sítios escolhidos, enquanto o segundo abarca pesquisas relacionadas com o clima e sua evolução desde o Pleistoceno Tardio até os dias atuais.

O levantamento das pesquisas anteriores teve como base principal o banco de dados de escavações e publicações da Fumdhm - procurou-se levantar as características e avaliar criticamente as interpretações sobre cada sítio já escavado, com ênfase na qualidade dos registros, na espessura e idades dos depósitos, no significado das datações e nos problemas e lacunas de descrição e interpretação estratigráfica. Com base nos resultados deste levantamento, foi feita a escolha, dentre os sítios arqueológicos com escavações ainda acessíveis, dos cinco sítios destinados à amostragem de detalhe. Esta escolha visou aos sítios que podiam dar informações detalhadas sobre as ocupações humanas na região e levou em conta, sobretudo, a sua importância já reconhecida em termos de representatividade regional,

bem como a completude e qualidade do registro arquivado no banco de dados, com prioridade a sítios com datações mais antigas e/ou colunas estratigráficas mais espessas.

Todos os cadernos de escavação e artigos escritos sobre os cinco sítios arqueológicos escolhidos foram analisados e confrontados com os desenhos e fotografias liberados para acesso do banco de dados da Fumdam. Esta liberação, no entanto, foi parcial, por regras de ética da instituição, em vista de parte desses sítios ainda estar em estudo por pesquisadores daquela fundação.

4.2. Trabalho de campo

4.2.1. Logística

A saída de campo iniciou-se a 6 de agosto de 2014 e durou dez dias. Durante este período, além da campanha de campo propriamente dita, foram recolhidos junto a Fumdam todos os dados bibliográficos disponíveis de escavações (cadernos de campo, artigos publicados e registro gráfico²), bem como trocaram-se informações com arqueólogos responsáveis por elas, de forma a ampliar a visão sobre estes trabalhos e as hipóteses regentes de cada pesquisador.

As idas a campo, em simultâneo com esta recolha bibliográfica, visaram visitar os cinco sítios arqueológicos selecionados e os seus arredores. Avaliaram-se a estratigrafia, as formas de deposição e os possíveis problemas geoarqueológicos e estratigráficos relacionados aos sítios, de modo a escolher, dentro de cada um deles, os melhores locais para coleta de amostras sedimentares. Em todos os cinco sítios visitados, foi realizada, após a descrição de fácies, a amostragem para datação (LOE) e para caracterização granulométrica e petrográfica. A coleta de amostras foi feita com controle faciológico e pressupôs, portanto, a análise de fácies sedimentares, descrita a seguir.

4.2.2. Análise de fácies

A utilização do conceito de fácies em geologia sedimentar, introduzido por Gressly (1838), é ampla, e sua definição e uso variou muito ao longo do tempo e de autor para autor (ver por exemplo: Weller, 1958; Walker, 1983, 2006; e Anderton, 1985). O conceito de fácies

² Registro gráfico pode ser especificado, neste caso, como desenhos de escavações (normalmente as mais antigas dos arquivos da Fumdam) em papel milimetrado, em escala e com dados georeferenciados processados por uma estação total.

escolhido para este trabalho baseia-se nas propostas de Walker (1983, 2006), com as ressalvas de Anderton (1985), e com as considerações feitas para o contexto arqueológico por Giannini *et al.* (2005), Menezes (2009) e Villagrán *et al.* (2009). De acordo com esses autores, a fácies é uma unidade dentro de um depósito sedimentar, diferenciada por seus atributos descritivos, e qualquer representação dessa unidade é o chamado modelo de fácies. Os modelos possuem assim um conjunto de informações descritivas, que permitem a individualização da fácies, e um conjunto de aspectos interpretativos (“rótulo interpretativo”, nos termos de Anderton, 1985); a parte descritiva refere-se a propriedades de determinada unidade de rocha ou sedimento inconsolidado como granulação, trama, forma externa e estruturas; a interpretação diz respeito aos processos deposicionais inferidos para essa unidade.

É importante ter em mente que os limites da descrição, agrupamento e interpretação de fácies são dados pelo autor, como uma visão pessoal, e conforme as conveniências de seu estudo; não existe, portanto, um modelo de fácies onde seja possível a delimitação de todos os processos envolvidos e que possa ser utilizado de forma única para dado afloramento ou tipo de depósito. Isto não invalida o uso de modelos, mas apenas a ideia de modelo único ou modelo norma. Não existe, portanto, “o modelo de fácies”, mas sim infinitas possibilidades de modelos (Anderton, 1985; Menezes, 2009).

Este conceito de fácies não tem, segundo Menezes (2009), conotação quanto à contexto gerador do depósito, se com ou sem influência de processos antrópicos, nem restrição temporal, e pode, portanto, ser aplicado a ampla variedade de materiais depositados, inclusive em sítios arqueológicos. Nas palavras desta autora, “a vantagem da utilização do conceito de fácies é a adaptabilidade à finalidade e caráter do estudo geológico, ou seja, as fácies é que se moldam ao estudo em desenvolvimento e não o estudo que se molda a um modelo de fácies preestabelecido”.

No âmbito da arqueologia, a aplicação do conceito de fácies mais frequente é como indicador cultural, usando como paralelo a ideia, presente na definição pioneira de Gressly (1838), da camada geológica (litofácies) com dado atributo fossilífero (biofácies), passível de recorrência no registro estratigráfico. Assim, os arqueólogos usam fácies em locais em que a estratigrafia é classificada como um palimpsesto, ou seja, várias ocupações num mesmo local cortam e preenchem outras, formando um quebra-cabeças estratigráfico. Nesse contexto, são identificados indicadores culturais (como cerâmicas, artefatos líticos e outras matérias-primas transportadas e depositadas pelo homem) que delimitam várias fácies com significado quanto às características da ocupação.

O estudo das fácies neste trabalho é feito em dois ângulos ou escalas diferentes, à semelhança do desenvolvidos por Menezes (2009) e Villagrán *et al.* (2009) em fácies ou arqueofácies de sambaquis. Primeiramente, faz-se uma descrição direta, macroscópica, em campo; em seguida, refinamentos são feitos através de análises laboratoriais, incluindo granulometria e descrição microscópica, por exemplo análise petrográfica das seções delgadas. Na primeira etapa, a descrição das fácies é seguida da representação das sucessões sedimentares em seções colunares, acompanhada de croquis de plantas dos sítios para a visualização total da escavação e a representação da distribuição das seções no espaço. Na segunda etapa, entre outras finalidades, o estudo petrográfico permite distinguir o caráter sin³ ou pós-deposicional (eodiagenético⁴) da fração siltico-argilosa e, através disso, e de informações relativas a trama e textura do depósito, testar hipóteses de processos deposicionais, por exemplo, origem por fluxo trativo (cujos depósitos possuem pouca ou nenhuma argila sindeposicional) versus gravitacional de massa (geralmente mais ricos e argila deposicional).

4.2.3. Amostragem

Uma vez definidas as fácies e suas eventuais recorrências (camadas), foram coletadas amostras para datação LOE, petrografia e granulometria (por difração de laser).

A coleta de amostra para datação LOE foi feita nos sítios pobres em materiais datáveis por ¹⁴C e que contivessem sedimento quartzo-arenoso (todos, exceto o Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI, que terá seu nome abreviado neste trabalho como sítio Justino VI), conforme Tabela 1. Coletaram-se, nesses casos, duas a quatro amostras por sítio, por meio da cravagem de tubos cilíndricos metálicos com cerca de 7 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento. Testou-se também um modelo diferente de tubo, de mesmo comprimento, mas com seção retangular de apenas 2 cm de largura. Pretendia-se, com este modelo alternativo, uma coleta de maior precisão estratigráfica; mas sua penetração mostrou-se difícil e só foi possível sua utilização em camadas muito arenosas e pouco compactas. Para todas as amostras de datação por luminescência, foram recolhidas mais duas réplicas de sedimento destinadas a

³ Sindeposicional – refere-se ao que acontece ou se forma ao mesmo tempo que a sedimentação - contemporâneo.

⁴ Eodiagenético – refere-se ao que acontece ou se forma logo após a deposição, penecontemporaneamente e com soterramento, mas ainda nas mesmas condições ambientais da sedimentação e com a rocha não inteiramente formada (por exemplo: cimentação precoce, infiltração de argila de camada acima ou abaixo etc).

medida de radiação ambiental (espectrometria gama), necessária para o cálculo das idades LOE, e para a granulometria.

No que se refere às amostras indeformadas destinadas à confecção de secções delgadas para petrografia, o objetivo inicial era coletar uma amostra de formato aproximadamente cúbico a cada 5 cm das seções expostas; no entanto a retirada do sedimento era difícil quando feita em cubos de dimensão tão pequena, o que levava à sua fragmentação. Desta forma, foram retiradas amostras de tamanho maior (da ordem de 10 cm), consideradas representativas das fácies ou camadas descritas, sendo que para fácies ou camadas com maior variação textural e/ou composicional coletou-se mais de uma amostra (Tabela 1). A coleta destas amostras indeformadas foi limitada aos casos de depósitos semi-consolidados, ou seja, quando era possível retirar um “torrão” coeso de sedimento, totalizando-se assim 19 amostras em quatro sítios. As amostras foram, sempre que possível, coletadas com sua orientação anotada (topo e norte). Esse “torrão” foi esculpido no perfil exposto do afloramento, com ajuda de serra de mão e/ou espátula, de modo a produzir um bloco saliente de sedimento mais ou menos cúbico. Após a orientação *in situ*, com uso de bússola, este bloco era recortado, envolvido em plástico-bolha, com orientação e registro anotados, e acondicionado em recipiente de plástico policarbonato com tampa. A identificação dada a cada amostra continha o nome do sítio, a respectiva fácies ou camada, sua profundidade, orientação (ex.: Norte-Sul) e a identificação do topo e da base do bloco retirado. No mesmo local da retirada do sedimento para petrografia, foram também sempre recolhidas amostras para granulometria.

Tabela 1: Relação dos cinco sítios arqueológicos estudados, com as respectivas divisões em fácies e amostras coletadas listadas da base (A) para o topo (B, C etc).

Sítio arqueológico	Fácies	Tipo de amostragem (e profundidade)
Caldeirão dos Rodrigues	A	Tubo para LOE, amostra indeformada e sedimento (1,65m)
	B	Tubo para LOE, amostra indeformada e sedimento (1,20m)
	C	Tubo para LOE, amostra indeformada e sedimento (0,95m)
	D	Tubo para LOE, amostra indeformada e sedimento (0,25m)
Gongo III	A	Amostra indeformada (1,20m)
	B	Tubo para LOE e carvões para ¹⁴ C (0,89m)
		Sedimento do topo da fácies (0,70m)
		Amostra indeformada (0,70m)
	C	Sedimento e amostra indeformada da base (0,60m)
		Tubo para LOE e amostra indeformada (0,45m)
		Tubo para LOE (0,30m)
		Sedimento e amostra indeformada do topo (0,15m)
Sítio do Meio	A	Amostra indeformada (4,25m)
		Amostra indeformada e sedimento (3,50m)
		Sedimento (2,90m)
		Amostra indeformada e sedimento (2,80m)
		Tubo para LOE (2,26m)
	B	Amostra indeformada e sedimento (2,30m)
	C	Não foram coletadas amostras (fácies de ortocascalho)
	D	Amostra indeformada e tubo para LOE (1,95m)
		Amostra indeformada (1,85m)
		Amostra indeformada e sedimento (1,72m)
	E	Amostra indeformada (4,25m)
		Amostra indeformada e sedimento (3,50m)
		Sedimento (2,90m)
		Amostra indeformada e sedimento (2,80m)
		Sedimento (1,64m)
Sítio do Perna I	A	Duas amostras indeformadas (1,86m) – camada I
		Tubo para LOE (1,80m) – camada I
		Sedimento (1,46m) – camada II
		Sedimento (0,71m) – camada VI
	B	Sedimento (1,26m) – camada III
		Tubo para LOE (1,10m) – camada IV
		Duas amostras indeformadas (1,08m) – camada IV
		Sedimento (0,86m) – camada V
		Sedimento (0,43m) – camada VII
		Sedimento (0,08m) – camada IX
Sítio Justino VI	A	Sedimento (4,70m; 4,30m; 3,80m; 2,30m;)
	B	Sedimento (0,97-1,17m; 1,17-1,50m; 1,80m) datação ¹⁴ C (1,80m)
	C	Sedimento (0,86-0,95m; 0,63-0,83m; 0,45-0,51m; 0,33-0,41m; 0,15-0,25m; 0,05-0,10m)
		Folhas/matéria orgânica (0,51-0,61m; 0,41-0,45m; 0,25-0,33m; 0,10-0,15m; superfície)

4.3. Trabalho de laboratório

4.3.1. Análise granulométrica

Ao total, 59 amostras de sedimento (Tabela 1) foram submetidas a ensaio granulométrico através do aparelho *Malvern Mastersizer 2000*. Este equipamento calcula matematicamente o tamanho das partículas a partir da difração que elas provocam num feixe de raios laser, segundo a teoria de *Mie-Fraunhofer*. O modelo físico-matemático adotado considera partículas dispersas em movimento aleatório, das quais se infere, portanto, um eixo geométrico médio. O equipamento possui dois tipos de acessório (unidades, na nomenclatura do fabricante) de dispersão de amostra: o *Hydro*, para suspensão líquida de amostras contendo fração lutácea, e o *Scirocco*, para areia seca. Como a maioria das amostras analisadas apresentava teor considerável (acima de 5%) de silte e argila, foi empregado o acessório *Hydro*.

O *software* do granulômetro utilizado fornece, como produto gráfico, a curva de distribuição de frequências da amostra. Os resultados da análise granulométrica, agrupados em intervalos de 0,125 phi, foram ainda submetidos a tratamento estatístico básico, que forneceu os valores do diâmetro médio, do desvio padrão e da assimetria, calculados pela técnica analítica dos momentos de Pearson. Com estes gráficos e valores em mãos, foi possível comparar as diferentes fácies encontradas em cada sítio.

4.3.2 Datações

As datações absolutas foram feitas por LOE, num total de 12 amostras. Além dessas idades obtidas nesse trabalho, foram compiladas 299 idades ^{14}C do banco de dados da Fumdhm, referentes a todas as escavações realizadas entre 1973 e 2012. No processo de triagem destas idades a partir do banco de dados, foram consideradas somente as datações feitas em materiais relacionáveis a presença antrópica, como carvão de fogueira, ossos humanos e matéria orgânica associada a artefatos líticos de origem antrópica pouco discutível. Todas as idades obtidas por datação ^{14}C apresentadas nesse trabalho foram calibradas no programa *Calib* (Stuiver *et al.*, 2014), segundo a curva de calibração SHcal 13, que é a mais adequada para matéria orgânica continental do Hemisfério Sul.

O método LOE foi aplicado, segundo o protocolo SAR – *single aliquot regeneration* (Murray & Wintle, 2000, revisto em Wintle & Murray, 2006) – Tabela 2 - em grãos de quartzo provenientes de amostras arenosas. A separação e preparação dos grãos com esta finalidade foi realizada, sob luz vermelha, segundo as seguintes etapas: 1- peneiramento, para separação da

fração entre 180 e 250 e 150 μm ; 2- tratamento com H_2O_2 27%, para eliminação de matéria orgânica; 3- ataque com HCl 10%, para eliminação de carbonatos; 4- ataque com HF 38% por 40 minutos, para eliminação do feldspato e da porção externa dos grãos de quartzo afetadas pela radiação alfa; 5- novo tratamento com HCl , para eliminação de compostos residuais relacionados ao ataque de HF ; 6- separação de minerais pesados em solução de LMT (*lithium metatungstate*), preparada à densidade de 2,85 g/cm^3 ; 7- separação entre quartzo e feldspato remanescente, com uso de solução de LMT (*lithium metatungstate*) à densidade de 2,62 g/cm^3 .

O procedimento SAR é o mais aceito para a determinação da dose de radiação acumulada em grãos de quartzo. Consiste em comparar o sinal LOE natural com o sinal de doses conhecidas (D1 a D4), por interpolação simples. Doses teste (TD) são aplicadas após cada medida LOE, como forma de corrigir a mudança na sensibilidade da amostra. O teste de variação de sensibilidade (*recycling ratio test*) é realizado na dose D6, com dose igual a D1, e tem o objetivo de verificar a efetividade da correção da variação de sensibilidade da amostra. Um teste de presença de feldspato é realizado comparando os sinais LOE corrigidos resultantes entre o sinal da dose D1 e o sinal da dose quando há estimulação por luz infravermelha anterior à estimulação por luz azul (D7), para um mesmo valor de dose D1. As razões aceitáveis para os testes devem estar entre 0,9 e 1,1. Já o teste de recuperação (*recuperation test*) determina se há transferência de cargas de armadilhas profundas para as cargas sensíveis à LOE. Esse teste é realizado com a comparação entre o sinal da amostra zerada ($\text{D5}=0$) e da LOE natural, exigindo-se que o sinal da amostra zerada seja menor que 5% do sinal natural. Esse protocolo inteiro foi realizado no leitor Risø TL/OSL DA-20, instalado no Laboratório de Espectrometria Gama e Luminescência (Legal) do Instituto de Geociências, equipado com fonte de irradiação beta ($\text{Sr}^{90}/\text{Y}^{90}$) à taxa de dose de 0,077 Gy/s, fotomultiplicadora EMI 9635QB e filtro Hoya U-340 (290-370 nm).

Na medida da taxa de dose anual de radiação por espectrometria gama, foi utilizado um detector de germânio de alta pureza (HPGe), instalado no mesmo laboratório, com o seguinte procedimento: 1- pesagem e secagem, para medir o teor de umidade; 2- embalagem em recipientes plásticos e armazenamento por pelo menos três semanas, para que os radionuclídeos entrassem em equilíbrio; 3- medição da concentração de radionuclídeos por doze horas por amostra no detector; 4- conversão das concentrações de radionuclídeos em taxa de dose por meio de fatores de conversão propostos por Guérin *et al.* (2011). A contribuição da radiação cósmica na taxa anual foi calculada de acordo com Barbouti & Rastin (1983) e Prescott & Stephan (1982), usando-se informações sobre latitude, longitude, altitude e profundidade de

coleta, bem como sobre a densidade de cada amostra. O erro total da dose anual foi calculado de acordo com a lei gaussiana de propagação de erro.

Através da razão entre a dose equivalente e a taxa de dose, pode-se determinar há quanto tempo a amostra foi exposta à luz do sol pela última vez (idade de deposição da amostra), de acordo com a Equação 1.

$$\text{Idade (anos)} = D_e \text{ (Gy)} / \text{taxa de dose (Gy anos}^{-1}\text{)} \quad (\text{Equação 1})$$

Tabela 2: Descrição do protocolo SAR utilizado para a determinação das doses equivalentes das amostras analisadas (a percentagem do sinal D5 em relação ao sinal natural foi utilizado como medida de recuperação – *recuperation test*; a reciclagem - *recycling ratio* - foi medida pela razão entre os sinais das doses D1 e D6. A medida do D7 foi realizada após o estímulo com infravermelho a 50°C. A razão entre os sinais das doses D6 e D7 foi usada para avaliar a contaminação por feldspatos (Souza, 2015).

Passo	Procedimentos
1.	Dose D_i
2.	Pré-aquecimento a 200°C por 10s
3.	Estimulação com LEDs azuis a 125°C por 40s (L_i)
4.	Dose teste D_t
5.	Pré-aquecimento até 160°C
6.	Estimulação com LEDs azuis a 125°C por 40s (T_i)
7.	Iluminação com LEDs azuis a 280°C por 40s
8.	Repetição dos passos 1 a 7 para D_i , $i=0-7$, sendo D_0 = sinal natural; $D_1 < D_2 < D_3 < D_4$; $D_5=0$ Gy; $D_6=D_7=D_1$.

4.3.3. Confeção de seções delgadas

No laboratório, cada amostra orientada foi aberta cuidadosamente e submetida à retirada de uma subamostra (tijolo) em tamanho aproximado de 20 cm³, também orientada. Antes de serem encaminhadas à laminação para o corte e polimento, os tijolos passaram por processo de impregnação com resina colorida, cuja finalidade é ressaltar a porosidade original dos depósitos sedimentares e diferenciá-la dos poros artificialmente gerados no processo de corte e laminação. Este processo consistiu no gotejamento, numa câmara de vácuo, de uma mistura de resina epóxi, endurecedor, solvente (álcool etílico) e corante azul, nas proporções em massa 50:5:7:1, respectivamente, sobre o material disposto em copos de plástico descartáveis, de modo que a mistura lentamente permeasse toda a amostra, até encobri-la.

A partir de cada tijolo impregnado com resina colorida, confeccionaram-se no mínimo duas lâminas, uma em corte vertical e outra, horizontal. O estudo de dois a três cortes perpendiculares entre si foi adotado para facilitar a identificação e orientação de propriedades tridimensionais, como tramas deposicionais e de porosidade e modificação eodiagénica por bioturbação ou infiltração de argila.

Por este procedimento, confeccionaram-se seções delgadas de todos os sítios em estudo, exceto no Justino Aquino VI, cujos sedimentos eram menos consolidados. No total, foram feitas 44 seções na espessura padrão de 30 μm , com cobertura de lamínula, referentes às diferentes orientações de 19 amostras indeformadas listadas na Tabela 1. As 44 lâminas petrográficas estudadas compreendem assim fácies arenáceas e siltosas de quatro sítios arqueológicos: toca do Gongo III, duas amostras, de três fácies; Meio, nove amostras, de cinco fácies; Toca do Baixão do Perna I, cinco amostras, de duas fácies; e Toca do Caldeirão dos Rodrigues, três amostras, de duas fácies.

4.3.4. Análise petrográfica

As análises petrográficas foram utilizadas para caracterização de trama, textura e mineralogia dos depósitos sedimentares em seções delgadas. O procedimento da análise foi a descrição de componentes deposicionais da sedimentação (arcabouço e matriz), e de componentes diagenéticos (cimento e porosidade), com ênfase na interpretação de processos sedimentares tais como tipo de transporte, se trativo ou gravitacional, e origem dos finos, se sindeposicionais (matriz *sensu stricto*) ou eodiagenéticos (argila infiltrada). Foram avaliados também os processos sedimentares que poderiam em tese ter mudado a aparência final dos artefatos arqueológicos, através de transporte sedimentar, como por exemplo desgaste, quebra e mistura temporal. A finalidade deste estudo foi encontrar indícios de processos de formação dos sítios arqueológicos e definir melhor a história da estratigrafia do local, bem como identificar processos pós-deposicionais, como por exemplo a migração de sedimentos finos (silte e argila) entre as diferentes camadas dos depósitos onde se encontram os sítios. A migração de material argiloso bem como de matéria orgânica através do depósito sedimentar poderia afetar o significado das datações absolutas e, dessa forma, alterar a compreensão sobre o registro geoarqueológico.

A análise petrográfica também se mostrou útil na visualização dos dados de granulometria obtidos por difração de laser, ao permitir distinguir a forma de ocorrência e distribuição espacial das diferentes frações de tamanho de grão. Do mesmo modo, permitiu enxergar e, portanto, obter melhor compreensão sobre a natureza dos materiais datados e, conseqüentemente, o significado ou confiabilidade das datações. Nesse sentido, foram identificadas diferenças entre depósitos trativos *versus* gravitacionais, distinção essencial para

avaliação do significado das datações LOE⁵, e entre vestígios orgânicos clásticos *versus in situ*, distinção essencial para datação ¹⁴C.

Fotomicrografias digitais foram obtidas com uso de câmeras acopladas a microscópio óptico de luz polarizada, através do programa *LAS –Leyca Analysis System*. As fotomicrografias são apresentadas sempre na posição topo e base normal, exceto onde indicado na respectiva legenda.

5. Revisão bibliográfica

5.1. Ocupação das Américas

O povoamento das Américas tornou-se questão pontuada ou pesquisada tão logo se deu a chegada e instalação inicial dos europeus no “Novo Mundo”, portanto desde os séculos XV e XVI. Um dos primeiros pontos a merecer atenção foi a origem dos povos indígenas. Deixado de lado o aspecto dos dogmas da Igreja sobre esta questão, um dos focos mais importantes de interesse foi a semelhança física, percebida imediatamente, entre estes povos indígenas e as populações asiáticas. Em vista desta semelhança, e desde que os primeiros mapas-múndi, como o de Sebastian Münster, publicado em 1550 (Brown, 2018), se foram completando e mostrando a proximidade incontestável entre a Sibéria e o Alasca, já houve os que levantaram a hipótese da vinda dos povos pelo Norte (Neves & Piló, 2008).

No entanto, o grande debate científico sobre este tema levaria pelo menos três séculos para começar. Um dos pesquisadores que proporcionou um arranque na compreensão do tema foi Peter Wilhelm Lund, naturalista dinamarquês, em meados do século XIX.

Lund fez várias descobertas de ossos de megafauna na região de Lagoa Santa, Minas Gerais, e encontrou ossos humanos associados. Para a época, os possíveis significados deste achado foram algo controversos, ainda que estimulantes para mais pesquisas (Lopes, 2017). Para compreender melhor a reação do meio científico em que Lund vivia, é preciso contextualizar o pensamento que dominava a ciência naquele momento, ainda influenciada pelas ideias religiosas: as hipóteses sobre a origem e a diversidade da vida no planeta eram bem diferentes das de hoje; vivia-se grande influência da “teoria das revoluções” de Georges Cuvier (1769-1832), logo rebatizada pelo reverendo Buckland, paleontólogo inglês, de “teoria catastrofista”, - e Lund era discípulo de Cuvier e seu defensor! Na releitura “catastrofista”, feita

⁵ Os depósitos gravitacionais, por envolverem deposição episódica, têm chance menor de fotoesvaziamento dos grãos que os depósitos trativos.

por Buckland, da “teoria das revoluções” de Cuvier, a vida era criada por ordem divina, mas não uma única vez (como acontece na Bíblia), e sim em diversos eventos, entremeados por catástrofes que extinguiram todos os seres vivos.

Desta forma, tornava-se mais fácil explicar todos os fósseis de animais que não existem mais. Segundo o esquema de Cuvier a última catástrofe teria extinguido os “grandes mamíferos” (a megafauna) e só depois disso o homem teria aparecido.

Teríamos, após a descoberta de Lund em Lagoa Santa, um problema com esta teoria: seria impossível, segundo o paradigma então mais aceito, a coexistência entre o homem e a megafauna. Para resolvê-lo, Lund, propôs, pela primeira vez, a hipótese de o ser humano ser mais antigo que o admitido.

Com o advento do método de datação por ^{14}C , que foi desenvolvido e aplicado por Willard Libby em 1955, a antiguidade do homem, ou, por outro ângulo, a longevidade da megafauna, suspeitas por Lund, puderam pela primeira vez serem expressas em valores absolutos. Graças a este método, foi possível saber que a extinção da megafauna em Lagoa Santa datava, na verdade, do que hoje é considerado o fim do Pleistoceno (cerca de 11,5 mil anos), enquanto os primeiros vestígios humanos ali encontrados datavam dessa época ao início do Holoceno (entre 11,5 e 10 mil anos) (Neves & Piló, 2008). O primeiro sítio escavado profissionalmente no Brasil a gerar evidências desta ocupação antiga foi Lapa Vermelha IV, quando da missão franco-brasileira da primeira metade dos anos de 1970, coordenada por Annette Laming-Emperaire. Uma das maiores escavações já feitas no país, atingiu 14 m de profundidade e camadas de até 25 mil anos (com artefactos líticos, claramente lascados por humanos, de até 15 mil anos). Infelizmente, não foi alvo de uma publicação extensa; depois da morte súbita e inesperada de Annette, não houve entendimento entre os pesquisadores sobre quem poderia ou teria o direito de publicar as informações, e o que conhecemos mais a respeito desse sítio arqueológico são as publicações sobre Luzia, o esqueleto do mesmo abrigo datado de 11,5 mil anos AP (Neves & Piló, 2008).

No século XX, a questão do povoamento das Américas ganhou impulso e interdisciplinaridade, não só pelo uso do ^{14}C como importante ferramenta da datação absoluta, mas também por uma série de outros fatores: o surgimento, na arqueologia, de novos métodos e de técnicas mais refinadas de escavação; a evolução do estudo da origem e desenvolvimento das línguas; e as possibilidades de leitura do DNA e da comparação do DNA antigo com o recente. Este conjunto de progressos metodológicos suscitou obter informações valiosas para a criação do quadro de hipóteses hoje existente sobre este tema (Tabela 3).

Todavia, apesar de todo o avanço em teorias de povoamento, algumas questões já identificadas antes por Lund estão ainda por responder. As perguntas com mais destaque, pelo grau de polêmica que envolvem, são: quando o homem entrou nas Américas?; quantas ondas de ocupação e dispersão ocorreram?; se foram várias, qual a idade da onda ocupacional mais antiga?

A datação posterior de uma descoberta feita por Ridgley Whiteman em 1929, em Blackwater, perto da cidade de Clovis, Novo México, trouxe a idade de cerca de 11500 anos para os primeiros povos das. Foi reconhecida uma cultura humana de, principalmente, caçadores de animais de grande porte, como mamutes, bisões e cavalos pré-históricos, com indústria lítica distinta, constituída por pontas de lança talhadas e encabadas de forma detalhada, voltadas a caça especializada.

Após esta descoberta, e ainda mais depois de sua datação, passou a dominar o pressuposto de que todos os outros povos da América do Sul descenderiam do grupo humano Clovis, e que teriam vindo da Ásia pelo estreito de Bering (Lopes, 2017). Apesar disso, não demoraram a surgir pensamentos dissonantes e controvérsias sobre o papel da cultura de Clovis nos povoamentos da América do Sul. Entre os pontos controversos, deve-se lembrar que as ferramentas usadas pela cultura de Clovis eram especializadas em caça de grande porte, enquanto, em contraposição, a maioria dos grupos humanos encontrados no Brasil possui ferramentas mais compatíveis com caça de presas de porte médio a reduzido, como pequenos mamíferos e peixes, havendo evidências de que eles complementariam a sua alimentação com frutas e raízes, no que se pode chamar de uma economia de esforço – usar o que a natureza oferece (Neves & Piló, 2008).

A partir desta controvérsia, acaba por se configurar o conflito entre “clovistas” e “pré-clovistas”. Os “clovistas” defendem que a cultura de Clovis tenha obrigatoriamente que ter passado pelo Estreito de Bering e dado origem a todas as outras culturas e grupos humanos da América do Sul; por sua vez, os “pré-clovistas” não ignoram a existência da cultura Clovis, mas propõem que possa ter existido outra, ou outras, antes dela, além de rotas diferentes de ocupação (Neves & Piló, 2008).

Tabela 3: Teorias de ocupação das Américas, fundamentadas em diferentes fontes de dados, e respectivas idades admitidas. Baseado em Thames & Hudson (2000), Neves & Piló (2008) e Bernardo & Neves (2014).

Fonte de dados	Hipótese	Possível data de chegada à América do Sul	Questionamentos e pontos polêmicos
Linguística	Greenberg (1987) defende que todas as línguas nativas americanas derivam de três grandes famílias, Ameríndia, Na-Dene e Aleuta-Esquimó, e sugere três ondas de migração	Ameríndia: > 11 ka AC (> 12,95 ka AP) Na-Dene: 9 e 5 ka AC (10,95 e 6,95 ka AP) Aleuta-Esquimó: 4 ka AC (5,95 ka AP)	Nichols (1992) defende que a migração mais antiga dataria de 35000 a.C. (36950 AP), mas a datação é muito questionada, principalmente por Nettle (1999)
Genética	Cromossomo-Y: A maioria dos geneticistas defende uma só migração, que teve como ponto de partida o sul da Sibéria DNA (mitocondrial): Torroni <i>et al.</i> (1992, 1994) e Wallace e Torroni (2009) identificam duas migrações, associáveis a famílias linguísticas. Estudos mais recentes (<i>eg</i> Llamas <i>et al.</i> 2016), baseados em DNAm antigo (esqueletos de 8.6 a 0.5 ka), não resolvem as indefinições sobre idade e rota da ocupação da América do Sul, mas confirmam a presença de humanos em 14.6 ka no sul do Chile (pressupondo uma rota litorânea por volta de 16ka)	Cromossomo-Y: migração entre 10 e 13 ka AP DNA (mitocondrial): Ameríndios – 42 ka e 21 ka AC Na-Dene – 16 ka e 5 ka AC	Muitos geneticistas defendem que os dados são imprecisos, porque existem apenas 5% da população indígena original viva nas Américas – muitas linhagens de DNA podem ter sido perdidas.
Anatomia dental	De acordo com Turner e Scott (2000), identificam-se duas tipologias de dentes – sundadonte e sinodonte, e, apesar de todas as populações nativas americanas partilharem o padrão sinodonte, podem-se sugerir três migrações distintas, que coincidem com as identificadas pela linguística	Primeira migração: teria dado origem a todos os índios da América Central, do Sul e maioria dos povos norte-americanos Segunda migração: teria dado origem aos povos de família linguística Na-Dene (Costa Pacífica dos EUA e Canadá) Terceira migração: teria dado origem aos povos de ambientes circumpolares, família linguística Aleuta-Esquimó	Recentemente, outros estudos dentais mostram que existem populações pré-históricas tardias da América do Sul que têm morfologia similar à Sundadontia – como os Maias – Chile, o que faz pensar que ainda muitas teorias estão por surgir
Anatomia craniana	Neves e Pucciarelli (1989, 1990, 1991) trouxeram o “modelo dos dois componentes biológicos principais” ou mais tarde rebatizado de “modelo dual”, que admite duas migrações, uma primeira pelo interior ou litoral da Beríngia, com crânios semelhantes ao africano - australiano, e a segunda, pelo interior da Beríngia, com aparência craniana mongoloide	Primeira migração: por volta de 14 ka AP Segunda migração: por volta de 11 ka AP	Hipótese em desenvolvimento e com amostragem por enquanto numericamente reduzida para o tamanho do território: limitada ao número de crânios em bom estado para o estudo

Todavia, as descobertas arqueológicas feitas na América do Sul com datações anteriores à cultura de Clovis costumam ter dificuldades em ser aceitas (Tabela 4), principalmente porque a comunidade acadêmica norte-americana, cuja produção científica acontece em maior número e detém grande credibilidade, defende majoritariamente o paradigma clovista, enquanto que a sul-americana se difunde com publicações locais de baixo impacto (Neves & Piló, 2008), fato que vem mudando aos poucos.

Tabela 4: Descobertas mais impactantes da pré-história do Brasil, com as idades dos sítios e suas respectivas dúvidas ou ressalvas.

Sítio arqueológico	Data da descoberta ou intervenção	Idade absoluta	Contexto do material datado e tipo de datação	Ressalvas ou questionamentos
Lagoa Santa (Serra do Cipó), também conhecido como Abrigo Santana do Riacho (MG)	1970	11,9 ka AP	Camada formada por carvões, cinzas, corantes (possivelmente obtidos de hematita) e instrumentos líticos	Possível migração dos instrumentos líticos de uma camada superior; cinzas e carvões pleistocênicos poderiam ter sido arrastados pelo vento para dentro do abrigo
Lapa Vermelha (MG)	1970-1975	11,9 ka AP	A datação é do esqueleto conhecido como Luzia, mas existe uma camada datada de 15 ka AP com instrumentos líticos escassos mas detalhadamente lascados; as 11 datações do Sítio por ^{14}C apresentam cronologia lógica	A estratigrafia complexa da fenda de caverna calcária permite apontar possibilidades de deslocamento de materiais líticos
Boqueirão da Pedra Furada (PI)	1978-1988 1993	32 ka AP 100 ka AP	Datações de carvões (^{14}C) e seixos (TL) de fogueiras	Fogueiras têm poucos carvões, que podem ser naturais, e Instrumentos líticos são muito simples
Lapa do Boquete (MG)	1990	12 ka AP	Camada datada, por ^{14}C , na base do preenchimento sedimentar, onde foram encontrados instrumentos finamente retocados	Camada só teve uma única datação
Abrigo de Santa Elina (MT)	1984	25 ka AP	Nos níveis datados (U/Th, concordante com LOE), encontrou-se o esqueleto de um preguiça-gigante, associado a instrumentos líticos e a dois pingentes de osso	Os instrumentos são muito simples, o que permite aventar a hipótese de serem apenas fragmentos líticos naturais

A Tabela 4 apresenta um resumo das descobertas arqueológicas pré-Clovis mais impactantes feitas no Brasil. Além destas, também em vários lugares da América do Sul e do

Norte sítios pré-Clovis estão a ser aceitos. Um exemplo muito marcante da América do Sul é o sítio de Monte Verde, no Chile, descoberto em 1977, em que foi interpretada uma comunidade com economia organizada de mais ou menos 30 indivíduos. Em meio ao registo arqueológico deste sítio, foram encontrados restos ósseos de animais consumidos, incluindo espécies extintas; e uma pegada humana sobre lama atribuída a sedimentos de pântano. A datação por ^{14}C de vestígios orgânicos (mais precisamente madeira) que existiam na mesma camada sedimentar da pegada, e de seu próprio preenchimento, indicou idade de 14,5 ka AP.

5.2. Ocupação humana da região

Da discussão do item anterior, conclui-se que a rota de entrada para a ocupação humana nas Américas ainda é tema polêmico e indefinido; neste contexto, é muito desafiador estabelecer os caminhos de difusão desses povos na América do Sul, supostamente vindos da América do Norte. Como teria sido essa difusão? Quantas ramificações existiram? Como chegaram à serra da Capivara? São todas questões que ainda carecem de resposta satisfatória.

A despeito de tantas dúvidas, há razoável consenso de que o primeiro povo a ocupar a serra da Capivara teria sido atraído não só pela diversidade de fauna e flora e pelos cursos de água disponíveis, mas por uma paisagem, marcada por vales, abrigos sob rocha e boqueirões, que teria proporcionado o refúgio necessário (Guidon, 2014). Com base no conjunto de datações disponíveis com idades mais antigas (Guidon & Arnaud, 1991; Valladas *et al.* 2003), Santos *et al.* (2003) e Guidon (2008) avaliam que a primeira ocupação poderia ter ocorrido por volta de 60 a 58 ka AP. As datações de Guidon & Arnaud (1991) foram feitas em fogueiras em meio a sedimentos dos sítio do Meio e do Boqueirão da Pedra Furada, fornecendo idades ^{14}C de até 48ka AP; já as de Valladas *et al.* (2003) foram obtidas por termoluminescência (TL) em seixos de quartzo pertencentes a fogueiras do Sítio do Boqueirão da Pedra Furada, com resultados variando de 30 a 100ka AP.

Julga-se que o grupo humano que ali inicialmente se estabeleceu dividiu-se, com o passar do tempo, o que permitiu a individualização cultural de várias comunidades, fruto da adaptação a cada local (Guidon, 2014). A sua alimentação seria baseada em frutos, raízes, plantas e caça de pequeno porte, como, por exemplo, roedores.

Destaca-se o período de ocupação de 12,0 ka AP a 3,5 ka AP, denominado de Tradição Nordeste, para o qual se interpreta um cenário influenciado por muitas mudanças climáticas, o que teria levado ao aperfeiçoamento lítico e à arte pictórica mais diversa tematicamente que a do período anterior (Pessis & Guidon, 2009). Contudo, embora sejam evidentes as mudanças culturais desta fase, a alimentação destes povos teria continuado igual ao longo do período, à

base de raízes, frutos, folhas e caça, esta última assada, conforme demonstrado por vestígios nas fogueiras datadas dessa época.

A ocupação do espaço mantém as mesmas escolhas desde o Pleistoceno: aldeamentos de pequeno porte; habitats perto de cursos de água; e utilização dos abrigos de rocha de modo contínuo, através de acampamentos regulares (Guidon, 2014).

A partir de 3,6 ka AP, surgem os primeiros indícios de agricultura e, com eles, mudanças culturais nítidas (Guidon, 2014): aparecem habitações de formato elíptico e as aldeias são de formato circular, com referência a um espaço central; na indústria lítica, encontra-se continuidade das técnicas anteriores, do Pleistoceno; no entanto, surgem novas ferramentas para atender a demandas nascidas das recentes mudanças culturais: machados e discos perfurados polidos, mãos de pilão e tembetás de jadeíta (Lourdeau & Pagli, 2014); e, entre os recursos alimentares, além dos mesmos de antes, nota-se o acréscimo de cabaça, milho, feijão e amendoim.

Todavia, além destas mudanças nítidas, tem-se outra, de especial destaque: o tratamento aos mortos passa a ser em sepultamentos primários⁶ e secundários⁷. Os sepultamentos primários eram feitos, normalmente, em covas na terra, em decúbito dorsal, lateral ou fletido; e os secundários, em urnas funerárias de cerâmica, onde, muitas vezes, os ossos eram organizados em conjunto na parte inferior, e sobre eles colocado o crânio, coberto por uma cabaça ou vasilhame cerâmico (Guidon *et al.*, 1998).

Estes últimos grupos humanos, identificados a partir de 3,5 ka AP, permaneceram até a chegada dos colonizadores portugueses a esta região, por volta de 1830, colonização essa que levou ao extermínio quase total dos indígenas.

⁶ O sepultamento primário é o primeiro ritual funerário, quando o corpo é normalmente acondicionado ou depositado em covas, sendo para isso escolhida uma posição (fetal, por exemplo) e orientação (segundo os pontos cardeais ou, em alguns casos, em relação a um local de referência como a aldeia, por exemplo).

⁷ O soterramento secundário consiste no segundo ritual, algum tempo após soterramento primário; os ossos são retirados da cova e acondicionados em novo espaço, urna cerâmica por exemplo, como acontece neste caso em concreto. Nesta forma de sepultamento, o corpo normalmente perde a posição e orientação definidas, embora haja exceções em que os ossos são colocados segundo organização reconhecível.

5.3. Geologia e geomorfologia

A área de estudo situa-se no limite das províncias estruturais São Francisco, Borborema e Parnaíba, representadas respectivamente: pelo complexo mesoarqueano Sobradinho-Remanso e unidades neoarqueanas Minadorzinho e Macambira; pela faixa brasileira Riacho do Pontal e granitoides paleoproterozoicos do Complexo Ceará; e pela Bacia do Parnaíba, uma sinéclise intracratônica paleozoica.

Estas províncias estruturais condicionam a compartimentação da geomorfologia da área em dois domínios principais: o das serras e chapadas areníticas e o da depressão periférica do São Francisco (Pellerin, 1984).

O primeiro destes domínios é representado pela serra da Capivara, uma *cuesta* com mergulho suave para NW, sustentada por rochas sedimentares siluro-devonianas da Bacia do Parnaíba. No limite deste domínio com a depressão periférica, os rebordos erosivos de frente de *cuesta* e *cornijas* constituem vertentes abruptas, em cujo sopé se encontram colúvios e leques aluviais (Pellerin, 1984).

O segundo domínio representa um vasto pediplano, constituído por coberturas detrítico-lateríticas, interrompidas por exposições de rocha nua e *inselbergs* (Figura 2) de rochas cristalinas pré-cambrianas do Complexo Sobradinho-Remanso e da Faixa Riacho do Pontal. Sobre este pediplano, de maneira pontual, ocorrem os lagos temporários referidos no item 1.1, parte deles com restos de megafauna (Fiorini, 2012; Mendes, 2016).

O complexo arqueano Sobradinho-Remanso compreende gnaisses, aflorantes na borda sudoeste da bacia de drenagem do rio Piauí, junto a granitos e granodioritos do complexo Ceará. A Faixa Riacho do Pontal está representada por xistos, filitos, metacalcários e quartzitos neoproterozoicos da Formação Barra Bonita (Grupo Casa Nova) e intrusões graníticas neoproterozoicas da Suíte Intrusiva Serra da Aldeia. Na porção sudoeste da bacia hidrográfica do rio Piauí, ocorrem as unidades neoarqueanas Minadorzinho e Macambira, sendo a primeira composta por micaxistos e a segunda por metamafitos, metaultramafitos, metacherts, formações ferríferas, xistos e quartzitos (CPRM 2006).

Nas rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Parnaíba que sustentam o planalto em *cuesta*, as principais unidades aflorantes são: 1) arenitos grossos e conglomerados eossilurianos da Formação Ipu (Grupo Serra Grande), atribuídos a sistema fluvial entrelaçado com influência periglacial (Caputo & Lima, 1984 *apud* Góes & Feijó, 1994); 2) folhelho cinza escuro com intercalações de siltito e arenito muito micáceo, relacionados a mar raso (Góes & Feijó, 1994), da Formação Tianguá (Grupo Serra Grande), mesossiluriana; 3) arenito médio a

grosso e eventuais pelitos da Formação Jaicós, atribuídos a sistemas fluviais entrelaçados do Neossiluriano (Góes & Feijó, 1994); 4) folhelho cinza escuro e camadas alternadas de arenitos e siltitos da Formação Pimenteiras (Grupo Canindé), registrando ambiente marinho nerítico de plataforma dominada por tempestades (Della Fávera, 1990 *apud* Góes & Feijó, 1994), com idade mesodevoniana; e 5) arenito com intercalações delgadas de siltitos e folhelhos devonianos da Formação Cabeças (Grupo Canindé), atribuídos a ambiente marinho plataformar sob ação de correntes de maré (Della Fávera 1982 *apud* Góes & Feijó 1994) ou oceânicas, com influência periglacial representada por diamictitos (Caputo & Lima, 1984 *apud* Góes & Feijó, 1994).

Figura 2: Mapa de relevo (direita), com os principais compartimentos geomorfológicos descritos e mapa geológico (esquerda). Notar controle exercido pelas unidades geológicas sobre o relevo. A linha vermelha contínua delimita a bacia de drenagem do rio Piauí.

São encontrados dois tipos de abrigos relacionados aos dois diferentes domínios geológico-geomorfológicos principais: na região da Bacia do Parnaíba, no domínio da cuesta, têm-se abrigos estreitos que acompanham paredões de rocha sedimentar; já na região da Faixa Riacho do Pontal, no domínio da depressão periférica (Figura 2), os abrigos aparecem como cavernas em afloramentos de rochas metacalcárias (chamados “serrotes calcários”).

Todos os sítios arqueológicos estudados neste trabalho estão no contexto da Bacia sedimentar cratônica do Parnaíba, e portanto, se apresentam como abrigos em paredão de arenito (Figura 3A), sendo quatro deles da Formação Ipu e um (Sítio do Gongo) na Formação

Cabeças. Destaca-se, nestes paredões, a abundância de seixos de quartzo e quartzito, às vezes utilizados para a criação de detalhes e miniaturas nas pinturas rupestres.

Os “serrotes calcários” abrigam importantes registros não somente da presença humana na região, mas também da megafauna, com destaque para o sítio da Toca da Janela da Barra do Antônio, com centenas de artefatos líticos e vestígios fósseis de dezenas de diferentes *taxa* (Guerin *et al.*, 1999; Parenti *et al.*, 2002). Nessas formações geológicas compostas predominantemente por metacalcários e mármore, formam-se, por dissolução, grutas e pequenas cavernas, também localmente chamadas, a exemplo dos abrigos sob arenito, de tocas (Figura 3B). Tanto a deposição de sedimentos quanto a preservação dos depósitos são diferentes nesses dois contextos: nos “serrotes”, predominam sedimentos finos, com pouca areia (Lahaye *et al.*, 2013) e, portanto, menos permeáveis e menos sujeitos a percolação de água freática e vadosa, condição esta que permite melhor preservação de ossos, por exemplo; na depressão periférica, são mais abundantes também os vestígios de megafauna, o que, de acordo com Mendes (2016), está associado a armadilhas hidrodinâmicas a montante de soleiras de rocha cristalina.

Figura 3: Exemplos de sítios situados em dois tipos diferentes de domínios geológico-geomorfológicos. A: Sítio Justino Aquino VI, em domínio de cuesta, na região da serra da Capivara. B. Sítio Toca de Cima dos Pilão, em “serrote calcário” do domínio de depressão periférica. Da esquerda para a direita, vista oblíqua de imagem de satélite sobreposta ao modelo digital de terreno (extraído de *Google Earth*®), fotografia do contexto geral do sítio em campo e fotografia da característica específica de cada abrigo. Na região da serra, os abrigos são formados por reentrâncias nos paredões de arenito, enquanto nos “serrotes” são comuns cavernas formadas pela dissolução de rochas metamórficas de composição carbonática.

5.4. Clima e paleoclima

Segundo uma atualização recente dos trabalhos clássicos de classificação climática de Koppen (Alvares *et al.*, 2014), o clima da região do PNSC enquadra-se no tipo BSh (onde **B** significa seco, **S** - semiárido, e **h** - de baixa latitude e altitude), com temperatura média anual de 26°C, máxima de 47°C e mínima de 10°C (baseadas em séries históricas desde 1950).

A existência do clima semiárido no Brasil está ligada aos principais mecanismos de circulação de massas de ar e umidade controladores do clima em boa parte da América do Sul. O elemento climático maior envolvido é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o mecanismo fundamental é o Sistema de Monções do Atlântico Sul (SMAS). A ZCIT é a zona de alta temperatura e, portanto, de baixa pressão, existente em torno da faixa equatorial. A baixa pressão faz com que essa zona atraia os ventos vindos de zonas de pressão mais elevada, situadas nas latitudes dos trópicos. Em vista da rotação da Terra de oeste para leste, e do efeito Coriolis a ela associado, estes ventos vêm de SE, a sul da ZCIT, e de NE, a norte. São os chamados ventos alísios, que convergem na ZCIT, trazendo umidade dos oceanos para o continente. Desse modo, a ZCIT configura-se como uma banda de calor, umidade e nebulosidade, com alta precipitação.

A ZCIT oscila de faixa latitudinal sazonalmente. No inverno austral, com o aumento de calor no hemisfério norte, ela desloca-se alguns graus para norte. No verão austral, desloca-se para sul. Neste deslocamento para sul, parte da intensa umidade da ZCIT sobre a Amazônia encontra-se com a barreira geográfica da cordilheira dos Andes e nela se deflete para SE, originando a ZCAS (Figura 4). A ZCAS é, portanto, uma massa de umidade e nebulosidade de orientação aproximada NW-SE, que se forma, sobretudo no verão, pelo desvio para SE da massa de ar úmido vinda da ZCIT que colide nos Andes. Ela é responsável pela elevada umidade do Sudeste brasileiro e por maior parte da precipitação que atinge o continente sul-americano, com predominância de chuvas no verão austral (Cruz *et al.*, 2009). A região do semiárido nordestino brasileiro, que inclui o sudoeste do Piauí, situa-se fora das zonas de influência das duas faixas de nebulosidade, a ZCIT e a ZCAS, o que ajuda a explicar seus baixos índices de precipitação e também a antifase, em termos de umidade, com o clima da Amazônia e do Sudeste do Brasil.

Sendo a ZCIT impulsionada pelos ventos alísios, vindos do mar, sua posição é determinada pelo balanço de temperatura entre o Atlântico Norte e Sul, que por sua vez é mediado pela intensidade da Corrente do Atlântico Norte, responsável por transportar calor dos trópicos para o polo Norte (McManus *et al.*, 1994). Portanto, não é somente o esfriamento do

Atlântico Norte no inverno boreal que faz a ZCIT migrar para sul, com intensificação do SMAS e das chuvas de verão (austral) (Figura 4), mas outros fatores, em escala de tempo mais longa, capazes de afetar a circulação oceânica inter-hemisférios. Quando esta circulação é rompida, por razões ainda não bem desvendadas, o oceano no hemisfério norte resfria-se anormalmente, a ZCIT é empurrada para sul e grande parte do continente no hemisfério sul, inclusive o Nordeste brasileiro, responde com aumento de precipitação. É o que aconteceu nos chamados *Heinrich Stadial Events* – HS (Heirinch, 1988) e *Younger Dryas* – YD (Carlson, 2013), no Pleistoceno. No Holoceno, os *Bond Events* – BS (Bond *et al.*, 1997), ainda que por mecanismos não exatamente iguais, podem ter tido efeitos climáticos similares.

Figura 4: Representação, no verão (A) e no inverno (B), do Sistema de Monções do Atlântico Sul (SMAS), formado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Durante o verão austral (a), a ZCIT desloca-se para sul, desvia-se para sudeste devido ao obstáculo exercido pelos Andes, com formação da ZCAS, e promove aumento das chuvas na maior parte do continente. Adaptado de Garreaud (2009) por Mendes (2016).

Portanto, em tese, na escala milenar, eventos de esfriamento do hemisfério norte como HS, YD e BS seriam acompanhados de aumento de precipitação no hemisfério sul. De fato, são reconhecidos momentos de precipitação elevada na Região Nordeste associados ao resfriamento do hemisfério norte, principalmente durante os eventos HS e YD (Arz *et al.*, 1988, 1999; Nace *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2015; Mendes, 2016; Mulitza *et al.*, 2018).

Estudos multi-indicadores realizados na região do PNSC e no médio e baixo rio Parnaíba mostram expressiva remodelagem do relevo associadas às mudanças na precipitação ao longo dos últimos 30 mil anos (Mendes, 2016). Com o aumento da precipitação durante os eventos milenares, as drenagens seriam reativadas dando origem a rios mais permanentes. Com a subsequente redução na precipitação, os rios dão lugar a lagos efêmeros formados em depressões de seus leitos. Devido ao atual clima semiárido, esses lagos são, ainda hoje, importantes fontes de água tanto para a população local quanto para a fauna; além disso, como já comentado (item 1.1), encontra-se no registro sedimentar de alguns deles, em camadas correlatas às fases de maior umidade e de regime fluvial, grande quantidade de fósseis (megafauna) e, mais raramente, vestígios antrópicos (ferramentas líticas).

Além da obtenção de dados para a região do PNSC, o estudo multi-indicadores de Mendes (2016) desenvolveu um novo indicador de precipitação, baseado em luminescência (TL110, na Figura 5), aplicado em um testemunho marinho coletado adjacente à foz do rio Parnaíba. Este testemunho é o mesmo que já fora estudado por Zhang *et al.* (2015) quanto ao teor Ti/Ca, suposto indicador de aporte terrígeno e, por extensão de precipitação no continente (Figura 5). Os dados do indicador TL110 e de relação Ti/Ca foram comparadas por Mendes (2016) com dados produzidos pela simulação do modelo climático TraCE-21ka para o Nordeste durante os últimos 22 mil anos (Liu *et al.*, 2009). Todos indicam aumento na precipitação durante os eventos de esfriamento do hemisfério norte (HS2, HS1 e YD), seguido por tendência de queda desde o YD até o Holoceno médio. O Holoceno tardio é marcado nesses dados por um patamar de baixa precipitação, como também já fora indicado por Arz *et al.* (1998, 1999), com base em relação Ti/Ca de sedimentos da margem continental do Ceará (Figura 5). A interpretação de baixa precipitação no Holoceno tardio do Nordeste é reforçada ainda por dados palinológicos de dunas fósseis do médio rio São Francisco (de Oliveira *et al.*, 1999) e em datações de feições cársticas (Auler, 1999; Auler e Smart, 2001), os quais permitem interpretar que os padrões climáticos de semiaridez e vegetação de caatinga atuais foram iniciados na região por volta de 6 ka AP.

Figura 5: Comparação entre os indicadores de precipitação para o testemunho GeoB 16206, situado na margem continental junto à foz do rio Parnaíba, e a precipitação extraída do modelo climático TraCE-21ka (Liu *et al.*, 2009) para a porção semiárida da Região Nordeste. A curva obtida para a TL 110°C (preta inferior) é mais compatível com o modelo (linha vermelha) do que a curva obtida para Ti/Ca (preta superior, Zhang *et al.*, 2015). A taxa de sedimentação (linha azul) também aumenta durante momentos de precipitação elevada (Mendes, 2016).

6. Sítios escolhidos para detalhamento

Os cinco sítios arqueológicos escolhidos para análise de fácies e cronoestratigrafia de detalhe, conforme critérios estabelecidos no item 4.1, são: Sítio do Meio, Toca do Caldeirão dos Rodrigues e Sítio do Perna I, situados na flanco frontal sudeste da cuesta; e sítio do Justino VI e Toca do Gongo III, localizados em zona dissecada do flanco reverso da cuesta, dezenas de quilômetros a ENE e NNE dos três primeiros (Figura 6). Destes cinco sítios, apenas o sítio do Justino VI situa-se fora dos limites do PNSC.

A seguir, apresenta-se a caracterização geral de cada um destes sítios, com ênfase no histórico das escavações e achados arqueológicos e nos motivos que levaram à sua seleção nesta tese. Os sítios são apresentados de NE para SW.

Figura 6: Localização dos sítios arqueológicos estudados, em relação ao PNSC (linha preta).

6.1. Sítio da Toca da Roça do Justino Aquino VI

O sítio do Justino VI é um abrigo rochoso, com mais de 20m de altura entre o piso sedimentar arenoso e o teto de arenito. Esse piso possui 125 m de extensão por pouco mais de 10 m de largura, com inclinação de cerca de 10° para o paredão, e avizinha-se do lado de fora à vereda de uma drenagem efêmera, cujo talvegue está a pouco mais de 50 m de distância

(Figura 7, esquerda). O preenchimento sedimentar possui quase 5 m de espessura máxima, desde seu contato com o arenito Ipu (Figura 7, direita).

Figura 7: Sítio do Justino VI: à esquerda, vista do entorno do sítio, no decorrer da escavação (arquivo Fumdam); à direita, estratificação plano-paralela irregular na porção superior do preenchimento sedimentar.

A campanha de escavação data de 2012 e tinha como objetivo principal obter mais dados sobre os momentos de ocupação da área a avaliar o potencial arqueológico do sítio. Durante a escavação, o sítio foi dividido pela equipe da Fumdam em dois setores, setor 1, a NE, e setor 2, a SW, e em uma malha de quadriculas que segue a ordem alfabética a partir do paredão (método de Mortimer Wheeler - ver esquema na Figura 8). No alinhamento A (quadricula 10), foi atingida a maior profundidade do embasamento e a máxima espessura de sedimentos, de 4,85 m (Guidon *et al.*, 2015) (Figura 8). A escavação acabou por ser mais extensa do que o previsto, em razão da descoberta de duas estruturas de fogueira bem preservadas, uma em cada setor (Figuras 9 e 10).

Figura 8: Sítio do Justino VI, croqui esquemático da malha de escavação do setor 1 – a vermelho a localização da seção descrita e amostrada nesta tese.

Figura 9: Sítio do Justino Aquino VI, fogueira 1, setor 1 (Guidon *et al.*, 2015).

Figura 10: Sítio do Justino Aquino VI, fogueira 2, setor 2 (Guidon *et al.*, 2015)

Os destaques deste sítio, além das duas estruturas de fogueiras (uma delas, a 1, com idade de 5120 ± 30 anos AP), são os vários níveis ocupacionais que foram identificados e datados (Figura 11), os deslocamentos do paredão com pinturas rupestres (Figura 12), cujas datações permitiram a obtenção de idades mínimas para estas pinturas, e o interessante fato de se tratar de um sítio de intensa ocupação até tempos recentes (últimos 200 anos), deduzida a partir de vestígios de cerâmica, forno de alvenaria e destroços de uma prensa de farinha.

Além deste interesse arqueológico, o sítio do Justino VI foi escolhido para detalhamento nesta tese por sua estratigrafia bem marcada na porção superior do preenchimento (Figuras 7 e 11), em que a alternância de camadas distintas, com grande diferença no teor de matéria orgânica, possui potencial valor no que diz respeito ao estudo de variações ambientais na região. Além disso, a estratigrafia desse depósito demonstra deposição bem ordenada, a qual parece não ter sofrido qualquer perturbação pós-deposicional.

Legenda

Figura 11: Coluna estratigráfica do sítio do Justino VI, quadrícula 10A, com indicação da cronologia (modificado de Guidon *et al.*, 2015).

Figura 12: Fragmentos de parede pintada encontrados na escavação do Sítio do Justino VI; no total, foram encontradas seis placas caídas com pinturas (Guidon, 2015).

6.2. Sítio da Toca do Gongo III

O sítio do Gongo III é um abrigo sob rocha que difere dos demais aqui estudados por estar localizado não num vale estreito ou boqueirão, mas sim em um morro testemunho isolado em meio a zona rebaixada, dissecada pela erosão, no flanco reverso da cuesta. Nesse morro, a orientação da parede de arenito é S-N, com cerca de 50m de extensão e 7m de profundidade. A seção de escavação principal é E-W, com E na parede e W fora (Figura 13).

Este sítio teve sua primeira escavação em 2013, quando foram encontrados 12 enterramentos na porção mais superficial do sítio (2 m superiores), acondicionados em urnas. As idades ^{14}C AMS obtidas por Solari *et al.* (2018) para o colágeno dos ossos de cinco destas urnas variaram entre 580 ± 30 (calibrada: 1389-1440) anos AP e 400 ± 30 (calibrada: 1536-1626) anos AP. Os autores detectaram problema de má conservação dos ossos, para o qual levantaram as hipóteses de acidez do solo, passagem constante de água e presença de raízes. Em vista disso, existe a possibilidade de estas idades se encontrarem rejuvenescidas.

Figura 13: Croqui elaborado em campo que mostra, na parte superior, a localização em planta das duas seções verticais previamente expostas e amostrada na parte escavada do sítio da Toca do Gongo III, e, na parte inferior, as fotos destas mesmas seções.

Um pormenor interessante desta intervenção é que se escavaram sedimentos inclusive por baixo de um painel de pinturas de 4,5m de altura, dos quais o 0,5m inferior se encontrava originalmente soterrado. Desse modo, a eventual datação do sedimento que cobre esta porção inferior do painel forneceria uma datação mínima para as pinturas.

Em todas os cortes feitos no piso da escavação, há maior concentração de clastos angulosos de arenito no topo, independentemente da fácies exposta, talvez por maior influência de queda de blocos posteriores ao preenchimento sedimentar que hoje sustenta o piso.

Além do fato de apresentar duas seções da parede da escavação ainda bem preservadas e acessíveis para estudo, este sítio foi escolhido para análise nesta tese porque a estratigrafia encontrada mostrou-se informativa, com presença de estruturas sedimentares indicativas de paleofluxo. Uma segunda razão para a escolha do sítio foi o seu cariz funerário. Sítios arqueológicos com enterramentos são raros na região do PNSC e possuem alto valor informativo, uma vez que frequentemente trazem também dados sobre as condições da vida.

6.3. Sítio do Meio

O sítio do Meio é um abrigo sob rocha que foi descoberto em 1973 e cujas escavações arqueológicas começaram em 1978. O interesse arqueológico deste sítio, e que em parte motivou sua seleção nesta tese, é que, além de as datações obtidas nas primeiras escavações serem pleistocênicas, o espaço foi ocupado durante milênios, desde a pré-história até tempos recentes, por famílias de maniçobeiros⁸. Além disso, as paredes de arenito estão decoradas com pinturas rupestres da tradição Nordeste (Figura 14), em que foi possível a identificação de variantes estilísticas, ou evoluções estilísticas, que foram nomeadas por Pessis (2013) de “crono-variedades”⁹.

Figura 14: Sítio do Meio: à esquerda - vista oblíqua da parede mais interna e extensa (orientada de NE, ao fundo, para SW) (foto: Adolfo Okuyama); à direita - painel pintado no arenito (arquivo FUMDHAM).

⁸ Indivíduo que extrai o látex da maniçoba (nome científico *M. compositifolia* Allem e *M. reniformis* Pohl) uma árvore que exsuda látex usado na produção de borracha de qualidade inferior.

⁹ Essas “crono-variedades” podem ser nomeadas como tradições Nordeste e Agreste (Pessis & Guidon, 1992; Martin & Asón, 2000).

Em relação ao contexto geomorfológico e estratigrafia do sítio, Guidon *et al.* (2014), juntando os dados das várias escavações feitas até então, fizeram a seguinte descrição e interpretação:

“O sítio arqueológico está esculpido em uma escarpa de um esporão, e se apresenta como um abrigo formando uma superfície negativa desenvolvida pelo processo de queda de blocos ocorridos nessa escarpa. Em suas laterais, ocorrem duas drenagens obsequentes, tendo a sua origem no reverso da *Cuesta* descendo em direção à depressão através de quedas d’água. Na base dessas drenagens, desenvolvem-se cones de dejeção/leques que, possivelmente, são fonte de parte dos materiais depositados no interior do sítio. Nele, existem três grandes depósitos de encostas: um pacote sedimentar formado por leque apresentando materiais mais grosseiro na parte externa do sítio, tendendo a apresentar material mais fino em direção à parede do mesmo. Sobre este, um segundo pacote sedimentar formado por material originado por queda de blocos. Entre a queda de blocos e a parede do abrigo formou-se um terceiro depósito que apresenta características deposicionais de fluxo de lama com matriz silte-arenosa.”

Do ponto de vista sedimentológico, a seleção do sítio do Meio para detalhamento neste estudo se justifica pela complexidade deposicional e estratigráfica sugerida na descrição de Guidon *et al.* (2014), em que se destacam também a diversidade de fácies e a presença de estruturas sedimentares sindeposicionais (*e.g.* estratificações cruzadas, marcas onduladas cavalgantes) e eodiagenéticas (*e.g.* convoluções), o que propicia interpretação bem embasada de processos deposicionais.

O histórico das escavações neste sítio encontra-se resumido na Tabela 5.

Destaque-se que os vestígios de ocupação encontrados neste sítio encontravam-se *in situ* nos 30 cm mais superficiais do preenchimento sedimentar ou nos nichos formados entre os blocos, interpretados por Guidon *et al.* (2014) como caídos do teto. Um exemplo deste segundo caso é um colar de contas com dois dentes humanos e um fragmento de ocre no centro (Pinheiro de Melo 2004; Figura 15).

Tabela 5: Descrição resumida de intervenções arqueológicas no sítio do Meio e seus resultados. Datações não calibradas.

Data	Objetivos, dados históricos e publicações	Vestígios revelantes	Datações ¹⁴C (anos cal AP)
1978	Conhecer melhor os sítios arqueológicos no início das pesquisas na região. Escavação interrompida depois de se ter deparado com blocos (matacões, laje?). Guidon e Andreatta (1980)	Bloco de siltito com marcas de uso (datação em carvão presente no sedimento perto do bloco) Carvões da base do mesmo nível do bloco de siltito	12860-15986 15945-17608
1980	Alcançar níveis mais profundos, em busca do registro do início da ocupação (em vista das datações que colocaram em cheque as teorias de ocupação das Américas)	Vestígios de presença antrópica (não descritos) em nível um pouco mais profundo que o da escavação anterior.	16216-18300
1991	Descobrir se o sítio também traria datações tão antigas quanto as do Boqueirão da Pedra Furada, intensivamente escavado na década anterior	Várias fogueiras e estruturas de combustão Machado polido de granodiorito (Guidon, Andreatta 1980) datado por carvões no seu envolvente	≅ 8000 a 9000 10222-10497
1992	Quebrar os blocos, então interpretados como caídos do teto, e estudar o que se encontra por baixo deles	Solo de ocupação, 1m abaixo dos blocos (?) achados em 1978, com vestígios de fogueiras e instrumentos líticos	-
1993	Continuar a escavação do ano anterior e descobrir até onde iriam os vestígios de ocupação humana (resumo de todas as intervenções por Guidon e Pessis, 1993)	Dois focos de materiais líticos, datados a partir de carvões do seu envolvente	23322-25511 28805-29532
1999-2000	Chegar ao nível estéril de materiais antrópicos, alvo do testemunho de 1993 (Pinheiro, 2004)	Vestígios análogos aos de escavações anteriores	-
2012	Testar as hipóteses de ocupação de Pinheiro (2004), em escavação no extremo oeste do sítio	Vestígios análogos aos de escavações anteriores	-

Figura 15: Colar de contas junto a dois dentes humanos e um fragmento de ocre encontrados *in situ* durante decapagem no sítio do Meio (Pinheiro, 2004). Este achado estava entre camadas datadas de 9764-10186 anos cal AP (em cima) e 11092-11318 cal AP (em baixo) a aproximadamente 1 m da superfície.

6.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues

A Toca Caldeirão dos Rodrigues ocorre a poucas dezenas de metros da base de dois paredões naturais de arenito, subverticais e subparalelos entre si, distantes 2 a 10 m entre si, feição chamada localmente de boqueirão. Este boqueirão tem mais de 50m de profundidade e o acesso ao sítio se faz por degraus de ferro cravados em uma das paredes. O sítio foi descoberto em 1974 e bastante explorado desde então, com ampla área total de escavação: 54 m por 10 m. Possui orientação do paredão principal NNE - SSW (direita-esquerda, para quem olha para dentro do abrigo; Figura 16). O preenchimento sedimentar ocorre na forma de lente côncava para cima, com direção paralela ao paredão, mas que na sua parte central apresenta mergulho suave para fora (ESE). Nas pinturas (Figura 17), o elemento mais representado é a capivara, animal não encontrado atualmente nesta região e que dá nome ao parque. A escolha deste sítio para pinturas tão pormenorizadas sugere possível valor especial do local para os povos pré-históricos.

Em 1980, foi feita uma trincheira, posicionada mais na base do preenchimento sedimentar, e transversal à parede principal, com WNW voltado para a toca e ESE para fora, a fim de encontrar vestígios que pudessem atribuir idade às pinturas (Figura 17). Na primeira campanha, foram obtidas nesta escavação três datações, todas em carvões associados a distintas camadas sedimentares. Assim, começando pela camada inferior, as idades encontradas foram de 20924-23814 anos cal AP (camada 1), 10276-11173 anos cal AP (camada 2) e 8197-8522

anos cal AP (camada 3). Um ponto a ter atenção é que esta sondagem foi elaborada num espaço de erosão reduzida, ou seja, onde um bloco, em frente à parede pintada, mantinha o sedimento relativamente mais protegido da erosão.

Figura 16: Vista parcial do Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues (arquivo Fumdhm), em sua extremidade norte-nordeste. Notar dois cortes transversais na parte superior do preenchimento sedimentar. Outra trincheira, mais profunda (2,4m), encontra-se mais para o meio do sítio, estratigraficamente abaixo desta.

Em 1993, uma nova campanha tencionava confirmar a presença de vestígios humanos anteriores ao Holoceno, reconstituir a gênese do abrigo e esboçar a cronologia das fases de preenchimento sedimentar (Parenti, 1996). No entanto, só foi possível identificar vestígios humanos associados a camadas holocênicas.

Na sondagem dessa campanha, Parenti (1996) interpretou as camadas como “lentes aluvionais”, e observou que, com exceção do espaço entre o bloco e a parede que foi alvo da sondagem de 1980, nenhum dos vestígios parecia estar *in situ*. Relatou ainda a dificuldade em calcular idades para as camadas mais antigas, por falta de material datável por ^{14}C . O autor relatou também que em período de chuva houve o acúmulo repentino de 50 cm de sedimento (observado em novembro de 1993).

Figura 17: Pinturas do Sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues. Notar possível representação de capivara à direita.

Este sítio foi escolhido para detalhamento, nesta tese, pelo contexto geomorfológico diferenciado, de fundo de boqueirão, pela possível antiguidade e longo tempo de ocupação, sugeridos pelas datações prévias e a serem verificados, e pelo valor ritual que aparentemente teve para os povos pré-históricos, a julgar pela riqueza das pinturas rupestres.

6.5. Sítio do Baixão do Perna I

O abrigo do sítio do Baixão do Perna I encontra-se, a exemplo da Toca Caldeirão dos Rodrigues, em contexto de fundo de boqueirão, cujos paredões naturais de arenito distam aqui cerca de 20m entre si, com uma drenagem na sua parte mais baixa (Figura 18).

Figura 18: Sítio do Perna I: (fotos em ângulos opostos) à esquerda, no momento da escavação dos testemunhos, em 2010; à direita, pronto para a visitação (arquivo Fundham).

Este sítio foi descoberto em 1973. A sua primeira sondagem, em 1980, revelou presença de exemplares líticos, carvão, conchas e ossos de tatu. As indústrias líticas são majoritariamente constituídas de quartzo e calcedônia. Visto o seu potencial, voltou a ser alvo de campanhas em 1987, 1990 e 2010.

A orientação geral do paredão principal do sítio Perna I é WSW-ENE (esquerda-direita, para quem olha para ele). E a escavação feita pela Fumdam no preenchimento sedimentar corresponde a um corte transversal ao paredão (Figura 19), portanto SSE-NNW (de fora para dentro da toca). A espessura total da trincheira é de 1,87m, mas há mais cerca de 1 m de sedimento acima (revestido pelo muro de proteção), numa coluna de testemunho. Acredita-se, portanto, que a escavação inicial partiu da superfície topográfica, que se vê hoje, 1m acima. Esta superfície é em rampa, com mergulho para fora (SSE) e obedece, grosso modo, à paleotopografia do arenito sob e ao redor do preenchimento sedimentar.

Figura 19: Sítio da Toca do Baixão do Perna I: testemunho da escavação, com parede orientada SSE-NNW. Notar que o piso original, revestido pelo muro de alvenaria, era mais alto.

A pesquisa da Fumdam neste sítio arqueológico foi motivada pela presença de pinturas rupestres, cobertas na sua parte inferior pelo preenchimento sedimentar; na época das primeiras escavações (1980), as informações que existiam sobre as pinturas eram muito vagas, sem noção de possível cronologia, mesmo que relativa. Além das pinturas, foram encontrados restos de

fogueiras, ferramentas líticas, e núcleos e restos de *debitage*¹⁰, que muitas vezes podiam ser encaixados entre si. Este conjunto de achados sugere várias funcionalidades para o sítio, tais como oficina lítica, local de habitação e, de alguma forma, espaço de valor ritual ou simbólico, sugerido pela existência de pinturas com cenas variadas (Figura 20).

Figura 20: Extrato de pinturas do Sítio Perna I (arquivo Fumdam).

Este sítio foi escolhido como objeto de estudo da tese por ser um dos poucos com infraestrutura que permite a fácil visualização e coleta das seções de escavação, que são relativamente espessas (quase 2 m) e protegidas entre paredes. Além da estratigrafia complexa, com numerosas camadas de granulação variada, existem vestígios antigos como uma fogueira datada de 9,5 a 10,0 ka AP e duas ocupações principais cujas idades podem ser alvo de comparações com as variações paleoclimáticas.

7. Resultados

7.1 Análises de fácies

7.1.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI

A descrição que se segue refere-se à seção D do setor I – oeste do sítio do Justino VI (Figura 21). Neste corte, nota-se nítida mudança nos tipos de depósitos sedimentares, tanto na escala de fácies (decimétrica) quanto na de laminação (milimétrica a centimétrica). Foram reconhecidas três fácies, A, B e C (Tabela 6), de baixo para cima.

A fácies A, nos 3m inferiores, repousa sobre o arenito eopaleozoico. É formada por areia média a grossa, alaranjada, predominantemente maciça, com blocos arredondados e angulosos de arenito.

¹⁰ Todo o material resultante do processo de lascamento da pedra até chegar à ferramenta lítica pretendida.

A fácies B, com cerca de 0,8 m de espessura, consiste de areia maciça grossa a média de coloração amarelo claro, com grânulos dispersos, semelhante à encontrada numa sondagem-poço próxima da escavação. É marcada na base por uma camada, com espessura de 5 cm, formada por seixos pequenos.

A fácies C, com até 1,0 m de espessura caracteriza-se pela intercalação de lâminas sub-horizontais de até aproximadamente 5 cm, diferenciadas pela cor, esta determinada pelo teor de matéria orgânica associada à areia. A matéria orgânica, que confere cor preta ou marrom escuro às lâminas, ocorre tanto na forma coloidal quanto na particulada, com intercalação de lâminas ricas e pobres em fitodetritos (folhas). Em meio às lâminas com folhas, encontram-se esferoides pretos centimétricos, interpretadas como fezes de mocó. De modo geral, a granulação da areia é média, com presença subordinada de lâminas delgadas (milimétricas) de areia grossa.

Tabela 6: Síntese de descrição e interpretação de fácies (ordenadas da base, A, para o topo, C) para o preenchimento sedimentar do sítio Justino VI, seção D, setor I. Os traços grossos representam limites erosivos.

Código	Geometria e contatos	Espessura máxima (m)	Descrição	Processo deposicional
A	Tabular com contato erosivo na base	Até mais de 3,0	Areia média a grossa lamosa, alaranjada, predominantemente maciça, com seixos angulosos e blocos de arenito	Fluxo de detritos coesivo ¹¹
B	Sub-tabular, com contato plano erosivo na base	~0,8	Areia maciça grossa a média, amarelo claro com grânulos dispersos, e concentração basal de seixos	Fluxos de detritos coesivos amalgamados ou torrente concentrada ¹²
C	Tabular, com base e topo planos, sub-horizontais	1,0	Areia em laminação heterolítica (plana a ligeiramente ondulada) com lama orgânica preta coloidal a particulada, inclusive coprólitos e folhas	Alternância entre tração e decantação

¹¹ Tipo de fluxo gravitacional de massa, tipicamente laminar, em que o mecanismo de interação intergranular é dominado pelas forças da matriz fina (numa concentração superior a 5%), isto é, coesão mais empuxo mais resistência viscosa.

¹² Corrente episódica trativa e desconfinada, com turbulência limitada pela concentração elevada de grãos.

Setor I-D

Figura 21: Representação, na forma de seção colunar, do corte estratigráfico do alinhamento D –setor I, do sítio Toca do Justino VI (desenho de Vinícius Ribau Mendes).

7.1.2. Sítio da Toca do Gongo III

No preenchimento sedimentar do sítio do Gongo, distinguem-se três fácies principais, A, B e C, da base para o topo do depósito (Tabela 7). A fácies A, com pelo menos 3 m de espessura, corresponde a areia média a fina, lamosa, cinza claro, predominantemente maciça, com clastos angulosos de arenito na granulação seixo e bloco (até 25 cm), dispersos caoticamente; estratificações incipientes, com ângulo de mergulho baixo ($<10^\circ$) voltado para o interior da toca (E), podem ser vistas com dificuldade; elas são melhor evidenciadas pela orientação dos seixos oblatos de arenito; junto à toca, seção 1, o topo desta fácies é irregular, em degraus decimétricos grosseiros caindo para E (Figura 22) (Tabela 7).

Figura 22: Seção 1 do sítio Toca do Gongo III, mais afastada do paredão, onde o topo da fácies A (cinza esbranquiçado inferior) é irregular, com caimento para o interior da toca (E).

Tabela 7: Síntese de descrição e interpretação de fácies (ordenadas da base, A, para o topo, C) para o preenchimento sedimentar do sítio Toca do Gongo III. Linha dupla indica interpretação de hiato deposicional, evidenciado por contraste acentuado no grau de consolidação dos depósitos sedimentares e por contato irregular.

Código	Geometria e contatos	Espessura máxima (m)	Descrição	Processo deposicional
A	Aparentemente cuneiforme, com base encoberta e topo irregular, em degraus decimétricos caindo para o interior	> 3,0	Areia média a fina, lamosa, cinza claro, bem consolidada, predominantemente maciça, com seixos angulosos de arenito e estratificação incipiente de ângulo baixo (<10°) para o interior	Fluxo de detritos coesivo
B	Lenticular, inclinada para o interior, com base e topo irregulares, base mais definida que topo	~ 0,3	Areia média a fina, cinza escuro, moderadamente consolidada, com fragmentos milimétricos a centimétricos de carvão, grânulos e seixos de arenito e estratificação irregular de ângulo baixo a médio (<20°), para o interior	Fluxos de detritos coesivos amalgamados ou torrente concentrada
C	Sub-tabular, com base inclinada para o interior e topo plano sub-horizontal	~0,8	Areia média a fina rósea, pouco consolidada, com grânulos e seixos, inclusive de carvão e intraclastos da fácies A, e estratificação cruzada incipiente de mergulho médio para o interior, passando acima a estratificação plano-paralela nítida, com seixos imbricados para fora da toca	Torrente concentrada, com aumento de energia e/ou redução da espessura da lâmina de água para cima

A fácies B é constituída de areia média a fina, menos consolidada que a subjacente, cor cinza escuro, rica em fragmentos milimétricos e centimétricos de carvão, mas contendo também grânulos e seixos pequenos de arenito, que podem tanto ser torrões retrabalhados da fácies A quanto pedaços do arenito devoniano em que se encontra a toca; contém estratificação irregular, de ângulo de mergulho baixo voltado para o interior do abrigo; junto aos degraus do topo de A, alinhamentos de carvões e pequenos seixos sugerem ângulo de mergulho pouco mais alto (até 20°), também voltado para o paredão (Figura 23).

Figura 23: Coleta de amostras da seção 2 do Sítio do Gongo III, onde são visíveis as três fácies identificadas.

A fácies C consiste de areia média a fina, cor rosada, pouco consolidada, com grânulos e seixos, inclusive raros fragmentos de carvão e possíveis pedaços da fácies B. Suspeitou-se da presença de estratificações cruzadas com mergulho de cerca de 15° para E, evidenciadas inclusive pela orientação sub-paralela de seixos e grânulos oblatos e prolatos; na parte alta da trincheira (W), a estratificação é plano-paralela, ou de baixo ângulo para E, muito nítida, com seixos oblatos orientados sobre as superfícies de estratificação; parte dos seixos oblatos apresenta-se imbricada, com suave mergulho aparente para W.

7.1.3. Sítio do Meio

Neste sítio, foram identificadas cinco fácies (Tabela 8): a fácies A, com espessura total inferior a 30 cm, corresponde a ortocascalho a seixos e grânulos, com predomínio de seixos pequenos (até 5cm), de matriz arenosa, contendo estratificação cruzada plana (uma única série, decimétrica lenticular), com mergulho para NE; esta fácies repousa diretamente no arenito eopaleozoico; suas cruzadas são ressaltadas por concentrações de seixos, estes constituídos predominantemente de quartzo.

Tabela 8: Síntese de descrição e interpretação de fácies (ordenadas da base, A, para o topo, E) para o preenchimento sedimentar do sítio do Meio. LLLLLLLLL indica separação entre fácies por laje de arenito *in situ*.

Código	Geometria e contatos	Espessura máxima (m)	Descrição	Processo deposicional
A	Sub-tabular, com base sobre o arenito	<0,3	Ortocascalho de matriz arenosa a seixos e grânulos de quartzo, com estratificação cruzada plana mergulhando para NE	Migração de megaformas de leito subaquosas circundando a toca
B	Sub-tabular	~0,35	Ortocascalho de matriz arenosa com gradação normal, dominado por seixos de quartzo, passando no topo a paracascalho de clastos mais finos (< 2cm) e com estratificação convoluta mergulhando para o interior	Deposição rápida por torrente concentrada, seguida de liquidação no topo
C	Sub-tabular	~0,4	Ortocascalho passando em gradação normal a paracascalho, ambos de matriz arenosa e dominados por seixos de quartzo	Torrente concentrada LLLLLLLLLLLLLLLL
D	Preenchimento de fraturas sub-horizontais no arenito, de abertura decimétrica, e diáclases verticais de largura métrica	~0,2	Areia ligeiramente argilosa, com grânulos, às vezes com sucessões formadas por estratificação plano-paralela, marcas onduladas cavalgantes de altura centimétrica e convoluções	Desaceleração de fluxo por atrito em reentrâncias do arenito, com elevada taxa de suspensão simultânea com tração
E	Preenchimento de fraturas de largura decimétrica e recobrimento do arenito	~ 0,4	Brecha de matriz areno-argilosa, com franco predomínio de seixos grandes (>10cm) de arenito	Esforço trativo de torrente concentrada sobre fendas ou sob o teto de arenito

A fácies B, com aproximadamente 35 cm de espessura, consiste em ortocascalho de matriz arenosa com gradação normal, passando no topo a paracascalho, também de matriz arenosa e onde os grânulos e seixos não ultrapassam 2 cm; o paracascalho contém estratificação com mergulho para NW (interior do abrigo), deformada (convoluta); os seixos, mais uma vez, são predominantemente de quartzo.

A fácies C, de 40 cm de espessura, é constituída de ortocascalho, com concentração bem marcada de seixos maiores (até 7 cm) na base, passando a paracascalho no topo, em gradação normal mais ou menos nítida ao longo de toda sua espessura.

A fácies D ocorre preenchendo fraturas sub-horizontais de abertura decimétrica ou diáclases verticais de largura métrica. Corresponde a areia ligeiramente argilosa, com grânulos. Nos preenchimentos sub-horizontais, apresenta estratificação aparentemente plano-paralela, marcas onduladas cavalgantes e deformações atribuídas a convoluções por fluidificação. Esta fácies não repousa diretamente sobre C, mas é dela separada por laje saliente de arenito siluriano *in situ* (Figura 24), correspondente ao que foi interpretado por Guidon *et al.* (2014) como blocos de teto caído.

Figura 24: Sítio do Meio - seção 1, orientação NW-SE (de dentro, à esquerda, para fora do abrigo). Notar que a fácies C, na parte inferior da foto (com a escala), preenche um nicho sob o arenito com estratificações cruzadas da Formação Ipu; e a fácies D, no alto da foto, recobre e preenche fraturas deste arenito.

A fácies E ocorre tanto preenchendo fraturas como recobrindo o arenito eopaleozoico fraturado. Consiste em brecha de matriz areno-argilosa, com franco predomínio de seixos grandes (>10 cm) de arenito.

A granulometria do cascalho, sobretudo nas fácies A, B e C, varia espacialmente ao largo do sítio. Os clastos rudáceos da parte externa da toca são claramente mais grossos que os

da parte interna. Mostram, localmente imbricação do tipo a(t)b(i), ruim, com eixo maior (a) orientado segundo SW-NE.

7.1.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues

A análise de fácies do sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues foi feita na trincheira da base do preenchimento sedimentar, situada aproximadamente junto à parte central do abrigo, com orientação WNW-ESE, transversal ao paredão de arenito. Nela, identificaram-se, com algumas dificuldades relacionadas à falta de luminosidade (Figura 25), quatro camadas de espessura métrica a submétrica, correspondentes a duas fácies principais (Figura 26). A camada I equivale à fácies A, inferior, enquanto II, III e IV, por serem semelhantes entre si, foram consideradas recorrências, ou horizontes diferenciados pedogeneticamente, de uma mesma fácies, B, superior (Tabela 9). Elas distinguem-se entre si sobretudo por diferenças de cor e separam-se por limites mais ou menos nítidos.

Figura 25: Trincheira descrita na Toca Caldeirão dos Rodrigues e que expõe os 2,4m basais do preenchimento sedimentar.

As três camadas da fácies superior apresentam formato lenticular a cuneiforme, com mergulhos suaves para fora (ESE) e são constituídas de areia média a fina, lamosa, com seixos dispersos, principalmente de arenito. A camada IV, no topo da fácies, pode dever sua diferenciação, pelo menos em parte, a processos pedogênicos, haja vista a presença de tubos verticais de diâmetro centimétrico, provavelmente produzidos por formigas.

Figura 26: Coluna estratigráfica das camadas encontradas no Toca dos Caldeirão dos Rodrigues.

Tabela 9: Síntese de descrição e interpretação de fácies e camadas (ordenadas da base, I, para o topo, IV) para o preenchimento sedimentar do sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues.

Código	Geometria e contatos	Espessura máxima (m)	Descrição	Processo deposicional
Fácies A (camada I)	Sub-tabular	~1,1	Ortocascalho de matriz arenosa, dominado por seixos de quartzo, arredondados, e de arenito, angulosos, com estratificação sub-horizontal	Torrente concentrada desconfinada (em lençol)
Fácies B (camadas II, III e IV)	Lenticular a cuneiforme, com mergulho baixo (<10°) para fora, contatos difusos (estratos amalgamados?)	~1,3	Areia média a fina, lamosa, com seixos dispersos, principalmente de arenito	Fluxo de detritos coesivo

7.1.5 Sítio do Baixão do Perna I

Examinou-se a variabilidade do preenchimento sedimentar, exposto ao longo da trincheira principal do sítio Toca do Baixão do Perna I, em área e em seção transversal. Em área, este exame revelou a concentração de cascalho na porção do preenchimento localizada no ápice da rampa sedimentar com mergulho para fora (SSE) que caracteriza o preenchimento deste sítio.

Nas seções verticais, observam-se estratos lenticulares decimétricos, com contatos predominantemente difusos e caimento em baixo ângulo ($<20^\circ$) para SSE, portanto segundo o mesmo caimento que se tem em superfície hoje. Trata-se de estratificação amalgamada, às vezes com gradações internas visíveis, sobretudo gradações inversas, e predomínio de paracascalho a grânulos e seixos, com matriz areno-lamosa.

Foram reconhecidas nove camadas amalgamadas, nomeadas I a IX, de baixo para cima (Figura 27).

A terceira camada de baixo para cima (III) destaca-se das demais por possuir base côncava, e relação bem marcada, aparentemente erosiva, com o lamito cascalhoso abaixo. Dentro desta camada III (e talvez de sua sucessora IV), notam-se estratificações cruzadas tênues, em padrão acanalado.

Com base nesta distinção entre camadas com e sem base erosiva, o preenchimento sedimentar desse sítio foi tentativamente dividido em duas fácies (Tabela 10). A fácies A (corresponde às camadas I, II, V, VII, VIII e IX; Figura 27), dominante no preenchimento, corresponde a paracascalho de matriz areno-lamosa, em estratos amalgamados decimétricos com frequente gradação inversa. A fácies B (camada III, IV, VI; Figura 27) corresponde a areia (com algum conteúdo de finos, mas que pode em parte ser pós-deposicional) lenticular com base côncava, contendo estratificação cruzada acanalada, cuja atitude indica fluxo sub-paralelo ao paredão de arenito.

Figura 27: Coluna estratigráfica do Sítio do Perna I, com a localização dos diferentes tipos de amostras coletadas.

Tabela 10: Síntese de descrição e interpretação de fácies (ordenadas segundo primeira aparição da base para o topo) para o preenchimento sedimentar do sítio Baixão do Perna I. Na fácies B, não foi possível em campo certificar-se do caráter da lama, se matriz ou cimento.

Código	Geometria e contatos	Espessura máxima (m)	Descrição	Processo deposicional
A	Sub-tabular, com contatos difusos (estratos amalgamados), exceto topo sob B	~0,3	Paracascalho de matriz areno-lamosa, a seixos e grânulos, com frequente gradação inversa	Fluxo de detrito coesivo, em rampa ou cone com mergulho para fora
B	Lenticular, côncavo-plana, com contato basal nítido	~0,3	Areia (lamosa?) lenticular com base côncava, contendo estratificação cruzada acanalada, tênue	Migração de formas de leito subaquosas, circundando o paredão

7.2. Idades

Os resultados de datação por LOE-SAR para quatro dos sítios estudados (Gongo, Meio, Perna e Caldeirão dos Rodrigues) encontram-se listados na Tabela 11 (resultados completos no Anexo 2) e exemplo de curvas de decaimento e dose-resposta do sinal LOE está ilustrado na Figura 28. Todas as idades obtidas foram consideradas aceitáveis, exceto para as três amostras inferiores do Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues. Para este sítio, tentou-se adicionalmente reprocessar as amostras pela técnica do grão individual (*single-grain*); no entanto os resultados assim obtidos também não foram aceitáveis, o que permite levantar as hipóteses de fotoesvaziamento incompleto e/ou quartzo pouco sensível.

As três idades LOE do preenchimento sedimentar do sítio Perna I denotam inversão estratigráfica, porém dentro da margem de erro calculada (aqui da ordem de 3,5 ka a 5,2 ka).

As idades centrais obtidas por datação LOE variam entre 156 ka, na base do preenchimento da Toca Caldeirão dos Rodrigues, e 415 anos, no topo do preenchimento da Toca do Gongo III. O sítio Gongo III foi o único com idades contidas inteiramente no Holoceno. Nos demais, a idade de preenchimento indicada pelas datações variou entre o final do Pleistoceno médio e o Pleistoceno superior (34 ka).

As idades LOE obtidas por Mendes (2016) no sítio Toca do Justino VI (Tabela 12) também incidem no Pleistoceno superior, variando entre 33 e 19 ka.

Tabela 21: Datações dos depósitos sedimentares dos sítios arqueológicos em estudo. Informações completas no Anexo.

Sítio	Profundidade (cm) / fácies	Idade (anos)	
		Central age	Erro
Gongo III	30 / C	415	53
	40 / C	2499	208
	89 / A	4831	351
Meio	196 / D	34160	2599
	226 / A	155872	14084
Perna I	20 / A	54072	4804
	110 / A	51611	5227
	180 / B	46687	4460
Caldeirão dos Rodrigues	25 / D	Amostras saturadas	
	95 / C		
	120 / B		
	165 / A	134471	45560

Tabela 12: Datações do Sítio do Justino VI (extraído de Mendes, 2016)

Amostra	Prof. (m) / fácies	Taxa de dose (mGy/ano)	Alíquotas aceitas	Dose estimada (Gy)	Idade (ka)	Erro (ka)
Toca da Roça do Justino VI	3,20 / A	0,87	24	16,80	18,88	1,56
	3,80 / A	1,23	24	36,43	33,18	3,94

Figura 28: Exemplo de curva de decaimento LOE para a dose natural e 2400 s (painel da esquerda, respectivamente curva azul e laranja) e curva dose resposta (painel da direita) de uma alíquota saturada da amostra L0245.

7.3. Granulometria

Nas figuras 29 a 33, são apresentadas as curvas de distribuição de frequências de classes granulométricas para todas as camadas ou fácies estudadas, por sítio arqueológico. De modo a facilitar a comparação entre camadas ou fácies sucessivas, as curvas foram sobrepostas em ordem estratigráfica, apesar de esse procedimento gráfico levar à perda dos valores absolutos do eixo y (frequência em volume). Para efeitos de comparação, porém, o resultado é válido e útil, uma vez que as proporções do eixo das ordenadas foram mantidas constantes e o eixo das abcissas é o mesmo para todas as curvas. Os dados brutos de distribuição granulométrica em classes de phi e as quatro medidas estatísticas calculadas (tamanho médio, desvio padrão, assimetria e curtose) encontram-se tabelados no Anexo 1.

7.3.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI

As dez amostras analisadas quanto à granulometria no Sítio do Justino VI (Figura 29) mostram em comum a moda principal em torno de 2,0 phi (limite areia média e areia fina) e a assimetria acentuadamente positiva, isto é, com prolongamento de cauda de finos. A moda principal mostra tendência para afinamento para cima, ao longo de grande parte da fácies C. As curvas de distribuição granulométrica são bimodais, estando a moda subordinada por volta de 5,0 phi (silte grosso a médio), com assimetria para argila. Esta moda em 5,0 phi acentua-se da base para o topo da fácies A e, ainda mais, na fácies B. Já na fácies C, ela é em geral pouco marcada, exceto na camada IX, onde alcança sua melhor representatividade no depósito. A

camada IX distingue-se por exibir padrão bimodal em corcova de camelo, com duas modas (areia e silte) em proporções equivalentes.

Outra amostra da fácies C (camada V) tem moda subordinada platicúrtica, desde silte grosso até argila. Desse modo, a fácies C alterna pelo menos três tipos de curvas diferentes, em que variam as proporções entre areia, silte e argila.

Destaque-se que as amostras do topo da fácies A e da fácies B diferem das da fácies C pela maior representatividade da moda subordinada em silte.

Figura 29: Representação gráfica dos dados granulométricos referentes às dez camadas amostradas no Sítio do Justino VI. Valores em metros referem-se às profundidades de coleta de cada amostra.

7.3.2. Sítio da Toca do Gongo III

As curvas da Figura 30 evidenciam similaridades na distribuição granulométrica das três fácies identificadas na Toca do Gongo III, especialmente quanto à moda próximo ao limite

entre areia média e areia fina (cerca de 2,0 phi) e a assimetria positiva, com prolongamento da cauda para o lado dos finos. A moda em areia é ligeiramente mais fina na fácies C do que nas duas fácies subjacentes.

Outra diferença das fácies A e B em relação à C é o aparecimento de uma dupla moda subordinada na cauda dos finos (em torno de 6,0 phi e de 8,5 phi). Nota-se ainda uma redução na quantidade relativa de grãos mais finos, principalmente silte, da base para o topo da sucessão.

Figura 30: Representação gráfica dos dados granulométricos referentes às três fácies amostradas (A, B e C, de baixo para cima) no Sítio da Toca do Gongo III. Valores em metros referem-se às profundidades de coleta de cada amostra.

7.3.3. Sítio do Meio

No sítio do Meio, todas as cinco fácies apresentam duas modas granulométrica bem definidas (Figura 31): em torno de 2,0 phi (areia fina a média) e por volta de 6,5 phi (silte médio). Nas fácies B a E, a moda em silte médio divide-se sutilmente em duas, com indicação de uma submoda acima de 8 phi (argila). E a fácies D distingue-se das demais por ser a única em que as modas de argila e silte se encontram mais bem representadas que a moda de areia.

Reconhecem-se assim três comportamentos distintos na distribuição granulométrica: o da fácies A; o das fácies B, C e E; e o da fácies D.

O sítio do Meio é o único, dentre os cinco sítios estudados, cujas amostras apresentam correlação inversa entre o tamanho médio de grão (em phi) e o desvio padrão (tabela com cômputo de pelíticos, Anexo 1) isto é, quanto mais fino o sedimento, melhor o grau de seleção. É também o único sítio com correlação direta clara entre grau de assimetria e desvio padrão, isto é, quanto mais simétrica a distribuição granulométrica, mais selecionado o sedimento. Isto aponta para diferença nos processos deposicionais dominantes neste sítio, em comparação com os demais, o que deverá ser levado em consideração na interpretação de fácies.

Figura 31: Representação gráfica dos dados granulométricos das cinco fácies amostradas no sítio do Meio (de baixo para cima –A a E). Valores em metros referem-se às profundidades de coleta de cada amostra.

7.3.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues

No preenchimento sedimentar do sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues, podem-se observar duas modas: a principal, em torno de 2,0 phi (areia média a fina), e a secundária, entre 6 e 7 phi (silte fino a médio). A camada I, correspondente à fácies A, distingue-se das camadas acima pela melhor definição (caráter mais leptocúrtico) da moda em areia, a qual possui mais que o dobro da altura da moda silte. Na fácies B, as alturas das duas modas são mais

equilibradas, chegando a ser quase equivalentes nas camadas II e III. Outra particularidade da fácies B é o ligeiro e gradual engrossamento da moda silte, estratigrafia acima (de II para IV) (Figura 32). Estes resultados granulométricos reforçam a distinção, feita em campo, entre as duas fácies e apontam um aumento do poder de transporte durante a formação da camada IV.

Figura 32: Representação gráfica dos dados granulométricos das quatro fácies (de cima para baixo A, B, C e D) amostradas no sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues. Valores em metro referem-se às profundidades de coleta de cada amostra.

7.3.5. Sítio do Baixão do Perna I

Nas nove camadas analisadas no sítio Perna I, distribuídas em duas fácies, A e B, as curvas de distribuição (Figura 33) variam entre bimodais e trimodais, com duas modas melhor definidas em areia e silte grosso a médio e, a terceira, pouco nítida a ausente, em silte fino a argila. Uma particularidade da granulometria neste sítio é que a moda em areia varia de 2,0 phi (areia média a fina) a 3,5 phi (areia muito fina), com clara tendência de engrossamento para cima a partir da camada VII (profundidade 0,43m).

As três camadas da fácies A (III, IV e VI) apresentam menores teor de argila e tendência a trimodalidade do que as atribuídas à fácies B.

Figura 33: Representação gráfica dos dados granulométricos das cinco fácies (de cima para baixo A, C, D G e H) amostradas no Sítio do Perna I. Valores em metros referem-se às profundidades de coleta de cada amostra.

7.4. Petrografia

Características universais, ou francamente dominantes, nas seções delgadas estudadas, são: 1. presença, entre os componentes deposicionais, de arcabouço, poros e material argiloso, este ora como constituinte principal da matriz, ora como cimento com indícios de origem a partir de remobilização mecânica de parcelas da matriz (argila infiltrada); 2. domínio do arcabouço em volume; 3. composição mineralógica do arcabouço à base de quartzo, predominantemente monocristalino, ora leitoso (isto é, rico em inclusões e com compartimentos internos com ligeira diferença na posição de extinção), ora hialino; 4. frequente presença, em pequenas quantidades, de fragmentos líticos constituídos por grãos de areia quartzosa cimentados por mineral opaco, atribuídos a crostas de óxido metálicos formadas sobre arenitos da cuesta; 5. textura do arcabouço caracterizada por seleção granulométrica ruim (desvio

padrão variável entre 1 a 2 ϕ), exceto nas raras faixas de segregação granular, com grãos de quartzo subangulosos a subarredondados, de esfericidade predominantemente baixa; 6. trama do arcabouço caracterizada por empacotamento aberto, com segregação granular e orientação preferencial dos grãos ausente ou pouco evidenciada; 7. matriz frequente, com textura de pasta, tipo protomatriz de Dickinson (1970), ora coloidal ora finamente granular, composta predominantemente por íntima associação de argilominerais e óxi-hidróxidos metálicos, principalmente de ferro (esta associação é de ora em diante simplesmente denominada material argilo-ferruginoso); 8. porosidade elevada (até 40%) favorecida pelo empacotamento aberto, exceto nas porções com concentração de matriz ou argila remobilizada; 9. frequente presença de poros alongados, de seção transversal semicircular de até 0,5mm, cercados por matriz particulada, coloidal ou cimento.

Os indícios de remobilização pós-deposicional da matriz dificultam a distinção entre matriz e cimento filossilicático. A argila foi considerada cimento onde ocorria pura, isto é, livre da presença associada de silte quartzoso, ainda que, com frequência, ligeiramente suja por óxi-hidróxidos de ferro. Estes cimentos filossilicáticos exibem cores de interferência de primeira ordem, cinza (atribuída a caulinita) ou alaranjada (atribuída a esmectita) e mostram trama em auréolas circundando poros semicirculares ou em menisco, ambas com textura em lamelas concêntricas. Os poros semicirculares cercados por cimento mostram falso aspecto de porosidade móldica.

De modo geral, predominam depósitos mineralologicamente maduros a supermaturos, em vista do elevado teor de resíduos silicosos no arcabouço (acima de 85%), mas texturalmente imaturos (Folk, 1974), em vista da presença de matriz, a submaturos, nos raros casos de matriz ausente. Desse modo, a grande maioria dos depósitos classifica-se, nos termos de Dott Jr. (1964), como *quartzo-wackes*, com raras variações localizadas para *quartzo-areia*.

As principais características petrográficas encontradas, resumidas por sítio e fácies, são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13: Resumo da descrição petrográfica. Simbologia adotada: qz = quartzo, fq = fragmento lítico de quartzito/arenito, fs = fragmento lítico de silexito, pl = pelotilha (*pellet*), cv = carvão, mv = muscovita, af = material argilo-ferruginoso, TR = traços (<1%), MD = moda granulométrica, DP = desvio padrão granulométrico, SG = segregação granular, AG = alinhamento sub-horizontal de grãos alongados.

Sítio arqueológico	Fácies	Arcabouço				Matriz			Cimento filossilicático-ferruginoso (%)		Poros (%)	
		Prop. na rocha (%)	Composição (%)	Textura	Trama	Prop. na rocha (%)	Composição (%)	Trama	Prop. na rocha (%)	Trama	Prop. na rocha (%)	Trama
Toca do Gongo III	C	40-60	qz=81-95; cv=3-10; pl=3-10	MD=0,3-0,5mm; DP=2 phi	Heterogênea	20-40	af=70-95; qz= 5-30	Coloidal, gretada, meniscos	20-40	-	10-40	
	B	30-65	qz=75-87; fs=1-10; cv=10-20; pl=5; mv=3-5	MD=0,3-1mm; DP=2 phi	Homogênea	10-40	af=80-95; qz= 5-10	Coloidal, gretada, meniscos	-	-	5-40	
	A	30-50	qz=95-99; cv=1-3; pl=1; mv=TR	MD=0,25 - 0,5mm; DP=2 phi		40	af=70-80; qz=20-30	Coloidal, gretada, meniscos	-	-	10-30	Semicirculares, alinhados na vertical
Sítio do Meio	E	40-55	qz=86-94; fq=5-10	MD=0,4-0,5mm; DP=2phi	SG	-	-	-	15-40	meniscos	20-30	Pseudo-porosidade moldica
	D	40-60	qz=60-96; fq=1-30; fs=1-5	MD=0,1-4mm; DP= 1-2phi	Homogênea	10-15	af=70-95; qz=5-30	Lamelas concêntricas e meniscos	10-30		10-40	Arranjo semicircular
	B	40-50	qz=77-85; fq=10-15; qs=1-5	MD=0,25-0,3; DP=2,00	Heterogênea	10-40	af=90-95; qz=5-10	Gretada, meniscos	20-40		20-30	
	A	30-60	qz=60-91; fq=5-20; qs=3-10	MD=0,4-1mm; DP=1-2phi	Homogênea	-	-	Coloidal, gretada, meniscos	20-30		20-40	
Perna I	B	50	qz=96; fq=3; qs=1	MD=0,25mm DP=2phi	Homogênea	20	af=90-95; qz=5-10	Coloidal, gretada, meniscos	-	-	30	
	A	50-60	qz=94-99; pl=1; fq=1-3	MD=0,1-0,5mm; DP=1-2phi	Homogênea	10-30	af=85-90; qz=10-15	Coloidal, gretada, meniscos	25-40		10-20	
Toca do Caldeirão dos Rodrigues	B	50	qz=80-85; pl=10; fq=5	MD=0,25mm DP=1-2phi		5-20	af=80-95; qz=5-20	Meniscos	-	-	30	
	A	50-75	qz=65 -70; fq=5-25; pl-até10%	MD=0,25-1mm; DP=1-2phi	Homogênea	-	-	-	5-20		30-45	

As descrições das lâminas delgadas são apresentadas em seguida por sítio arqueológico, e por fácies ou camada, estas ordenadas segundo o empilhamento estratigráfico. Casos de mais de uma lâmina descrita na mesma profundidade devem-se à escolha que se fez de estudar certas camadas sedimentares segundo dois ou mais cortes ortogonais entre si, sendo um deles horizontal. Visando evitar repetições, a descrição dá ênfase aos aspectos mais particulares dos depósitos de cada sítio e àqueles que fogem das características dominantes enumeradas no parágrafo inicial deste item.

7.4.1. Sítio da Toca do Gongo III

Foram analisadas 15 seções delgadas do sítio arqueológico Toca do Gongo III, quatro da fácies A (duas a 1,20m e duas a 0,90m de profundidade), quatro da fácies B (uma a 0,80m, duas a 0,70m e uma a 0,20m) e sete da fácies C (duas a 0,60m, três a 0,45m e duas a 0,15m).

A fácies A é constituída por 30 a 50% de arcabouço, 40% de matriz e 10 a 30% de poros (Figura 34). O arcabouço é composto principalmente por quartzo (95-99%), com presença subordinada de fragmentos de carvão (1-3%), pelotilhas de lama (1%) e muscovita (<1%). Os grãos do arcabouço, apesar do empacotamento aberto, são frequentemente interconectados por matriz. A granulometria modal é areia média (0,25-0,5mm), com seleção ruim (desvio padrão 2 phi). A matriz é composta por material argilo-ferruginoso (70-80%) e por quartzo na fração silte (20-30%). O material argilo-ferruginoso apresenta textura coloidal e aspecto gretado nas porções de maior concentração (Figura 34 a), ou trama em meniscos, nas porções de menor concentração (Figura 34d). A porosidade apresenta distribuição heterogênea, na proporção inversa da concentração de matriz (Figuras 34b, c), com presença de poros interconectados na vertical (Figura 34a) e de zonas semicirculares de maior porosidade (Figura 34c).

A fácies B é composta por 30 a 65% de arcabouço, 10 a 40% de matriz e 5 a 40% de poros (Figura 35a, b). O arcabouço é composto principalmente por quartzo (75-87%), sendo também frequentes fragmentos de carvão (10-20%) (Figura 35d, f), pelotilhas de lama de suposta origem fecal (*pellets*; até 5% - figura 35a, e, f) e muscovita (3-5%). A trama do arcabouço mostra localmente segregação granular quanto a granulometria (Figura 35b). A menor concentração média de matriz, aliada ao empacotamento aberto do arcabouço, favorece porosidade máxima mais elevada que na fácies A. A granulometria modal do arcabouço é areia média a grossa (0,3-1,0mm), com seleção granulométrica muito ruim (desvio padrão 2 phi),

exceto dentro de faixas de segregação granular. A matriz, de textura mais granular ou particulada que na fácies A, é composta em essência por material argilo-ferruginoso (80-95%) e, subordinadamente, por quartzo e carvão na fração silte (5-20%). Identificou-se também a seção transversal de um provável túnel de passagem de insetos, revestido por lamelas concêntricas crenuladas de material argilo-ferruginoso coloidal, com pelotilhas fecais no interior e imediatamente abaixo da bioperfuração (Figura 35f).

Figura 284: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A do sítio Toca do Gongo III: a) aspecto geral, com destaque para má seleção granulométrica e angulosidade do arcabouço, grande quantidade de protomatriz e poros tubulares subverticais (nas laterais da imagem) atribuídos à percolação de água (orientada topo-base); b) segregação subvertical atribuída à passagem de água, com efeito de lavagem parcial de matriz e de grãos mais finos do arcabouço; c) área subcircular com redução da matriz, aumento do tamanho de grão e aumento de porosidade; d) meniscos criados via retrabalhamento eodiagenético da matriz coloidal, por água em circulação sob condições vadosas (orientada topo-base).

Ainda na fácies B, a lâmina Gongo B 0,80m plano¹³ apresentou granulometria modal de areia média (0,25mm), com seleção boa (desvio padrão de 0,50 phi), e grãos subangulosos

¹³ Todas as amostras que têm “plano” no nome, são cortadas na horizontal.

(Figura 35b). Pode-se observar também que, na amostra coletada a 0,70m de profundidade, existem elementos de compactação mecânica incipiente (mica levemente deformada com porosidade secundária). Além disso, parte dos grãos de quartzo apresenta crescimento secundário euédrico, pouco arredondado, provavelmente herdado da rocha fonte sedimentar (arenitos da Bacia do Parnaíba), indicando transporte sedimentar curto.

Figura 35: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B do sítio Toca do Gongo III: a) visão geral da lâmina, com arcabouço mal selecionado, matriz de textura granular e porosidade; b) segregação granular entre duas granulometrias diferentes, em contato; c) área mais porosa de formato tabular, atribuída à retirada eodiagenética de matriz; d) fragmento de carvão no arcabouço; e) visão de detalhe da matriz em meio ao arcabouço, formada por material argilo-orgânico-ferruginoso agregado e por terrígenos e fragmentos de carvão menores que 30µm; f) bioturbação – túnel atribuído à passagem de insetos, com presença associada de pelotilhas fecais.

A fácies C é composta por 40 a 60% de arcabouço, 20 a 40% de matriz e 20 a 40% de poros (Figura 36a). O arcabouço é composto principalmente por quartzo (81-95%), com ocorrência subordinada de fragmentos de carvão (3-10%) (Figura 36c, d), pelotilhas de lama de suposta origem fecal (até 10%), muscovita (<1%) e fragmentos líticos ou intraclastos (traços) (Figura 36b). Sua granulometria modal é areia média (0,3-0,5mm), sendo os grãos pobremente selecionados (desvio padrão 2 phi). A matriz, heterogeneamente distribuída, é composta por material argilo-ferruginoso (cerca de 70%) e por quartzo e carvão na fração silte (Figura 36c).

Figura 36: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies C do sítio Toca do Gongo III: a) arcabouço, em porção do depósito pobre em matriz e, portanto, com elevada porosidade (orientada topo-base); b) fragmento lítico de arenito (ou intraclasto?); c) contraste entre porções do depósito com e sem matriz, esta formada em parte por fragmentos minúsculos de carvão, que aparece também, no meio da imagem, como clasto arenoso (orientada topo-base); d) pormenor do clasto de carvão da imagem c) (orientada topo-base).

7.4.2. Sítio do Meio

Deste sítio, foram analisadas 19 seções delgadas, sendo cinco da fácies A (4,25m; 3,50m e 2,80m de profundidade), quatro da fácies B (2,29m de profundidade), sete da fácies D (1,95m,

1,85m e 1,70m) e três da fácies E (2,65m e 2,16m)

A fácies A é constituída por 30 a 60% de arcabouço, 20 a 30% de cimento e 20 a 40% de poros. Seu arcabouço é composto principalmente por quartzo (91-60%), estando presentes também fragmentos líticos de quartzito e arenito (5-20%), silexito (até 3-10%) (Figura 37a) e, pontualmente, fragmentos de carvão (0-5% - Figura 37a) e raros intraclastos (Figura 37d).

A textura do arcabouço caracteriza-se por granulometria modal que vai de areia média até areia muito fina (0,5-0,1mm). O cimento apresenta cor e constituição semelhante às da matriz argilo-ferruginosa, porém mais puro em filossilicato (Figura 37b, c), e aparenta ter sido formado a partir do retrabalhamento da argila dela derivada.

Figura 37: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A do sítio do Meio: a) visão geral da lâmina, com arcabouço, porosidade e cimento (orientada topo-base); b, c) poros semi-circulares, ou, mais raramente, alongados, cercados por cimento filossilicático com lamelas concêntricas (padrão em pseudo-porosidade móldica) (orientada topo base); d) detalhe de intraclasto, fruto de retrabalhamento de porções subjacentes ou mais proximais do depósito, ricas em matriz.

A fácies B é composta por 40 a 50% de arcabouço, 10 a 40% de matriz, 20 a 40% de cimento e 20 a 30% de poros (Figura 38). O arcabouço é composto principalmente por quartzo monocristalino (77-85%), com presença subordinada de fragmentos líticos de quartzito e arenito (10-20%), além de silexito (até 1-5%). A granulometria modal é areia fina (0,2-0,3mm).

Matriz e cimento mostram distribuição heterogênea, com o cimento aumentando nas áreas com menos matriz. Por este aspecto, e pela relação de contato entre os dois componentes, o cimento aparenta ter sido em grande parte formado a partir do retrabalhamento mecânico da argila da matriz.

Figura 38: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B do sítio do Meio: a) detalhe de arcabouço mal selecionado e subarredondado, com alguma matriz e um fragmento lítico de arenito na base; b) visão geral da lâmina em que se pode observar arcabouço, matriz e porosidade.

A fácies D é composta por 40 a 60% de arcabouço, 10 a 15% de matriz, 15 a 30% de cimento e 10 a 40% de poros (Figura 39a). O arcabouço é composto principalmente por quartzo (60-96%), ocorrendo também fragmentos de quartzito e arenito (1-30%), com presença de sillexito (1-10%) e carvão (até 5 %) (Figura 39b, f). Os sedimentos não possuem segregação granulométrica, mas foi observado alinhamento sub-horizontal de grãos alongados. A granulometria modal do arcabouço é areia fina a média (0,1-0,4 mm). O cimento exhibe textura de lamelas concêntricas e meniscos e eventual arranjo semicircular (Figura 39b), feições indicativas de remobilização de argilominerais.

A fácies E é composta por 40 a 55% de arcabouço, 15 a 40% de cimento e 20 a 30% de poros (Figura 40a). O arcabouço é composto principalmente por quartzo (60-91%), com presença subordinada de fragmentos líticos de quartzito e arenito (5-10%), inclusive arenito cimentado por mineral opaco (Figura 40d), e presença pontual de sillexito (até 3%). Na trama, destaca-se a presença eventual de segregação granular quanto à granulometria (Figura 40a). A granulometria modal é areia média (0,3 a 0,6 mm). O cimento filossilicático exhibe disposição em menisco e em pseudo-porosidade móldica (isto é, ao redor de poros semicirculares), com lamelas internas concêntricas (Figura 40b, c).

Figura 39: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies D do sítio do Meio: a) porção do depósito pobre em matriz e com alta porosidade; b) detalhe de fragmentos de carvão e de poros semicirculares cercados por matriz, provavelmente produzidos por circulação de água eodiagénica; c) heterogeneidade na distribuição de matriz; d) túbulos subverticais com variação na quantidade de matriz e na granulação do arcabouço; e) detalhe de área rica em matriz; f) matriz escura (rica em carvão?) junto a grãos angulosos de quartzo com inclusão de muscovita.

Figura 40: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies E do sítio do Meio: a) visão geral da lâmina em que podem ser observados arcabouço, porosidade e cimento, este delimitando poros circulares e ovalados; notar evidente segregação por tamanho de grão; b) cimento em menisco; c) detalhe de menisco, com lamelas internas, no entorno de grão de quartzo; d) grão de mineral opaco com inclusões de grãos de quartzo, interpretado como fragmento lítico proveniente de crostas ferruginosas sobre arenitos da Bacia do Parnaíba.

7.4.3. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues

Foram analisadas seis seções delgadas do sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues, sendo quatro relativas à fácies A (uma de 2,00 m, duas de 1,45 m e uma de 1,20 m de profundidade) e duas à fácies B (0,75 m de profundidade).

A fácies A é constituída por 50-75% de arcabouço, 5 a 20% de cimento e 30 a 45% de poros. O arcabouço é composto principalmente por quartzo (65-70%), com presença subordinada de fragmentos líticos de quartzito e arenito (5%) e ocorrência pontual de pelotilhas fecais (até 10%). A granulometria modal é de areia fina a grossa (0,2-0,7mm) (Figura 41b). A matriz apresenta textura particulada e mostra sinais de reatrabalhamento eodiagenético. Poros

semicirculares de até 500 μm , delimitados por partículas de matriz escura orientadas sugerem influência de bioturbação.

Figura 41: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A (orientadas topo-base) do sítio Caldeirão dos Rodrigues: a) aspecto geral da lâmina, com arcabouço de quartzo subanguloso, matriz de quartzo na granulação silte médio e argila de aspecto particulado, e poros semi-circulares, de falso aspecto móldico (seta); b) detalhe de poro semicircular, atribuído a remobilização da matriz; neste caso em particular, a orientação das partículas de matriz nas paredes do poro é sugestiva de origem do poro por bioturbação.

A fácies B é composta por 50% de arcabouço, 5 a 20% de matriz e 30% de poros. O arcabouço é composto por quartzo (85-95%) e fragmentos líticos de quartzito e arenito (5%) e de silexito (10%). Os sedimentos não possuem segregação granulométrica embora pareça existir orientação preferencial incipiente (Figura 42). A granulometria modal é de areia média (0,25mm), com seleção ruim (desvio padrão de 1 a 2 phi) (Figura 42a). O aspecto finamente particulado da matriz, com presença de material opaco preto, sugere possível associação do material argilo-ferruginoso com carvão fino (figura 42b).

Figura 42: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies B (orientadas topo base) do sítio Caldeirão dos Rodrigues: a) visão geral da lâmina, numa porção com pouca matriz e elevada porosidade; b) detalhe de porção do depósito mais rica em matriz, com indícios, no meio da imagem, de geração de porosidade secundária por carreamento da matriz.

7.4.4. Sítio do Baixão do Perna I

Deste sítio, foram analisadas cinco seções delgadas, sendo quatro da fácies A (0,25-0,18cm e 2,15 m de profundidade) e uma da fácies B (1,09-1,03m de profundidade).

A fácies A é composta por 50 a 60% de arcabouço, 30% de matriz, 25% de cimento e 10 a 20% de poros (Figura 43a). Segregação granular é difícil de se observar, mas alinhamentos de grãos ocorrem às vezes. O arcabouço é composto principalmente por quartzo (96-99%), com presença também de fragmentos líticos de quartzito e arenito (1-5%) e, pontualmente, de fragmentos de carvão (1%) (Figura 43d) e concentrações de pelotilhas de possível origem fecal (Figura 43b). É raro identificar segregação granular e/ou orientação preferencial. A granulometria modal varia de areia média a areia grossa (0,25-1,0 mm). A matriz exhibe coloração marrom escuro e aspecto coloidal, e sua fração argilo-ferruginosa forma localmente lamelas concêntricas e meniscos (Figura 43c), sugerindo remobilização eodiagenética.

Figura 43: Fotomicrografias a polarizadores paralelos da fácies A (orientadas topo e base) do sítio do Perna: a) visão geral da lâmina, evidenciando presença de arcabouço, matriz e poros; b) concentração de *pellets*; c) pormenor de lamelas semicirculares concêntricas no cimento, atribuídas a remobilização eodiagenética de argila oriunda da matriz; d) fragmento de carvão; notar também, no entorno, matriz modificada e poros alongados subverticais

A fácies B é composta por 50% de arcabouço, 15% de matriz, 5% de cimento e 30%

de poros (Figura 44a). A remobilização da argila desta matriz, na forma de meniscos e lamelas concêntricas, é frequente (Figuras 44b, c), tornando muito difícil e quase aleatória a distinção entre matriz e cimento. O arcabouço é composto principalmente por quartzo (96%), com presença subordinada de fragmentos líticos de quartzito e arenito (3%) e de placas de muscovita (1%). A granulometria modal é de areia média a fina (0,2 a 0,6 mm). A composição, trama e textura da matriz são similares às da fácies subjacente, mas a coloração da fração argilo-ferruginosa é mais avermelhada, sugestivo de maior proporção de argilominerais em relação a óxi-hidróxidos metálicos (Figura 44 a). Poros alongados irregulares são comuns (Figura 44c, d).

Figura 29: Fotomicrografias a polarizadores paralelos (a, b) e cruzados (c, d) da fácies B do sítio do Perna: a) visão geral da lâmina com arcabouço, matriz e poros; b) visão com maior aproximação, evidenciando remobilização da argila da matriz na forma de lamelas concêntricas; c) grão de quartzo com inclusão de turmalina, ladeado a sua esquerda por cimento e poro alongado irregular; d) pormenor de grão de quartzo policristalino, ladeado à esquerda por poro alongado irregular.

8. Discussão

Este item é dedicado à apresentação de hipóteses, com base na integração dos diferentes tipos de resultados de campo e laboratório aqui obtidos, inclusive construção de banco de datações prévias, bem como no cruzamento e confronto destes resultados com dados da bibliografia.

8.1. Processos deposicionais envolvidos no preenchimento dos abrigos

8.1.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI

O sítio do Justino VI situa-se próximo ao talvegue de uma drenagem intermitente que hoje se encontra aparentemente incisa uma dezena de metros nos sedimentos que ladeiam o paredão de arenito (Figuras 3 e 7).

É provável, portanto, que a sedimentação da toca possa ter tido influência da sedimentação associada a esta drenagem, em momentos de nível de base de erosão local mais alto que o atual. A ordem de grandeza das idades LOE obtidas no sítio indica que esta sedimentação se deu mais de 15 mil anos atrás, período de tempo que parece suficiente para a mudança de nível de base e a incisão do talvegue.

A análise de fácies no preenchimento sedimentar deste sítio mostra forte contraste entre as fácies A e B, cujas características, como má seleção, concentrações delgadas de seixos e aspecto maciço, permitem sugerir transporte e deposição de alta concentração na forma de enxurradas desconfinadas (*sheet floods*), e a fácies C, em que a laminação heterolítica é compatível com a alternância, sob regime de menor energia, de processos de transporte trativo e processos de decantação de argila e fitodetritos, principalmente folhas (Tabela 6). Nos resultados granulométricos deste sítio (Figura 29), as amostras do topo da fácies A e da fácies B diferem das da fácies C pela maior representatividade da moda subordinada, em silte, o que se supõe refletir a característica de fluxo concentrado, viscoso.

Já a fácies C mostra uma variação nas curvas granulométricas, ao longo da sucessão, que pode estar ligada ao grau de contribuição relativa de três processos sedimentares distintos, responsáveis pelas três modas que nela estão presentes. A moda em areia pode ser associada ao transporte subaquoso trativo nos momentos de ativação da drenagem efêmera; a moda em silte relaciona-se ao transporte unidirecional de partículas em suspensão; este tipo de transporte pode acontecer simultaneamente com a tração de fundo que carrega a areia, o que deve ter ocorrido, por exemplo, na camada IX, na qual as duas modas, de areia e de silte, estão

equilibradamente representadas; já a moda em argila refletiria a decantação subaquosa nas fases de estagnação do corpo de água, após encerrado o fluxo unidirecional. É provável que a deposição das folhas que se alternam com as camadas arenosas desta fácies ocorra logo em seguida às fases de decantação argilosa.

8.1.2. Sítio da Toca do Gongo III

As idades holocênicas tardias encontradas nas fácies sedimentares estudadas no sítio do Gongo permitem interpretar que sua deposição se deu provavelmente num contexto geomorfológico não muito diferente do atual, que é aos pés de um morro testemunho residual de dissecação do flanco reverso da cuesta. Este contexto coloca-o, na escala regional (de menos de 10 km), sob influência das drenagens consequentes que se dirigem para N, subparalelamente à orientação do paredão principal. Em escala local, ao atingir o abrigo, estes fluxos desviam-se para E, interior da toca, como sugerido pelo caimento do contato entre as fácies A e B e das estratificações internas de ângulo baixo, mais nítidas nas fácies superiores, B e C (Tabela 7).

Os resultados de análise de fácies do preenchimento sedimentar do sítio (Tabela 7) indicam o aumento gradual, para cima, da participação de processos trativos (torrentes concentradas), em detrimento dos fluxos de detritos coesivos. A variação granulométrica da base para o topo (fácies A para C), ilustrada na Figura 29, mostra três tendências: a moda subordinada na cauda dos finos, presente nas fácies A e B, desaparece em C; a quantidade relativa de grãos mais finos, principalmente silte, diminui; e a moda em areia torna-se ligeiramente mais fina na fácies superior. Estas tendências, que se traduzem no afinamento da fração areia e no caráter mais unimodal da distribuição na fácies C, são coerentes com a atribuição desta fácies a torrentes trativas de alta concentração, cuja capacidade de seleção é reconhecidamente maior que a de fluxos de detritos coesivos, tipo de processo deposicional que influenciou a deposição das fácies B e, sobretudo, A.

Na análise petrográfica do preenchimento sedimentar deste sítio, a mudança no aspecto (trama e textura) da matriz da fácies A, para as fácies B e C, é nítida. Ela pode ser associada à alteração nos processos deposicionais envolvidos. A fácies A distingue-se pela abundância de matriz cujo componente argilo-ferruginoso exhibe aspecto coloidal, com frequente formação de meniscos (Figura 34), o que é sugestivo de remobilização mecânica por água em circulação sob condições vadosas, logo após a deposição. Nesta mesma fácies, poros interconectados na vertical (Figura 34a) e zonas semicirculares de maior porosidade (Figura 34c) podem ser

atribuídas ao movimento eodiagenético da água intersticial, com poder de remoção parcial e remanejamento do material argiloso.

A abundância de protomatriz típica e a trama desorganizada do arcabouço da fácies A são compatíveis com a deposição por fluxos de detritos coesivos, processo interpretado na análise de fácies (Tabela 8). Distribuição heterogênea da matriz, segundo feições discordantes ao acamamento, associada à presença de poros subverticalmente alinhados, indicam ou escape de água logo após a deposição, fenômeno esperado em depósitos episódicos de massa, em que é normal algum excesso de água ficar aprisionado em meio aos sedimentos, ou descenso de água devido à redução da saturação aquosa do depósito ao término do fluxo.

As fácies B e C, bastante semelhantes entre si nas características petrográficas, diferem da fácies A pela textura mais particulada e abundância ligeiramente menor da matriz, pela porosidade em média mais elevada e pelo aumento significativo na presença de fragmentos de carvão, ocorrendo tanto como clastos do arcabouço quanto em partículas finas constituintes da matriz. A fácies B distingue-se ainda pela presença de camadas com granulometrias diferentes (Figura 29). Sendo a fácies B a que detém maior relevância do ponto de vista arqueológico, por abrigar enterramentos humanos, a elevação no teor de carvão desta fácies para cima é coerente com o aumento da influência da produção de carvão antrópico, ainda que não possa ser inteiramente descartada a hipótese alternativa de carvão gerado por queimadas naturais. Já do ponto de vista sedimentológico, as diferenças de concentração e textura de matriz entre as fácies A e B/C são compatíveis com o aumento, para cima, da participação de torrentes trativas na sedimentação, em detrimento dos fluxos coesivos, conforme sugerido pela análise de fácies (Tabela 8). O aumento do caráter trativo ao longo da sucessão estratigráfica elevaria a capacidade de erosão, o que ajudaria a explicar o incremento na quantidade de partículas de carvão, possivelmente arrastadas de antigas fogueiras, nas fácies B e C.

8.1.3. Sítio do Meio

O sítio do Meio encontra-se hoje entre duas drenagens efêmeras que descem o flanco reverso da cuesta, portanto rumo SE, em curso acidentado, com formação de cachoeiras (Guidon, 2014). Embora estas drenagens sejam importantes para o fornecimento de sedimentos para o interior do sítio, na escala local, e com base no que foi observado nas fácies inferiores (A e B), o rumo de mergulho das estratificações cruzadas, para NE, o alinhamento preferencial dos clastos rudáceos (a(t)b(i)) segundo SE-NW e o aumento do tamanho destes clastos de dentro para fora da toca sugerem que o fluxo sedimentar contornava o abrigo, sub-

paralelamente ao paredão. De acordo com este modelo interpretativo, o fluxo mais confinado e energético das correntes e enxurradas ficava para SE (fora), e desse modo, somente a porção marginal e menos energética do fluxo, e onde ficavam os clastos mais finos, chegavam ao interior da toca. Esta interpretação, aliada à criação de inúmeros nichos junto às irregularidades das paredes do sítio, é compatível com o bom estado de preservação de vestígios arqueológicos, inclusive alguns *in situ*.

Os processos interpretados para as fácies (Tabela 8) foram basicamente três: tração, gerando migração de megaformas onduladas de regime de fluxo de Froude inferior (fácies A); torrentes concentradas (fácies B, C e E); e tração simultânea com suspensão, gerando marcas onduladas cavalgantes (D), também de regime de fluxo inferior. As diferenças entre as fácies B, C e E são antes de confinamento de espaço deposicional (E depositado em fendas) e de rapidez de sedimentação (maior em B, cuja deposição foi por isso seguida de fluidificação) de que propriamente de mecanismo deposicional.

Os resultados granulométricos (Figura 30) confirmam a diferenciação de mecanismos interpretados na análise de fácies: a fácies D distingue-se das demais por ter as modas de argila e silte mais bem representadas que a moda de areia; esta diferença é compatível com o fato de ela ser a única neste sítio a ter sido depositada por desaceleração de fluxo (Tabela 8), portanto com intensa deposição simultânea de material por decantação e tração, conforme indicado pela associação entre marcas onduladas cavalgantes e convoluções; já dentre as demais fácies, todas predominantemente trativas, a fácies A distingue-se por ser mais pobre em argila que as fácies B, C e E, o que reforça a interpretação de que A foi depositada por corrente (turbulenta), enquanto B, C e E depositaram-se por torrente concentrada (mais viscosa).

Este modelo interpretativo é reforçado ainda pelos resultados de análise petrográfica. A fácies A, trativa, não contém matriz, a exemplo da fácies E, atribuída na análise de fácies a esforço trativo de torrente concentrada sobre fendas ou sob o teto de arenito. A maior influência de tração na deposição desta fácies, devido ao confinamento das torrentes em nichos estreitos, foi reforçado também pela identificação de segregação granular (Figura 39). Desse modo, tudo indica que a argila presente na fácies E deva-se tão somente à existência de cimento filossilicático.

Outro resultado petrográfico que chama a atenção nos depósitos do sítio do Meio é a aparente ausência de fragmentos de carvão, exceto quantidades muito reduzidas na fácies A, trativa. Se for admitida a origem antrópica deste carvão, há pelo menos duas linhas de interpretação alternativas para este resultado: 1. o preenchimento sedimentar (datado por LOE, com reservas, entre 156 e 34 ka AP) é essencialmente anterior à ocupação; 2. o preenchimento

é contemporâneo à ocupação, mas apenas os processos mais trativos, representados pela fácies A, exerceram algum poder de erosão sobre os níveis ocupacionais então expostos que contivessem restos de fogueiras.

O comportamento diferenciado do sítio do Meio, em comparação com os demais sítios, quanto à tendência de aumento do grau de seleção granulométrica com o afinamento do sedimento e também com a redução da assimetria da curva de distribuição (tabela com cômputo de pelíticos, anexo 1) pode ser atribuído ao fato de que este é o único sítio em que apenas os processos trativos, de corrente e torrente concentrada, estão presentes, sem registro de fluxo de detritos coesivos. Nos fluxos de detritos, o afinamento do tamanho médio do depósito é favorecido pela maior presença de matriz, cujo efeito, contrariamente ao observado no sítio do Meio, é de piora do grau de seleção e de aumento da assimetria. Desse modo, o comportamento geral das estatísticas de distribuição granulométrica dos sítios estudados é consistente com os resultados de análise de fácies destes sítios e suas respectivas interpretações de processos deposicionais.

8.1.4. Sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues

O contexto geomorfológico regional do sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues é de frente de cuesta, portanto influenciado pelo suprimento de sedimentos por pequenas drenagens obsequentes, rumo SE, mas também com influência local de um boqueirão profundo (várias dezenas de metros) orientado nessa direção. O topo do preenchimento sedimentar tem aparentemente formato de bacia, mais deprimida no meio do paredão de direção NNE-SSW e também para fora da toca (ESE). Houve dificuldades de obter datações LOE em amostras não saturadas, com uma única idade metodologicamente aceitável (134 ka).

Os processos deposicionais interpretados via análise de fácies variaram entre torrentes concentradas, para a fácies A, e fluxos de detritos coesivos, para a B (Tabela 9). Em termos de curva de distribuição granulométrica (Figura 31), a fácies A distingue-se de B pela maior agudez (caráter leptocúrtico) e dominância da moda em areia, o que são de fato características condizentes com a lavagem mais eficiente de finos permitida pelas torrentes, em comparação com os fluxos coesivos. Na fácies B, a leve tendência detectada para engrossamento da moda silte, estratigrafia acima (da camada I para a IV), sugere um aumento, no tempo, do poder de transporte dos episódios de fluxo de detritos coesivo.

Petrograficamente, os depósitos da fácies B são menos porosos que os da A, o que pode ser atribuído à conexão mais eficiente entre os grãos do arcabouço pela matriz do fluxo de

detritos coesivo. Diferentemente do observado no sítio do Meio, não existe uma diferença clara de textura e trama da matriz entre a fácies de torrente e a de fluxo de massa. Em ambas as fácies, a matriz tem aspecto particulado, o que já pudera ser notado, ao tato, na descrição de fácies em campo, quando se suspeitou da influência de argila agregada por pedogênese, inclusive bioturbação. Também em campo, os depósitos deste sítio mostravam tubos verticais de diâmetro milimétrico, aparentemente produzidos por cupins ou formigas, principalmente na camada superior (IV) da fácies B. Nas lâminas, as evidências de bioturbação foram claras (na fácies A), na forma de poros semicirculares de até 500 µm, delimitados por partículas de matriz paralelamente orientadas às paredes dos poros, e também pela presença de *pellets*.

8.1.5. Sítio do Baixão do Perna I

O sítio do Perna situa-se em contexto geomorfológico regional e local similar ao sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues: fundo de boqueirão em frente de cuesta, com preenchimento mergulhando para fora do abrigo (ESE), porém em zona algo mais dissecada pelas drenagens obsequentes.

Neste sítio, os processos deposicionais interpretados na análise de fácies foram fluxo de detritos coesivos, para a fácies A, e tração, com migração de megaformas em regime de fluxo inferior, para a fácies B (Tabela 10). As distribuições granulométricas (Figura 31) das três camadas da fácies B atribuídas a correntes trativas (III, IV e VI) destacam-se como as de menor teor de argila e menos tendência a trimodalidade, o que pode ser atribuído a lavagem mais eficiente de finos pela corrente turbulenta.

As duas fácies deste sítio são petrograficamente muito semelhantes, exceto pela maior presença de fragmentos líticos, e pelo registro de pelotilhas e pequena quantidade de carvão (1%) no arcabouço da fácies A. Ao microscópio, o único indício da diferença de processo deposicional (fluxo de detritos coesivos, em A, versus tração, em B) interpretada na análise de fácies, é a existência mais clara de matriz em A (Figura 42), enquanto, em B, a distinção entre matriz e cimento é extremamente difícil, com sinais mais frequentes de translocação diagenética de argila (Figura 43). O aspecto textural da matriz das fácies atribuídas a fluxo de detritos coesivos é o de pasta coloidal.

8.2. Idade do preenchimento sedimentar e da ocupação humana

8.2.1. Sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI

Deste sítio, pode-se ponderar que não só a proximidade com o paredão de arenito, mas também a sua posição, próxima a uma drenagem efêmera, influenciaram diretamente a deposição de sedimentos. Ainda que majoritariamente provenientes da erosão do paredão de arenito adjacente, os sedimentos poderiam ter contribuição subordinada de fontes mais distantes, através de inundações fluviais. A fácies C, por ser a de topo, é a que melhor reflete as condições atuais e, portanto, a influência do contexto de drenagem efêmera e da presença de água intermitente. Nesse contexto, a alternância entre camadas de sedimentos arenosos e camadas de folhas associadas a matéria orgânica pode estar diretamente relacionada a mudanças climáticas marcantes ocorridas ao longo dos últimos 5 mil anos (Guidon, 2015).

Quanto aos vestígios encontrados na escavação, podem-se destacar: fogueiras, materiais líticos e painéis pintados que se descolaram do paredão e foram incorporados ao depósito (Figura 17). Há evidências de que parte dos materiais líticos foram trabalhados no próprio local, isto é, presença de lascas que se encaixam, o que mostra que o abrigo possuía função de oficina. Já em relação aos fragmentos de painéis pintados, a datação de carvões contidos nas camadas em que estes fragmentos foram encontrados, feitas pela Fundham, permitiu obter idades mínimas para as pinturas (de 9390 a 5240 anos AP) (Guidon, 2015). Infelizmente, não se identificam as profundidades exatas em que se fizeram as datações.

Como forma de apresentação dos dados datados mais importantes da escavação neste sítio, foi elaborada a Tabela 14.

Tabela 3: Associação dos vestígios encontrados com as datações de carvões por ^{14}C , por camada sedimentar (Guidon, 2015), no sítio Toca da Roça do Justino Aquino VI.

Datação (anos cal AP)	Vestígios de ocupação encontrados
9610 a 5240	305 fragmentos de placas pintadas; 42 ferramentas; 256 lascas com córtex; 61 lascas sem córtex; 17 núcleos; 20 estilhas; total de 396 peças
5240	16 ferramentas; 46 lascas com córtex; 31 lascas sem córtex; três estilhas; 10 núcleos
9390 a 5240	Placas pintadas

As idades LOE obtidas nesta tese, que variam entre 33 e 19 ka, referem-se à fácies A, atribuída a fluxo de detritos coesivo, enquanto o registro de vestígios (artefatos líticos, placas de arenito com pinturas, fogueiras) restringe-se às fácies B e C, estratigraficamente acima

(Figura 21 = seção colunar). Assim, as idades aqui obtidas permitem afirmar que, neste sítio, não há evidência de ocupação anterior a 19 ka.

8.2.2. Sítio da Toca do Gongo III

A datação LOE mais precisa obtida no sítio Toca do Gongo III nesta tese foi a da fácies B, 89 cm de profundidade, com 4831 ± 341 anos. Ela teve como base todas as 24 alíquotas aprovadas nos testes do protocolo de datação adotado e com dispersão baixa (8,5%). A baixa dispersão entre as alíquotas datadas indica que não houve mistura entre camadas de diferentes idades, via processos pós-deposicionais. A ausência de grande mobilização pós-deposicional de sedimentos sugere que vestígios arqueológicos eventualmente presentes na fácies B estejam *in situ*.

Os vestígios arqueológicos mais importantes da escavação, como urnas funerárias e peças de cerâmica, estão de fato nessa fácies. Os ossos humanos, datados por Solari *et al.* (2018) em 1389-1440 anos cal AP e 1536-1626 cal anos AP, encontravam-se em enterramentos que aparentemente cortam as fácies B e C, e que portanto foram feitos *a posteriori* em relação à sedimentação destas fácies. Desse modo, a relação encontrada, vestígio arqueológico (datado por ^{14}C) mais novo que depósito sedimentar (datado por LOE), é estratigraficamente coerente.

Mesma relação não foi encontrada, porém, na datação LOE da amostra mais superficial da fácies C, a 30 cm de profundidade, cuja idade obtida (*common age* de 542 ± 38 anos) é cerca de 1000 anos mais nova que as idades ^{14}C calibradas do conteúdo das urnas funerárias. Há pelo menos duas explicações possíveis para esta aparente incoerência estratigráfica. A primeira é de problemas de ordem metodológica na datação LOE. De fato, a amostra datada teve 18 alíquotas aceitas, mas com dispersão muito grande (mais de 50 %), o que sugere a possibilidade de mistura pós-deposicional ou fotoesvaziamento incompleto dos grãos antes da deposição. A explicação alternativa é que a porção da fácies C datada corresponda a um delgado horizonte posterior ao nível de ocupação da época em que ocorreu o enterramento. Desse modo, a datação LOE não implicaria incongruência estratigráfica com as datações ^{14}C prévias.

Um terceiro resultado de datação LOE, referente a amostra coletada na fácies C à profundidade de 40 cm, forneceu idade de 2521 ± 200 anos. Apesar da coerência com as idades da fácies B, mais antiga, e do enterramento, mais novo, e de ter apresentado dispersão pequena (5,6%), a amostra datada teve baixa sensibilidade ao LOE, tendo sido aproveitadas somente sete alíquotas para a datação. Isto é indício de que o processo sedimentar atuante na deposição não tenha favorecido o fotoesvaziamento da maioria dos grãos.

Os resultados das datações LOE, e seu significado, devem ser discutidos também em vista dos processos deposicionais envolvidos nas fácies datadas. A variação granulométrica na sucessão de fácies do preenchimento sedimentar do sítio Toca do Gongo III, com decréscimo progressivo no teor de finos de A para C, é compatível com o aumento gradual, para cima, da participação de processos de transporte sedimentar trativo, na forma de torrentes, em detrimento de fluxos de detritos coesivos, conforme sugerido pela análise de fácies, na Tabela 7. Esta interpretação é apoiada também pelo aumento da nitidez das estratificações nas fácies B e, sobretudo, C. Os processos trativos crescentes aumentariam a eficiência na eliminação hidrodinâmica de finos. O transporte e deposição por torrentes trativas é, pelo menos em tese, mais favorável à exposição dos grãos à luz e, portanto ao fotoesvaziamento eficiente (Guedes *et al.*, 2013), do que o processo de fluxo de detritos coesivo. Aceita esta premissa e a interpretação de fácies da Tabela 7, parece algo surpreendente que a fácies C, a de maior nitidez das estratificações (análise de fácies - item 7.1.2.), menor presença de pelíticos (Figura 29) e, portanto, maior influência de deposição trativa, tenha tido mais indícios de fotoesvaziamento incompleto. Há duas hipóteses para explicar esse resultado. A primeira é que o processo deposicional interpretado para a fácies C, torrentes concentradas (Tabela 7), se for de alta energia e volumoso, também envolve deposição rápida e assim pode desfavorecer o fotoesvaziamento tanto quanto um fluxo de detritos.

A segunda hipótese para explicar o fotoesvaziamento incompleto na fácies C é a de que o menor teor de finos nesta fácies, em comparação com a fácies B, seja antes produto de processos pós-deposicionais de que, propriamente, de mecanismo de transporte e deposição. A favor desta hipótese, é importante notar que as análises de petrografia neste sítio são sugestivas da ocorrência de processos de remobilização de argila em condições vadasas. Assim, o aumento de pelíticos para a base da sucessão poderia ter sido propiciado pela infiltração gradual desses materiais mais finos rumo às camadas mais profundas (por exemplo de C para B), permitida pelo arcabouço aberto e pela porosidade e permeabilidade dos depósitos. Nesta segunda hipótese, o silte e a argila da fácies B teriam caráter em grande parte pós-deposicional, vindo da fácies C, o que pode ser considerado em vista da presença de cimentos em menisco em parte das seções delgadas analisadas. Esta, no entanto, é a menos provável das duas hipóteses, por ser a menos parcimoniosa e também porque os indícios petrográficos de remobilização de argila são muito mais nítidos na fácies A de que na B e na C.

8.2.3. Sítio do Meio

No sítio do Meio, coletaram-se para datação somente duas amostras; uma na fácies A, com estratificação cruzada atribuída à migração de formas de leito; e outra na fácies D, com marcas onduladas cavalgantes, atribuída à tração simultânea com suspensão, sob condição de desaceleração de fluxo (Tabela 8). Cabe lembrar que, em ambas as fácies, a sedimentação pode ter sido rápida, volumosa, de tal modo que os grãos com maior possibilidade de “zerar” o seu sinal (fotoesvaziar) são os que ficam no topo do depósito; por isso, tentou-se amostrar os topos das camadas.

A primeira amostra, coletada a 2,26 m de profundidade, na fácies A, foi datada em 158514 ± 11542 . Esta idade obteve-se a partir de cinco alíquotas, tendo sido difícil encontrar um sinal LOE de qualidade; no entanto a sua dispersão foi de no máximo 11,5%, o que mostra que não houve mistura entre camadas. Tentou-se fazer uma datação *single grain*, mas não foram obtidos resultados aceitáveis, de onde se deduziu que o sedimento pode não se ter fotoesvaziado ou que seus grãos de quartzo são pouco sensíveis.

A segunda amostra, pertencente à fácies D, a 1,95 m de profundidade, foi datada em 34318 ± 2203 anos, resultado obtido a partir de 20 alíquotas, com uma dispersão, aceitável, de 17,7%.

Apesar dos problemas com a amostra da fácies A, os valores de dispersão baixos e aceitáveis nas duas amostras pode indicar, como conclusão geral, que não houve mistura de sedimentos de camadas diferentes por processos pós-deposicionais. A idade LOE da fácies A não pode ser usada com segurança para interpretações geoarqueológicas. Já a idade LOE da fácies B é da mesma ordem de grandeza das idades ^{14}C mais antigas relatadas por Guidon & Pessis (1993) para este sítio, entre cerca de 30 a 23 ka.

O preenchimento sedimentar do sítio do Meio teve sua sucessão dividida em cinco fácies, sendo três (A, B e C) abaixo de um paleoteto de arenito *in situ* e duas (D e E) acima dele (Tabela 8). Este paleoteto corresponde ao que na descrição original da Fundham fora considerado como a “unidade II”, então interpretada como uma camada constituída por grandes matacões caídos (Guidon *et al.* 2014). A interpretação alternativa, adotada aqui, é que essa unidade represente não a depósito sedimentar quaternário de preenchimento do sítio, mas sim um paleoteto de abrigo (arenito eopaleozoico *in situ*), cujas fraturas delimitam blocos métricos pouco ou nada movimentados. Seria, assim, um resquício de erosão diferencial do arenito Ipu. Os argumentos para esta reinterpretação são: 1. a continuidade das estratificações cruzadas desta “unidade II”, seja entre seus diferentes blocos, seja com as paredes internas do abrigo; 2.

o preenchimento de suas fraturas mais largas (subdecimétricas) por seixos angulosos de arenito similares aos da unidade quaternária acima (III de Guidon *et al.*, 2014; fácies D, nesta tese); 3. o fato de que tetos duplos (abrigos com “dois andares”) são feição comum e recorrente nos abrigos da região, podendo-se supor, portanto, que, em alguns casos, como aqui, o compartimento inferior do abrigo já teria sido quase inteiramente assoreado; 4. as características sedimentológicas da fácies estratigraficamente acima, compatíveis com deposição por desaceleração de fluxo em espaço limitado, e comumente encontradas no preenchimento clástico de cavernas por exemplo (Laureano *et al.*, 1997).

Guidon *et al.* (2014) atribuíram a dificuldade de conservação *in situ* de vestígios de ocupação, neste sítio, ao que interpretaram como sucessivas ocorrências de fluxos de lama no preenchimento sedimentar, exceto do horizonte mais superficial, dos primeiros 30 cm, cujo processo deposicional interpretado pelos autores foi a erosão laminar da parede rochosa do abrigo, e onde foram encontrados vestígios sem perturbações. O colar de contas *in situ* encontrado em um nicho entre blocos, a aproximadamente 1m de profundidade indicaria, segundo os autores, que, de alguma forma, estes blocos protegeram o registo dos fluxos de lama descritos. Outro fator que deve ser considerado, além deste provável efeito nicho, é a viscosidade elevada e portanto, a baixa capacidade de erosão dos fluxos. Embora não se tenham encontrado evidências de que se trate de fato de fluxos de lama, como aventado por Guidon *et al.* (2014), os resultados da análise de fácies desta tese sugerem, de qualquer modo, o predomínio de fluxos com certa viscosidade (torrentes concentradas, sobretudo nas fácies B, C e E) e, talvez mais importante do que isso, que estes fluxos contornavam o abrigo, tendo portanto energia mais baixa no interior da toca.

Guidon *et al.* (2014) descreveram manchas de carvões fora das estruturas de fogueiras e atribuíram-nas a passagem de fluxos sedimentares por sobre os níveis ocupacionais, que, segundo eles, arrastariam a maioria dos carvões das estruturas. No entanto, nesta tese, indícios petrográficos de carvões incorporados nos depósitos sedimentares foram encontrados somente na fácies atribuída a transporte trativo (A), o que reforça a ideia de que os fluxos mais viscosos (torrentes), dominantes nas fácies estratigraficamente acima, tinham poder de erosão limitado, daí a boa preservação de vestígios arqueológicos *in situ*. Na hipótese de estes carvões da fácies A serem de fato de fogueiras, e não de queimadas naturais, e admitida a idade de cerca de 34 ka para a fácies D, posicionada estratigraficamente acima, os carvões indicariam ocupação anterior a essa data.

8.2.4. Sítio Toca Caldeirão dos Rodrigues

A Toca Caldeirão dos Rodrigues foi escavada pela primeira vez no período de 1978 a 1980, quando foi escolhido um local perto da parede pintada onde havia indícios de queda de blocos. Essa escolha acabou por contemplar uma espécie de nicho, que ficou protegido da erosão e da deposição pelo processo sedimentar superimposto, aqui interpretado como à base de fluxos viscosos.

O sítio voltou a sofrer intervenção arqueológica em 1993, dirigida por Fabio Parenti, que deduziu que a maior parte da sedimentação no abrigo teria sido formada por “lentes aluvionais” (Parenti, 1996). Este autor relatou dificuldades em encontrar materiais que pudessem ser datados e alertou para a presença de cupinzeiros, o que pode ter-se refletido na bioturbação (Figura 40) e na produção de pelotilhas (Figura 40), identificadas nos resultados de análise petrográfica deste sítio nesta tese. Não se descarta a possibilidade, já levantada por Fabio Parenti em sua caderneta de campo (arquivo Fumdhm) de alguns registros poderem ter sido arrastados pelos fluxos sedimentares, principalmente os menos viscosos deste sítio, representados pelas torrentes da fácies A.

Foram recolhidas quatro amostras para datação LOE no sítio Toca do Caldeirão dos Rodrigues, das quais somente uma (da fácies A, a 165 cm de profundidade) pode ser datada em alíquotas únicas, pelo protocolo SAR. A tentativa de datar as amostras restantes (de 25 cm, 95 cm e 120 cm de profundidade), por *single grain*, não forneceu idades aceitáveis, mas evidenciou a quase ausência de sinal LOE, indicando quartzo de baixa sensibilidade à luminescência. A amostra datada, com 134471 ± 45560 anos, mostrou dispersão muito alta (80%) e somente seis alíquotas aceitas. Identificaram-se tanto alíquotas com a dose equivalente muito próxima da saturação (limite máximo de detecção do método) quanto alíquotas com dose equivalente bem mais baixa, sugestivas de sedimentação recente. Esta situação indica mistura de sedimentos de camadas diferentes ou fotoesvaziamento incompleto. Desse modo, a datação, ainda que de significado cronológico discutível, dá informações sobre uma provável mistura de sedimentos, o que é até certo ponto esperado na deposição por torrentes e fluxos de massa, interpretada via análise de fácies; nas seções delgadas, a falta de segregação granular e de orientação preferencial dos grãos do arcabouço reforça a ideia de que estes episódios de fluxos de massa predominaram na sedimentação.

8.2.5. Sítio do Baixão do Perna I

Este sítio parece ter sido multi-funções: de habitação, de oficina e simbólica ou ritual. Foram encontradas duas fogueiras datadas de 9,5 a 10 ka (escavação de 1973 – arquivo Fumdam), dentro do 1,2m superior do preenchimento. Parte das pinturas do paredão estava enterrada e havia vestígios de lascamento para produção de líticos.

Resultados obtidos nesta tese para os depósitos imediatamente abaixo daqueles com vestígios apontam para sedimentação por fluxos de massa e torrentes concentradas, portanto muito a moderadamente viscosas. Supondo que este tipo de sedimentação manteve-se na camada arqueológica acima, isto leva a pensar que, tal como aconteceu nos sítios Toca do Caldeirão dos Rodrigues e do Meio, o reduzido poder de erosão destes fluxos, devido a sua alta viscosidade, e a existência de nichos naturais, permitiram que os vestígios arqueológicos *in situ* fossem em grande parte preservados.

No sítio Perna I, foram coletadas três amostras para datação. Na seção exposta, identificaram-se nove camadas, a maioria delas da fácies A, possivelmente formada por fluxos de detritos coesivos, o que levaria a uma problemática semelhante à já comentada para as amostras do sítio do Meio: fotoesvaziamento incompleto.

A primeira amostra, começando pela base, foi retirada a 180 cm de profundidade (camada I, fácies A), com datação de 46654 ± 3513 anos obtida a partir de apenas 11 alíquotas, cuja dispersão máxima foi de 19%. A amostra seguinte, de 110 cm de profundidade (camada IV, fácies B), datada de 50753 ± 3838 anos, teve dispersão máxima de 23% e também apenas 11 alíquotas aproveitadas. Por último, tem-se a amostra de 20 cm de profundidade (camada VIII, fácies A), com datação de 54255 ± 3772 anos obtida a partir de 18 alíquotas e dispersão de 22%. Nas três amostras, muitas alíquotas já não tinham sinal de luminescência, estavam saturadas, o que leva à hipótese do sedimento não ter sido exposto à luz por tempo suficiente para sofrer fotoesvaziamento no seu último processo sedimentar. Isto ajuda a explicar o porquê da inversão estratigráfica nas idades LOE, ainda que dentro da margem de erro do método.

Analizadas as amostras no seu conjunto, e extrapolado o resultado para as camadas acima onde se acharam vestígios, pode-se agora sugerir que o preenchimento do sítio do Perna I se formou majoritariamente por fluxos de massa e que o registo arqueológico possa assim ter sido soterrado, com pouca erosão, pelas sucessivas deposições.

As idades LOE aqui obtidas para este sítio não representam o último processo de sedimentação, devido a um possível fotoesvaziamento incompleto, não podendo, assim, serem usadas para referências cronológicas precisas. No entanto, o fato de as três idades serem

consistentes entre si, isto é correspondentes dentro da margem de erro do método, permite a interpretação alternativa de que todas as camadas analisadas se depositaram, por fluxos episódicos de viscosidade elevada, por volta de 40 a 50 ka atrás. Como estas camadas estão estratigraficamente abaixo dos depósitos onde se encontraram as fogueiras e outros vestígios arqueológicos (os primeiros artefatos líticos começam na altura da terceira amostra, conforme seção colunar da Figura 27), esta poderia ser tomada como uma idade máxima da ocupação, com base nos dados disponíveis até aqui.

8.3. Clima *versus* ocupação humana na região do PNSC

A quantidade elevada de datações feitas pela Fumdhm (mais de 1000) oferece ótima base de dados para a análise da variação, ao longo do tempo, da intensidade da ocupação humana na região da serra da Capivara. Um levantamento com todas as datações disponíveis teria a vantagem de fornecer um número de dados estatisticamente muito robusto, mas a desvantagem de incluir datações provenientes de camadas não necessariamente ligadas à presença humana, o que possivelmente diluiria, ou mesmo deturparia, a informação sobre períodos com maior ou menor intensidade de ocupação. Desse modo, neste trabalho, adotou-se como critério de triagem das datações a relação clara dos materiais datados com vestígios humanos, ou seja, os carvões datados são só os associados a fogueiras *in situ* ou a sedimentos que mostravam relação direta com os vestígios de ocupação, como, por exemplo, na forma de preenchimento de urnas. Por este critério, 299 datações foram selecionadas do banco de dados da Fumdhm, provenientes de 68 sítios arqueológicos diferentes (Figura 45).

Figura 305: Modelo digital de terreno (SRTM 1984) com a localização dos 68 sítios arqueológicos (círculo branco) selecionados do banco de dados da FUMDHAM. A linha preta marca os limites do Parque Nacional Serra da Capivara.

Além da frequência das datações, consideraram-se também os dados já existentes sobre sequências tecnoculturais da serra da Capivara (Parenti, 1993; Pagli *et al.*, 2016). Cuidado especial foi dispensado na seleção dos dados referentes ao Boqueirão da Pedra Furada (Parenti, 1993). Uma vez que este sítio arqueológico foi ocupado quase que continuamente (Parenti, 1993), dele só foram selecionados para esta análise os períodos de ocupações “intensas”, isto é, com registro de dois ou mais horizontes habitacionais. Com este critério, e analisados tecnoculturalmente dezenas de sítios, dentro e fora do Parque Nacional (Parenti, 1993; Pagli *et al.*, 2016), os dados permitem afirmar que de 12,0 a 6,5 ka AP, os registros de ocupação aumentam significativamente. Este parece ser o período de maior densidade populacional registrado na ocupação pré-histórica da região, e, segundo as descrições e tipologias dos vestígios líticos (Pagli *et al.*, 2016), esse aumento populacional não seria fruto do crescimento de um só grupo preexistente, mas sim reflexo do povoamento por grupos diversos.

Quando se faz a comparação com os dados de paleopluviosidade de Liu *et al.* (2009) e Mendes (2016), verifica-se que o período de intensa ocupação de 12,0 a 6,5 ka AP começa

num pico de pluviosidade elevada, com precipitação cerca de duas vezes superior à atual (Figura 46), e prossegue numa faixa de tempo em que a precipitação se mantém alta (cerca de 3,5 mm/dia). Esta fase de ocupação termina quando a pluviosidade baixa para valores semelhantes aos atuais (Figura 46). No gráfico de barras, que representa as datações selecionadas (em cinza, na parte inferior da Figura 46), também é marcante uma maior quantidade de ocupações datadas dentro deste período de tempo. Pode-se então inferir que esta intensa ocupação resulte da escolha, por parte dos grupos humanos pré-históricos, de um tipo de habitat favorável. Assim, supõe-se que o clima mais úmido, ao favorecer a formação de rios perenes e uma maior quantidade, e talvez diversidade, de animais e plantas, fez deste período um momento propício para a ocupação e exploração humana dos recursos da região.

Outros períodos de ocupação foram inferidos com base em tipologias de indústrias líticas de dez sítios (Pagli *et al.*, 2016), sendo possível assim definir um total de quatro períodos (Figura 46 – demarcados a verde): o primeiro, por volta de 50 a 15 ka AP, representaria a ocupação inicial da área do PNSC; o segundo, ocorrido na transição Pleistoceno-Holoceno, coincide com o já comentado intervalo de possível máxima ocupação, de 12 a 6,5 ka AP; o terceiro período, de 7 a 2 ka AP, é tão distinto tecnologicamente dos anteriores que poderia ser explicado como repovoamento; finalmente, o quarto período, que vai desde 2 ka AP até o contato com os colonizadores, é caracterizado pela introdução da cerâmica, ainda que os líticos encontrados neste quarto período não sejam suficientes para a elaboração de uma tipologia.

Recorrendo a Parenti (1993) e à sua divisão em fases ocupacionais, baseada na frequência de incidência de solos de ocupação no Boqueirão da Pedra Furada e no Vale do Boqueirão da Pedra Furada, destacam-se ainda, além do intervalo de 13 a 7 ka AP, os períodos de 26,5 a 23,0 ka AP, que tem três horizontes de ocupação estudados, e o de 16 a 14 ka AP, com quatro horizontes de ocupação (Figura 46– a azul). Se comparados estes dois momentos ocupacionais com os dados de paleoprecipitação, consegue-se perceber que, mais uma vez, o aumento da ocupação humana coincide com a elevação mais ou menos repentina da pluviosidade. No caso do momento mais recuado no tempo, de 26,5 a 23 ka AP, pode-se extrapolar e usar a curva feita Mendes (2016) a partir do testemunho marinho coletado na foz do Parnaíba (ver Item 5.1.3.), que tem dados mais antigos; nesta curva, nota-se um pico isolado, bem delimitado, entre 26 e 24 ka AP, que coincide com o aumento populacional encontrado no registo arqueológico conforme dados de Parenti (1993) (Figura 46).

De forma geral, nota-se que a primeira ocupação da serra da Capivara (de 50 a 15 ka AP) termina com uma diminuição brusca da pluviosidade. A segunda fase (de 13 a 7 ka AP)

começa com o período YD (aumento repentino de chuvas) e prolonga-se até um momento de queda acentuada na precipitação, em 7 ka AP.

Quando se analisa o último período, a partir de 2 ka AP, torna-se necessário lançar mão de uma curva com mais pormenor, por exemplo o registro multi-indicadores da Lagoa dos Porcos, situada cerca de 30 km a sul da serra da Capivara, obtido por Mendes (2016). Para o preenchimento sedimentar deste lago, esse autor encontrou maior variabilidade nos dados climáticos para os últimos 2 mil anos. Dentre as possíveis explicações para essa mudança, Mendes (2016) destaca a possibilidade da influência do aumento na frequência de eventos El Niño (Figura 46), defendida por Conroy *et al.* (2008). Dessa forma, a mudança encontrada no registro arqueológico nesta fase mais recente poderia se relacionar com o estabelecimento de clima mais variável, em que teria havido aumento na frequência de períodos, ainda que curtos (poucos anos), de elevação de umidade.

Figura 46: Comparação entre **a)** indicador de precipitação para a região da bacia hidrográfica do Parnaíba (Mendes, 2016); **b)** precipitação reamostrada para a região de estudo a partir do modelo climático transiente TraCE 21ka (Liu *et al.*, 2009); **c)** horizontes ocupacionais na região do Boqueirão da Pedra Furada (Parenti, 1993); **d)** sequências tecnoculturais (Pagli *et al.*, 2016); **e)** frequência de eventos El Niño para a ilha de Galápagos (Conroy *et al.*, 2008); **f)** histograma com número de datações ^{14}C por intervalo de 500 anos. As barras cinza indentificam os principais eventos de aumento de precipitação reconhecidos na América do Sul, eventos Heirinch (HS), *younger drias* (YD) e os eventos Bond (8,7,5 e 4). Notar o aumento na densidade populacional em períodos de maior precipitação (início do Holoceno, por exemplo) e a transição entre das sequências tecnoculturais, notadamente da tradição Nordeste para Agreste, concomitante à variações na precipitação.

9. Conclusões

Com base nos resultados e discussões apresentados nesse trabalho, as seguintes conclusões podem ser enumeradas:

1. O preenchimento sedimentar dos cinco sítios arqueológicos estudados (Meio, Caldeirão dos Rodrigues, Justino VI, Gongo III e Baixão do Perna I) é dominado por fluxos sedimentares de alta viscosidade, sejam fluxos de massa *sensu stricto* (*debris flows* coesivos), sejam torrentes tratativas concentradas.
2. Estes dois tipos de processos deposicionais aparecem registrados juntos em quatro dos cinco sítios, ainda que não necessariamente na mesma ordem de empilhamento estratigráfico. Outras fácies, de caráter tratativo, têm ocorrência subordinada.
3. Diferenças de textura e trama da matriz entre a fácies de torrente e a de fluxo de detritos coesivo foram identificadas, via análise petrográfica, nos sítios do Meio e Gongo III, e, menos claramente, no sítio do Perna, o que reforça a distinção entre estes dois tipos de processos deposicionais.
4. Na petrografia, poros semicirculares ou alongados subverticais, cercados por cimento filossilicático com meniscos e lamelas internas concêntricas ou por matriz ligeiramente remobilizada, são feições extremamente comuns. Apontam para a circulação eodiagenética da água ao longo de canalículos, inclusive em condições vadosas, com precipitação de cimento no entorno ou com remanejamento da fração argilosa coloidal da matriz. Este canalículos podem formar-se, entre outros processos, por escape ascendente de fluidos intersticiais, logo após deposição rápida e volumosa, o que é compatível com o caráter episódico da sedimentação.
5. O domínio de fluxos viscosos na produção do registro sedimentar dificultou a obtenção de datações LOE rigorosamente precisas, já que, nesses tipos de fluxo, os sedimentos são deslocados e soterrados episodicamente e os grãos arenosos de quartzo são tipicamente envolvidos por lama e, desse modo, não ficam expostos à luz tempo suficiente para zerar o seu sinal.
6. O caráter de sedimentação episódica das duas principais fácies sedimentares encontradas permite associar esta sedimentação ao desencadeamento, por chuvas intensas, de escorregamentos e fluxos de detritos, que evoluíram para enxurradas ou torrentes confinadas ou desconfinadas. Estes tipos de mecanismos foram favorecidos pelo relevo acidentado, marcado por boqueirões, vales estreitos e drenagens acidentadas, sob paleoclima provavelmente sazonal.

7. As torrentes seriam variações distais dos fluxos de detritos coesivos, produzidas por alguma lavagem de finos, com consequente aumento da fluidez e turbulência do transporte e na proporção areia/lama dos depósitos.
8. A sedimentação rápida e energética típica de processos episódicos pode ter destruído parte dos vestígios de grandes superfícies de ocupação, principalmente no caso dos raros depósitos de correntes trativas, que, por sua fluidez e turbulência, têm maior poder de erosão. Sendo assim, o número expressivo de casos de preservação *in situ* deve ter sido favorecido pela combinação de nichos protegidos, nas reentrâncias dos abrigos, com domínio de processos de alta viscosidade e, portanto baixo poder de erosão, como torrentes concentradas e, sobretudo, fluxos de detritos coesivos. Este foi aparentemente o caso dos sítios do Meio e Caldeirão dos Rodrigues.
9. A maior quantidade relativa de fragmentos de carvão nos depósitos atribuídos a fácies de corrente ou de torrente trativa concentrada pode estar ligada ao retrabalhamento de vestígios de fogueiras, intensificado pelo poder de erosão deste tipo de processo de transporte e deposição de sedimentos.
10. As datações LOE-SAR obtidas no registro sedimentar dos cinco sítios e suas relações estratigráficas com os vestígios arqueológicos previamente descritos permitem sugerir idades máximas para a ocupação em três deles: 19 ka no sítio do Justino VI; 34 ka, no sítio do Meio; e 54 ka, no sítio Perna I.
11. A análise do banco de dados de datações ^{14}C referente a toda a área do PNSC para os últimos 30 mil anos mostra correlação positiva do número de registros ocupacionais com a paleoprecipitação, com destaque para a diminuição dos registros ao longo do Holoceno, período para o qual há inúmeras evidências prévias na literatura de diminuição da umidade em grande parte da Região Nordeste.
12. A correlação direta entre ocupações e paleoprecipitação permite sugerir que em momentos mais úmidos a região se torna mais propícia para o assentamento prolongado de populações humanas, possivelmente pela maior perenidade dos cursos fluviais e diversidade de fauna e flora.
13. As variações climáticas são notadas também nas culturas das sucessivas populações que ocuparam a região: transições climáticas significativas são acompanhadas por transições tecnológicas de adaptação, por exemplo a mudança da Tradição Nordeste para a Tradição Agreste ao longo do Holoceno, a qual coincide com a transição para o bioma caatinga, por volta de 6 mil anos atrás.

Com as conclusões alcançadas neste trabalho, espera-se ficar demonstrada a importância que os estudos estratigráficos, sedimentológicos e paleoclimáticos podem ter para o entendimento da pré-história, quando associados e integrados aos estudos estritamente voltados à reconstituição das ocupações humanas.

Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES-GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* (Berlin), 22: 711-728.
- ANDERTON, R. 1985. Clastic facies models and facies analysis. In: BRENCHLEY, P.J. & WILLIAMS, B.P.J. eds. *Recent Developments and Applied Aspects*. Oxford, The Geol. Soc. - Blackwell Scientific Publ. p.31-47.
- ARZ H.W., PÄTZOLD J., WEFER G. 1998. Correlated millennial-scale changes in surface hydrography and terrigenous sediment yield inferred from last glacial marine deposits off northeastern Brazil. *Quaternary Research*, 50:157-166.
- ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. 1999. Climatic changes during the last deglaciation recorded in sediment cores from the northeastern Brazilian Continental Margin. *Geo-Marine Letters*, 19(3), 209-218.
- AULER, A.S. 1999. Karst Evolution and Palaeoclimate in Eastern Brazil. University of Bristol
- AULER, A.S. & SMART, P.L. 2001. Late Quaternary paleoclimate in semiarid northeastern Brazil from U-series dating of travertine and water-table speleothems. *Quat. Res.* **55**, 159–167
- BARBOUTI, A.; RASTIN, B. 1983. A Study Of The Absolute Intensity Of Muons at Sea Level and Under Various Thicknesses Of Absorber. *Journal Of Physics G: Nuclear Physics*, 9: 1577–1595.
- BERNARDO, D. V.; NEVES, W. 2014. Diversidade morfocraniana dos remanescentes ósseos humanos da Serra da Capivara: implicações para a origem do homem americano. In: Anne-Marie Pessis; Gabriela Martin; Niède Guidon. (Org.). Os biomas e as sociedades humanas na pré-história da região do Parque Nacional da Serra da Capivara, Brasil. 1ed. São Paulo, 2014, v. II-A, p. 380-399
- BOND, G.C., SHOWERS, W., CHESEBY, M., LOTTI, R., ALMASI, P., DE MENOCAL, P., PRIORE, P., CULLEN, H., HAJDAS, I., BONANI, G., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and Glacial climates. *Science* 278, 1257–1266.
- BROWN, K.J. 2018. *O Nascimento da Cartografia. Da Roma Antiga à Era dos Descobrimentos*. São Paulo, Publifolha, 32 p.
- CAPUTO M.V., LIMA E.C. 1984. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro, SBG-Núcleo RJ/ES, Anais... v. 2, p.740-753.
- CARLSON, A.E. 2013. The Younger Dryas Climate Event. In: Elias S.A. (ed.) *The Encyclopedia of Quaternary Science*, 3: 126-134. Amsterdam: Elsevier.

- CONROY, J.L., J.T. OVERPECK, J.E. COLE, T.M. SHANAHAN, AND M. STEINITZ-KANNAN. 2008. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galápagos lake sediment record. *Quaternary Science Reviews*, 27(11-12): 1166-1180.
- CPRM 2006 – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil) / Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. *Mapa Geológico do Estado do Piauí 1:1.000.000*. Piauí.
- CRUZ JUNIOR F.W., VUILLE M., BURNS S.J., WANG X., CHANG H., WERNER M.R., LAWRENCE E., KARMANN I., AULER A., NGUYEN H. 2009. Orbitally driven east-west anti-phasing of South American precipitation. *Nature Geoscience*, 2:210-214.
- DE OLIVEIRA P.E., BARRETO A.M.F., SUGUIO K. 1999. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152: 319-337.
- DELLA FÁVERA, J.C. 1982. Devonian storm and tide-dominated shelf deposits, Parnaíba Basin, Brazil. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 66: 562p.
- DELLA FÁVERA, J.C. 1990. *Tempestitos da Bacia do Parnaíba*. Porto Alegre, 243p. Tese (Doutorado Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DICKINSON, W. R. 1970. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Research*, 40(2): 695-707.
- DOTT, R. L., Jr. (1964). Wacke, greywacke and matrix – what approach to immature sandstone classification? *Jour. Sed. Pet.*, 34, 625 – 632.
- FIORINI, P. 2012, Sedimentação Quaternária nos Lagos da Microrregião de São Raimundo Nonato, PI. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FIORINI, P.; GIANNINI, P.C.F.; MENDES, V.R. 2013. Gênese de calcretes no semiárido nordestino durante o Quaternário tardio. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 14, 2013, Natal, RN. Resumos de Trabalhos.
- FOLK, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, 170 p.
- FUMDHAM – Fundação Museu do Homem Americano 2011. Sítios arqueológicos. Disponível em http://www.fumdhm.org.br/sitios_arqueologicos.html. Acessado em 28 mar 2012.
- GARREAUD, R.D., VUILLE, M., COMPAGNUCCI, R., MARENGO, J. 2009. Present-day South American climate. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 281, 180–195. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>
- GIANNINI, P.C.F.; DE BLASIS, P.; SAWAKUCHI, A.O.; AMARAL, P.G.C. 2005. Processos e materiais geológicos e a construção de sambaquis no litoral sul de Santa Catarina. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 10, Guarapari, ES. *Anais... meio digital* (cd). Guarapari, cód. 137.
- GÓES A.M.O & FEIJÓ F.J. 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8:57-67.
- GREENBERG, J.H. 1987. *Language in the Americas*. Stanford: Stanford University Press.

- GUEDES, C.C.F.; SAWAKUCHI, A.O.; GIANNINI, P.C.F.; DEWITT, R.; AGUIAR, V.A.P. 2013. Luminescence characteristics of quartz from Brazilian sediments and constraints for OSL dating. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(4): 1303-1316.
- GUÉRIN C., CURVELO, M.A., FAURE, M., HUGUENEY, M., MOUSER-CHAUVIRÉ, C. 1996. A fauna pleistocênica do Piauí (nordeste do Brasil): relações paleoecológicas e biocronológicas. *Fundamentos*, 1:55-103.
- GUERIN, C.; FAURE, M.; SIMÕES, P.R.; HUGUENEY, M.; MOURER-CHAUVIRE, C. 1999. The Pleistocene Palaeontological Site of Toca da Janela da Barra do Antonião (São Raimundo Nonato, Piauí state) In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*
- GUÉRIN, G, MERCIER, N AND ADAMIEC, G. 2011. Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, 29: 5-8.
- GUIDON N. 1975. Peintures rupestres de Várzea Grande, Piauí, Brésil. *Cahiers D'archéologie D'amérique Du Sud*, Paris, 3:1-174.
- GUIDON, N. & DELIBRIAS, G. 1986. Carbon-14 dates point to man in the Americas 32.000 years ago. *Nature*, vol. 321, n° 6072, 19-25 June, pp. 769-771
- GUIDON, N. 2014. A fundação museu do homem americano e o parque nacional serra da capivara relato sucinto em quatro décadas de pesquisa. In: Os biomas e as sociedades humanas na pré-história da região do Parque Nacional Serra da Capivara.
- GUIDON, N.; ANDREATTA, M. 1993. O Sítio Arqueológico Toca do Sítio do Meio (Piauí). *Cadernos de Pesquisas Série Antropologia*, Teresina, v. I, 1980. Guidon e Pessis.
- GUIDON, N.; AQUINO, C.C.; SANTANA, T. M.C.; NEVES, A.S.; ALMEIDA, M. F. 2015. Sítio Toca do Justino Aquino VI, Parque Nacional Serra da Capivara. *Fundamentos*, 12.
- GUIDON, N.; ARNAUD, B. 1991. The Chronology of the New World; Two Faces of One Reality. *World Archaeology*, Routledge, 23(2): 167-177.
- GUIDON, N.; DELIBRIAS, G.; PARENTI, F. 1988. The Toca do Boqueirão do Sítio da Pedra Furada: Stratigraphy and Chronology. *Australian Studies*, Adelaide, p. S3-S11.
- GUIDON, N.; PESSIS, A.; AVILA, G. M. 2009. Pesquisas arqueológicas na região do Parque Nacional Serra da Capivara e seu entorno. *FUNDAMENTOS*, v. VIII, p. 1-61.
- HEINRICH, H. 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northwest Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research* 29, 142-152.
- LAHAYE, C.; HERNANDEZ, M.; BOËDA, E.; FELICE, G.D.; GUIDON, N.; LOURDEAU, A.; PAGLI, M.; PESSIS, A.M.; RASSE, M.; VIANA, M. 2013. Human occupation in South America by 20,000 BC: the Toca da Tira Peia site, Piauí, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, 40(6).
- LIBBY, W. F. 1955. *Radiocarbon Dating*. 2 ed., University of Chicago Press.
- LIU, Z., OTTO-BLIESNER, B., HE, F., BRADY, E., CLARK, P., LYNCH-STEIGLITZ, J., CARLSON, A., CURRY, W., BROOK, E., JACOB, R., ERIKSON, D., KUTZBACH, J., CHENG, J., 2009. Transient simulation of deglacial Climate Evolution with a new mechanism for Bolling-Allerod warming. *Science* 325, 310-314.
- LLAMAS, B. et al, 2016 -Ancient mitochondrial DNA provides high-resolution time scale of the peopling of the Americas.

- LOPES, R.J. 1499: O Brasil Antes de Cabral. 1. ed. Rio de Janeiro: Harper Collins, 2017. v. 1. 248p.
- LOURDEAU, A. 2014. Considerações metodológicas sobre a identificação de conjuntos culturais a partir das indústrias líticas no Centro e Nordeste do Brasil. In: Lourdeau A.; Viana S. A.; Rodet M. J. (Org.). *Indústrias Líticas na América do Sul: Abordagens Teóricas e Metodológicas*. 1ed. Recife: Editora UFPE, v. 1, cap.3, p. 67-90.
- MARANCA, S. 1976. Estudo do sítio Aldeia da Queimada Nova, Estado do Piauí. *Rev. Mus Paulista, sér. Arqueol.*, 3: 1-103.
- McMANUS, J.F.; BOND, G. C.; BROECKER, W. S.; JOHNSEN, S.; LABEYRIE, L.; HIGGINS, S. 1994. High-resolution climate records from the North Atlantic during the last interglacial. *Nature*, 371(6495), 326-329.
- MENDES, V.R.; GIANNINI, P.C.F.; GUEDES, C.C.F.; SAWAKUCHI, A.O. ; GUIDON, N. 2013. Do evento úmido H1 à implantação do clima semiárido no Nordeste brasileiro: evidências baseadas na integração de dados sedimentológicos, cronológicos e de sensoriamento remoto. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 14, 2013, Natal, RN. Resumos de Trabalhos.
- MENDES, V.R. 2016. *Registro Sedimentar Quaternário na Bacia do Rio Paranaíba, Piauí: um Estudo Multi-Indicadores voltado à Investigação de Mudanças Climáticas*. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- MENEZES, P.M.L. 2009. *Análise de Fácies e Proveniência Sedimentar em Sambaquis do Litoral Centro-Sul de Santa Catarina*. 2009. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- MULITZA, S.; CHIESSI, C.M.; SCHEFB, E.; LIPPOLD, J.; WICHMANN, D.; ANTZ, B.; MACKENSEN, A.; PAUL, A.; PRANGE, M.; REHFELD, K.; WERNER, M.; BICKERT, T.; FRANK, N.; KUHNERT, H.; LYNCH-STIEGLITZ, J.; PORTILHO-RAMOS, R.; SAWAKUCHI, A.O.; SCHULZ, M.; SCHWENK, T.; TIEDEMANN, R.; VAHLENKAMP, M.; ZHANG, Y. 2018. Synchronous and proportional deglacial changes in Atlantic meridional overturning and northeast Brazilian precipitation. *Paleoceanography*, 32, p. 2017PA003084, 2017.
- MURRAY, A.S.; WINTLE A.G. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurement*, 32: 57–73.
- NETTLE, D. 1999. Linguistic diversity of the Americas can be reconciled with a recent colonization. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 96, 3325. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.
- NEVES, W.A. & PUCCIARELLI, H.M. 1989. Extra-Continental Biological Relationships of Early South American Human Remains: a Multivariate Analysis. *Ciência e Cultura*, 41: 566-575.
- NEVES, W.A. & PUCCIARELLI, H.M. 1990. The Origin of the First Americans: an Analysis Based on the Cranial Morphology of Early South American Human Remains, *American Journal of Physical Anthropology*, 81: 274.
- NEVES, W.A. & PUCCIARELLI, H.M. 1991. Morphological Affinities of the First Americans: an Exploratory Analysis Based on early South American Human Remains, *Journal of Human Evolution*, 21: 261-273.
- NEVES, W.; PILÓ, L.B. 2008. *O Povo de Luzia*. 1. ed. São Paulo: Editora Globo. v. 1. 336p .

- NICHOLS, J. 1992. *Linguistic Diversity in Space and Time*. Univ. of Chicago
- PAGLI, M.; LUCAS L. O.; LOURDEAU, A. 2016. Proposta de sequência tecnocultural da Serra da Capivara (Piauí) do Pleistoceno final ao Holoceno recente. *Cadernos CEOM*, 29.
- PARENTI, F. M. 1993. *Le Gisement Quaternaire de la Toca do Boqueirão da Pedra Furada (Piauí, Brésil): Stratigraphie, Chronologie, Evolution Culturelle*. 312 f. Thèse (Doctorat Archéologie) – École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris.
- PARENTI, F. 1996. Estratigrafia do Caldeirão do Rodrigues, Piauí. *CLIO. Série Arqueológica (UFPE)*, v. 11, p. 119-135.
- PELLERIN, J. 1984. Les bases physiques. In: *L'Aire Archéologique du Sud-Est du Piauí*. GUIDON, N. (org). Paris: Ed. Recherche sur les Civilisations, p.11-22.
- PESSIS, A.M. 2003. Das origens do patrimônio cultural no Brasil. *Clio - Arqueológica*, Recife - PE, 01(16): 7-18.
- PESSIS, A.M.; GUIDON, N. 1992. Registros rupestres e caracterização das etnias pré-históricas. In: VIDAL, Lux (Org.). *Grafismo Indígena*. São Paulo: Studio Nobel/FAPESP/EDUSP, p. 19-33.
- PESSIS, A.M.; GUIDON, N. 2009. Dating rock art paintings in Serra de Capivara National Park - Combined archaeometric techniques. *Adoranten*, 1: 49-59.
- PESSIS, A.M. 2003. Imagens da Pre-História. Parque Nacional Serra da Capivara. 1a. ed. São Paulo: FUMDHAM/PETROBRAS. v. 01. 304p.
- PINHEIRO DE MELO, P. 2004. *A Transição do Pleistoceno ao Holoceno no Parque Nacional Serra da Capivara - Piauí - Brasil: uma Contribuição ao Estudo sobre a Antiguidade da Presença Humana no Sudeste do Piauí*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- PRESCOTT, J.R.; STEPHAN, L.G. 1982. The contribution of cosmic radiation to the environmental dose for thermoluminescence dating. In: *Proceedings of the Second Specialist Seminar on Thermoluminescence Dating 6*, Council of Europe, Strasbourg, p. 17-25.
- RIODA, V.; CANDELATO, F.; MOTA, L.; PARENTI, F. Jazidas de rochas silicosas na área do Parque Nacional Serra da Capivara (Piauí, Brasil): primeiros dados geoarqueológicos. *R. Museu Arq. Etn.*, São Paulo, n. 21, p. 103-113, 2011
- SANTOS, G.; BIRD, M. I.; PARENTI, F.; FIFIELD, L.K.; GUIDON, N.; HAUSLADEN, P.A. 2003. A revised chronology of the lowest occupation layer of Pedra Furada Rock Shelter, Piauí, Brazil: the Pleistocene peopling of the Americas. *Quaternary Science Reviews*, 22: 2303-2310.
- SOLARI, A.; PESSIS, A.M.; MARTIN, G.; GUIDON, N. 2018. Funerary Practices at the Toca do Gongo III Site during the Late Holocene in Serra da Capivara (Piauí, Brazil). *Bioarchaeology International*, v. 2, p. 1-35.
- SOUZA, D.F. 2015. *Evolução Sedimentar do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo
- STUIVER, M; REIMER, P.J.; REIMER, R. 2014. <http://calib.qub.ac.uk/calib/>

- TORRONI, A et al, 1992 Native American Mitochondrial DNA analyses indicates that the Amerind and Nadene populations were found by two independent migrations. *Genetics* 130: 153-162.
- TORRONI, A et al. 1994. Mitochondrial DNA and Y-chromosome polymorphisms in four native American populations from southern Mexico. *American Journal of Human Genetics*, 54.
- TURNER, C.G.; SCOTT, G.R. 2000. *The Anthropology of Modern Human Teeth: Dental Morphology and Its Variation in Recent Human Populations*. Cambridge University Press. 408 p. ISBN 9780521784535.
- VALLADAS, H.; MERCIER, N.; MICHAB, M.; JORON, J.L.; GUIDON, N. 2003. TL age-estimates of burnt quartz pebbles from the Toca do Boqueirão da Pedra Furada (Piauí, Northeastern Brazil). *Quaternary Science Reviews*, v. 22, p. 1257-1263.
- VILLAGRÁN, X.S.; GIANNINI, P.C.F.; DEBLASIS, P. 2009. Archaeofacies analysis: using depositional attributes to identify anthropic processes of deposition in a monumental shell mound of Santa Catarina State, Southern Brazil. *Geoarchaeology: An International Journal*, 24(3): 311-335.
- WALKER, R.G. 1983. *Facies Models*. Geological Association of Canada, Toronto. 211 p.
- WALKER, R.G. 2006. Facies models revised: introduction. In: Posamentier, H. W. e Walker, R. G. (Eds). *Facies Models*. SEPM Society for Sedimentary Geology, Tulsa, Oklahoma, 527 p.
- WALLACE, D.C.; TORRONI, A. 2009. American Indian Prehistory as Written in the Mitochondrial DNA: A Review, *Human Biology*: Vol. 81: Iss. 5-6, Article 27.
- WELLER, J.M. 1958. Stratigraphic facies differentiation and nomenclature. *AAPG Bull.*, 48(3): 609-639.
- WINTLE A.G., MURRAY A.S. 2006. A Review Of Quartz Optically Stimulated Luminescence Characteristics And Their Relevance In Single-Aliquot Regeneration Dating Protocols. *Radiation Measurements*, 41: 369–391.
- ZHANG, Y.; CHIESSI, C. M.; MULITZA, S.; ZABEL, M.; TRINDADE, R. I. F.; HOLLANDA, M. H. B. M.; DANTAS, E. L.; TIEDEMANN, R.; WEFER, G. 2015. Origin of increased terrigenous supply to the NE South American continental margin during Heinrich Stadial 1 and the Younger Dryas. *Earth and Planetary Science Letters*, 432: 493-500.

Anexo 1 – Dados Granulometria

Resultados de Análise Granulométrica por Difração a Laser

Amostra	Faixa Granulométrica (%)										Estatísticas da Distribuição Granulométrica (phi) - Pearson							
	Areia					Silte				Argila	Incluindo Material Pelítico				Excluindo Material Pelítico			
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	Grosso	Médio	Fino	Muito Fino		Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
	0.25	0.75	1.75	2.75	3.75	4.5	5.5	6.5	7.5									
G III - 0,15 m	2.647	6.812	26.047	25.956	14.350	7.761	4.804	3.904	3.374	4.344	3.160	2.113	1.274	4.272	2.176	0.937	-0.010	2.412
G III - 0,60 m	4.584	9.824	30.689	20.913	6.802	4.358	5.272	5.501	4.666	7.391	3.212	2.541	1.152	3.315	1.838	0.883	0.216	2.731
G III - 0,70 m	2.919	7.308	24.052	20.569	9.921	7.132	8.106	7.242	5.246	7.505	3.642	2.502	0.846	2.754	2.045	0.929	0.166	2.339
J - (10 - 15) cm	3.183	5.310	18.132	14.711	14.967	18.607	11.063	6.389	3.880	3.758	3.750	2.142	0.520	2.952	2.246	1.101	-0.081	2.195
J - (15 - 25) cm	2.682	5.807	26.521	24.210	10.547	7.944	6.338	5.386	4.411	6.155	3.412	2.347	1.065	3.399	2.098	0.913	-0.020	2.841
J - (25 - 33) cm	5.079	8.074	25.567	18.200	10.173	10.570	8.073	5.717	3.755	4.791	3.316	2.328	0.903	3.190	1.949	1.010	0.153	2.524
J - (33 - 41) cm	2.874	9.111	31.540	20.691	8.246	8.168	6.413	4.806	3.456	4.696	3.119	2.257	1.204	3.764	1.931	0.878	0.420	2.675
J - (63 - 83) cm	2.058	8.355	26.971	15.631	6.504	7.254	7.671	7.747	6.889	10.920	3.898	2.761	0.695	2.259	1.893	0.872	0.542	2.759
J - (95 - 97) cm	8.861	8.454	21.383	14.109	9.503	10.587	8.535	7.027	5.232	6.307	3.483	2.574	0.662	2.598	1.791	1.130	0.137	2.369
J - 180 cm	8.749	13.141	27.270	7.186	3.825	8.348	7.737	7.635	6.586	9.523	3.531	2.897	0.693	2.230	1.437	0.914	0.848	3.969
J - 430 cm	6.064	11.365	32.314	16.249	3.470	6.083	7.173	5.446	4.224	7.613	3.184	2.622	1.083	3.117	1.640	0.831	0.364	3.171
J - 470 cm	8.533	10.912	28.343	16.938	8.145	7.694	6.103	4.503	3.415	5.414	2.993	2.427	1.136	3.625	1.735	1.011	0.256	2.630
J - sup	4.475	5.948	23.281	21.096	11.759	10.588	8.655	6.335	3.920	3.944	3.397	2.230	0.810	3.109	2.078	1.014	-0.108	2.645
M - 1,72 m	0.439	3.816	18.613	20.166	8.584	5.258	8.707	11.524	10.181	12.713	4.542	2.705	0.403	1.914	2.222	0.825	0.129	2.378
M - 2,30 m	0.696	3.946	13.324	11.171	7.346	5.399	10.208	15.078	14.508	18.323	5.333	2.748	-0.118	1.814	2.172	0.940	0.182	2.104
M - 2,90 m	2.783	6.201	18.828	12.222	6.221	7.924	10.747	12.919	10.518	11.637	4.534	2.772	0.220	1.877	1.921	0.955	0.352	2.523
M - 3,50 m	2.380	6.104	18.600	11.778	4.352	4.516	9.767	15.468	13.361	13.675	4.801	2.863	0.051	1.702	1.851	0.886	0.368	2.710
M - 4,25 m	4.478	8.445	23.354	14.832	5.896	4.377	6.846	9.362	9.071	13.339	4.116	2.956	0.502	1.908	1.805	0.924	0.323	2.600
P I - 0,71 m	1.314	3.220	12.578	18.106	22.834	14.541	8.894	7.166	4.172	7.176	4.109	2.231	0.833	3.417	2.634	0.988	-0.504	2.414
P I - 0,43 m	0.355	2.665	13.895	20.816	15.902	8.709	9.391	9.483	6.349	12.434	4.521	2.583	0.667	2.500	2.523	0.874	-0.188	2.234
P I - 1,87 m	2.622	8.598	26.535	16.570	8.218	5.133	6.391	9.357	7.754	8.822	3.791	2.707	0.724	2.324	1.930	0.910	0.418	2.489
P I - 0,86 m	1.440	2.992	11.032	13.194	16.844	12.760	11.870	11.438	6.681	11.749	4.723	2.500	0.426	2.516	2.546	1.039	-0.417	2.296
P I - 1,46 m	0.126	0.948	7.609	18.145	22.628	11.042	8.977	10.533	6.928	13.064	4.832	2.422	0.663	2.567	2.875	0.802	-0.580	2.674
P I - 1,26 m	0.015	0.971	6.161	15.820	23.635	13.247	10.243	11.012	6.739	12.154	4.889	2.325	0.670	2.715	2.957	0.795	-0.708	2.813
P I - 0,20 m	0.127	2.430	12.504	13.659	11.341	9.000	13.169	14.520	9.724	13.526	5.041	2.553	0.214	2.130	2.468	0.924	0.000	1.997
P I - 1,10 m	0.115	1.639	9.243	16.946	21.619	13.995	9.744	9.778	7.020	9.901	4.627	2.299	0.655	2.755	2.829	0.881	-0.489	2.357
P I - 1,80 m	0.708	1.437	5.661	12.933	18.568	10.371	10.715	14.842	10.368	14.396	5.249	2.437	0.267	2.287	2.863	0.920	-0.825	3.107
R - 0,95 m	4.819	5.708	16.994	11.420	4.849	8.969	15.764	13.743	7.087	10.646	4.518	2.753	0.193	2.098	1.848	1.033	0.139	2.728
R - 1,65 m	9.332	8.758	24.043	14.952	3.793	4.747	9.058	11.611	7.532	6.175	3.646	2.768	0.589	2.222	1.647	0.982	0.055	2.798
R - 0,25 m	7.342	7.120	17.017	9.446	5.598	11.160	13.555	10.055	6.659	12.048	4.379	2.902	0.301	2.131	1.758	1.134	0.270	2.579
R - 1,20 m	13.365	7.062	15.653	8.521	3.480	6.641	13.755	13.872	7.422	10.229	4.284	3.019	0.173	1.888	1.489	1.154	0.276	2.535

Anexo 2 – Dados LOE

Sítio	Nome da amostra	Código laboratorial	Prof. (m)	Umidade	Dose cósmica (Gy/mil anos)		Dose equivalente - De (Gy)					Idades (anos)			
					Dose	Erro	Dispersão (%)	<i>De-Central age</i>	Erro	<i>De-Common age</i>	Erro	<i>Central age</i>	Erro	<i>Common age</i>	Erro
Caldeirão do Rodrigues	Camada A -Tubo1	L0235	1,65	0,000665	0,1724	0,0086	80.9+ -9.7	56,50992	18,85188	46,38294	5,18968E-05	134471	45560	110372	7540
	Camada B-Tubo2	L0236	1,20	0,009317	0,1704	0,0085	Amostras saturadas								
	Camada C-Tubo4	L0238	0,95	0,010983	0,1688	0,0084									
	Camada D-Tubo3	L0237	0,25	0,011574	0,1752	0,0088									
Sítio do Gongo III	Camada B-Tubo2	L0244	0,89	0,004720	0,1719	0,0086	8.5+ -0.3	4,3815	0,08382	4,3815	0,02286	4831	351	4831	341
	Camada C -Tubo1	L0242	0,40	0,001171	0,1742	0,0087	5.6+ -3.5	1,7145	0,09144	1,72974	0,08382	2499	208	2521	200
	Camada C-Tubo3	L0246	0,30	0,001337	0,1750	0,0088	50.2+ -2.1	0,27432	0,03048	0,35814	0,00762	415	53	542	38
Sítio do Meio	Camada B-Tubo1	L0243	2,47	0,016126	0,1742	0,0087	17.7+ -0.7	23,09622	0,97536	23,2029	0,27432	34160	2599	34318	2203
	Camada E-Tubo2	L0245	2,26	0,000572	0,1726	0,0086	11.5+ -2.8	86,30412	5,79882	87,76716	3,56616	155872	14084	158514	11542
Sítio do Perna I	Camada B-Tubo3	L0241	0,2	0,001777	0,1679	0,0084	22.5+ -1.0	45,05706	2,56794	45,20946	0,63246	54072	4804	54254	3772
	Camada F-Tubo2	L0240	1,1	0,008295	0,1725	0,0086	22.8+ -1.5	69,66204	4,86918	68,5038	1,28016	51611	5227	50753	3838
	Camada J-Tubo1	L0239	1,8	0,023171	0,1762	0,0088	19.3+ -1.4	64,80048	4,06146	64,75476	1,40208	46687	4460	46653,81057	3513

Sítio	Nome da amostra	Código de Lab.	Prof. (m)	U (ppm)	Erro	Th (ppm)	Erro	P (%)	Erro
Caldeirão do Rodrigues	Camada A -Tubo1	L0235	1,65	0,47	7,24E-06	1,59	2,52E-05	0,02	3,61E-03
	Camada B-Tubo2	L0236	1,20						
	Camada C-Tubo4	L0238	0,95						
	Camada D-Tubo3	L0237	0,25						
Sítio do Gongo III	Camada B-Tubo2	L0244	0,89	0,72	1,45E-05	4,15	1,02E-04	0,27	1,35E-02
	Camada C -Tubo1	L0242	0,40	0,65	1,17E-05	3,55	7,58E-05	0,11	6,77E-03
	Camada C-Tubo3	L0246	0,30	0,64	1,14E-05	3,44	7,19E-05	0,09	6,14E-03
Sítio do Meio	Camada B-Tubo1	L0243	2,47	0,64	1,23E-05	4,56	1,10E-04	0,04	4,48E-03
	Camada E-Tubo2	L0245	2,26	0,61	1,03E-05	3,10	6,07E-05	0,02	3,76E-03
Sítio do Perna I	Camada B-Tubo3	L0241	0,2	1,08	2,44E-05	4,84	1,18E-04	0,07	5,19E-03
	Camada F-Tubo2	L0240	1,1	1,68	5,19E-05	9,00	3,23E-04	0,15	8,79E-03
	Camada J-Tubo1	L0239	1,8	1,71	5,43E-05	9,32	3,38E-04	0,18	9,90E-03