

BRUNO NERY FERNANDES VASCONCELOS

**GÊNESE DE ANTROPOSSOLOS EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE  
AMBIENTE CÁRSTICO NO NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

V331p  
2010

Vasconcelos, Bruno Nery Fernandes, 1981-  
Gêneses de antropossolos em sítios arqueológicos de  
ambiente cárstico no Norte de Minas Gerais / Bruno Nery  
Fernandes Vasconcelos. – Viçosa, MG, 2010.  
xiii, 123f : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: João Carlos Ker.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 117-123.

1. Solos - Classificação. 2. Solos - Formação. 3. Calcário.  
4. Sítios arqueológicos. 5. Magnetismo. 6. Ciência do solo.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

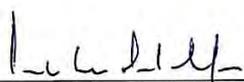
CDD 22.ed. 631.44

BRUNO NERY FERNANDES VASCONCELOS

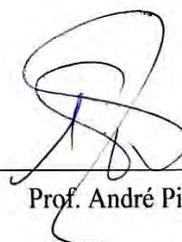
**GÊNESE DE ANTROPOSOLOS EM SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE  
AMBIENTE CÁRSTICO NO NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de março de 2010.



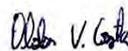
Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer  
(Coorientador)



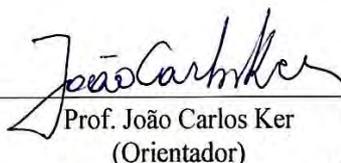
Prof. André Pierre Prous



Prof. Liovando Marciano da Costa



Prof. Oldair Vinhas Costa



Prof. João Carlos Ker  
(Orientador)

*“A matéria resiste. A luz prossegue.  
A matéria organiza a reação. A luz prossegue.  
A matéria não encontra o inimigo para a luta. A luz prossegue.  
A matéria perturba-se. A luz prossegue.  
A matéria volta-se contra si. A luz prossegue.  
A matéria degenera-se. A luz prossegue.  
A matéria vê a destruição. A luz prossegue.  
A matéria vê a luz. A luz prossegue.  
A matéria compreende. A luz prossegue.  
A matéria rende-se. A luz prossegue.  
A matéria tem sua revitalização iniciada. A luz prossegue.  
A matéria acolhe o encontro com a luz.  
A verdadeira vida tem início. Anjos e deuses estendem as mãos, e  
os puros conseguem tocá-las.”*

## **AGRADECIMENTOS**

À Força Maior que rege tudo o que existe, e que permitiu a realização deste trabalho, nos concedendo saúde para trabalhar e clareza para ter discernimento sobre os fatos e situações.

À todos os seres de luz que acreditam na humanidade e trabalham incessantemente para que a mesma se aperfeiçoe, e se torne mais participativa nos desígnos do plano evolutivo.

À minha família (Wilton, Ludmila e Marina) que sempre confiou e apoiou as minhas decisões, e que a partir de privações e sacrifícios pessoais pôde me proporcionar oportunidades maravilhosas, como esta de ter estudado e ter chegado até onde cheguei.

À minha esposa (Itaciara) pela convivência regada de muito carinho, amor e paciência. E pelos preciosos conselhos femininos.

À todos os mestres que cruzaram meu caminho nesta existência, seja dentro do percurso acadêmico ou não, seres humanos como eu, mas que alcançaram níveis mais profundos de compreensão dentro de algumas das diversas áreas do conhecimento que existem na vida, e compartilharam o mesmo com boa vontade.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o Departamento de Solos por me proporcionarem condições estruturais, técnicas e financeiras para a realização desta Pesquisa.

À todos os professores do Departamento de Solos da UFV, que contribuíram com minha formação em especial aos professores João Carlos Ker, que acreditou no meu potencial e na minha capacidade de desenvolver o trabalho, me incentivando de maneira decisiva em um momento de dúvida e desânimo. Ao professor Carlos Ernesto Schaefer que desde que nos conhecemos na graduação me proporcionou diversas oportunidades de trabalho e de aprendizado, contribuindo significativamente pelo meu profundo interesse pela Ciência do Solo. À todos os colegas do departamento, principalmente àqueles que souberam transcender o sentimento da competição e tiveram satisfação em cooperar com este trabalho, compreendendo que o crescimento de um representa o crescimento de todos. Aos pesquisadores do Museu de História Natural da UFMG, em especial ao Prof. André Prous, pela visão holística e inspiradora da Arqueologia, e aos pesquisadores Andrei Isnardis e Lucas Bueno. Todos disponibilizaram tempo e conhecimento que muito contribuiu para o trabalho.

Aos administradores e funcionários do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu e do Parque Estadual da Lapa Grande, pela colaboração imprecindível.

Aos funcionários do Departamento de solos da UFV, pela boa vontade e prontidão em atender as nossas demandas, sendo decisivos na realização deste trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho ao longo desta caminhada, o meu sincero agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

BRUNO NERY FERNANDES VASCONCELOS, filho de Wilton Fernandes Vasconcelos e Ludmila Aparecida Nery Vasconcelos, nasceu em 20 de fevereiro de 1981, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 2001 iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Ao longo da graduação desenvolveu algumas atividades no departamento de solos como monitoria, iniciação científica e participação em trabalhos de levantamento de solos. Também realizou diversas atividades extra-acadêmicas tais como, participação em grupos de agroecologia, participação em eventos (congressos, simpósios, minicursos etc...), e na elaboração de atividades práticas principalmente voltadas para a agricultura, desenvolvendo assim uma capacidade melhor de trabalhar em grupo e uma percepção multidisciplinar.

Em março de 2008 iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa finalizando-o com a defesa da presente dissertação, em 22 de março de 2010.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. INTODUÇÃO</b> .....	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>06</b>
2.1. Os Antropossolos .....	06
2.2. Aspectos Gerais da Pré-História da Região Norte de Minas Gerais .....	12
2.2.1. Ocupação pretérita dos abrigos calcários .....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
3.1. Caracterização da Área de Estudo .....	18
3.1.1. Localização .....	18
3.1.2. Clima .....	20
3.1.3. Geologia .....	20
3.1.4. Geomorfologia .....	22
3.1.5. Vegetação .....	22
3.1.6. Hidrografia .....	26
3.2. Seleção, Coleta e Preparo das Amostras de Solos .....	26
3.3. Caracterização Física dos Solos .....	31
3.4. Caracterização Química dos Solos .....	31
3.4.1. Análise de rotina para avaliação da fertilidade do solo .....	31

3.4.2. Digestão total .....	32
3.4.3. Ferro extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato ácido de amônio .....	32
3.5. Carbono Orgânico Total (COT) e Fracionamento das Substâncias Húmicas .....	33
3.6. Fracionamento das Formas de P Presentes no Solo .....	33
3.7. Análises Mineralógicas .....	34
3.8. Micromorfologia e Microanálises em Seções Finas de Amostras de solo	34
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
4.1. Características Morfológicas e Físicas dos Solos .....	36
4.2. Características Químicas dos Solos .....	41
4.3. Fracionamento de Formas Inorgânicas de Fósforo .....	51
4.4. Digestão Total .....	53
4.5. Ferro Extraído pelo Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio e Oxalato Ácido de Amônio .....	60
4.6. Carbono Orgânico Total (COT) e Fracionamento das Substâncias Húmicas .....	64
4.7. Características Mineralógicas dos Solos .....	67
4.7.1. Fração argila .....	68
4.7.2. Fração Silte .....	74
4.7.3. Fração Areia .....	78
4.8. Micromorfologia e Características Microquímicas .....	89
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>115</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>117</b>

## RESUMO

VASCONCELOS, Bruno Nery Fernandes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2010. **Gênese de antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente Cárstico no Norte de Minas Gerais.** Orientador: João Carlos Ker. Co-orientadores: Carlos Ernesto G.R. Schaefer e Elpídio Inácio Fernandes Filho.

O presente estudo teve como objetivo caracterizar os antropossolos localizados sob abrigos naturais de rochas calcárias, no norte do estado de Minas Gerais, onde populações pré-colombianas viveram por milhares de anos, aportando e removendo matérias de naturezas e procedências distintas. Nestes abrigos desenvolveram-se solos antropogênicos muito peculiares, e sobre os quais ainda não se tem estudos pedológicos. Portanto buscou-se caracterizar física, química, mineralógica e micromorfológicamente alguns solos coletados em cinco sítios arqueológicos, sendo quatro em abrigos calcários e um em ambiente não abrigado, presentes em duas unidades de conservação no norte de Minas: o Parque Nacional (PARNA) Cavernas do Peruaçu e o Parque Estadual da Lapa Grande. As amostras foram submetidas a análises físicas e químicas de rotina, ataque total, carbono orgânico total e fracionamento das substâncias húmicas, análises mineralógicas e micromorfológicas, além de fracionamento das formas inorgânicas de fósforo e extração de óxidos. De acordo com os resultados encontrados, os solos estudados apresentam gênese policíclica, marcada por uma pronunciada alternância climática associada a distintos períodos de ocupação antrópica.

Essa natureza policíclica confere aos mesmos, características bem distintas de solos desenvolvidos sob processos pedogenéticos naturais. De maneira geral os solos apresentam cores com matizes bem distintas, chegando a variar de 2,5YR a 10YR no mesmo perfil. Texturalmente não existe predomínio expressivo de nenhuma fração, sendo a classe textural franco a dominante. Na fração areia é considerável a quantidade de partículas de conchas, de ossos, e principalmente de carvão, originárias do processo cumulativo de ocupação antrópica. Quimicamente os solos sob os abrigos apresentam valores de pH elevados, em torno de 8,5 a 9,0. O complexo de troca catiônica é praticamente todo preenchido pelas bases trocáveis, principalmente Ca e Mg, alcançando valores de V(%) iguais a 100% em todas as camadas, como na Lapa do Boquete e do Malhador. Os teores de P-extraível (Mehlich-1) encontrados foram elevados em todos os solos dos abrigos, atingindo valores de 103 a 649 mg/dm<sup>3</sup>. Já no sítio fora dos abrigos estes foram bem menores, mesmo assim sugerindo um enriquecimento deste elemento associado a atividade antrópica. Na mineralogia detectou-se na fração argila a presença de caulinita, illita, calcita e apatita, além de óxidos de ferro (hematita, goethita e maghemita). As frações silte e areia revelaram a presença de quartzo, micas, calcita, magnetita e apatita. Na fração areia também foram identificados os mesmos minerais da fração silte. É marcante a presença de óxidos com atração magnética em todas as frações, especialmente na fração areia, associada principalmente a camadas carbonizadas. Os teores de COT revelaram uma amplitude considerável, expressa pelos valores de 0,12 a 5,25 dag kg<sup>-1</sup>. A fração Humina é predominante sobre as demais (Ácidos Húmicos e Ácidos Fúlvicos) em todas as camadas. As análises micromorfológicas revelaram uma riqueza de materiais em níveis de alteração físico-química distintas, evidenciando a natureza poligenética dos solos. Os resultados obtidos neste estudo permitem inferir que a ocupação destes abrigos foi episódica e cumulativa ao longo dos milênios, visto que existe uma certa homogeneidade das características provenientes da atividade humana ao longo dos perfís. Por outro lado existem nuances que demonstram que a ocupação mostrou variações no que tange ao tipo e a intensidade da mesma. Baixos valores de P-Mehlich, em relação a outros antropossolos, reforçam as hipóteses arqueológicas de que os abrigos não eram utilizados como locais de assentamento fixos, de grandes contingentes humanos, mas provavelmente

como locais de passagem onde se desenvolviam atividades específicas. Por fim constatou-se que os atributos pedológicos estudados, se revelam uteis e significativos na interpretação das informações arqueológicas, complementando e reforçando a necessidade de uma maior interação entre a pedologia e a arqueologia. Os solos estudados apresentam muitas características particulares que os diferenciam consideravelmente dos demais antropossolos brasileiros até agora estudados. Além disso, os solos sob abrigos apresentam uma heterogeneidade, proveniente da sua natureza deposicional policíclica, que os impossibilita de serem classificados nos sistemas de atuais. Sendo assim torna-se necessário realizar mais estudos em solos dessa natureza em outras regiões do Brasil a fim de conhecê-los melhor e obter similaridades que permitam agrupar estes solos tornando-os classificáveis.

## ABSTRACT

VASCONCELOS, Nery Bruno Fernandes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2010. **Genesis of anthroposols in archaeological sites of karstic environment in Northern Minas Gerais.** Adviser: João Carlos Ker. Co-Advisers: Carlos Ernesto G.R. Schaefer and Elpídio Inácio Fernandes Filho.

This study aimed to characterize the anthroposols located under natural shelter of limestone rocks in the north of Minas Gerais, where pre-Columbian people lived for thousands of years, bringing and removing matters of different natures and origins. In these shelters, very unique anthropogenic soils were developed, and on which there is still no pedological studies. Therefore, we sought to physically, chemically, mineralogically and micromorphologically characterize these soils collected from five archaeological sites, four in limestone shelters and one in a non-sheltered environment, present in two protected areas in the north of Minas Gerais: Parque Nacional (PARNA) Cavernas do Peruaçu and Parque Estadual da Lapa Grande. The samples were subjected to physical and chemical routine analysis, full attack, total organic carbon (TOC) and fractionation of humic substances, mineralogical and micromorphological analysis, besides fractionation of inorganic forms of phosphorus and extraction of oxides. According to the results, the soils have polycyclic genesis, marked by an evident climate alternation associated with distinct periods of human occupation. This polycyclic nature gives them very different characteristics of soils developed under natural pedogenic processes.

In general, the soils have very different color tints, varying from 2.5YR to 10YR in the same profile. Texturally, there is no predominance of any significant fraction, being loam the dominant textural class. In the sand fraction, the amount of shells, bones, and especially coal, particles originating from the cumulative process of human occupation is considerable. Chemically, the soils under shelters have high pH values, around 8.5 to 9.0. The cationic exchange complex is almost entirely populated by exchangeable bases, especially Ca and Mg, reaching values of V (%) equal to 100% in all layers, as in the Lapa do Boquete and Malhador. The levels of P-extractable (Mehlich-1) were high in all sheltered soils, reaching 103-649 mg/dm<sup>3</sup>. However, in the site outside of these shelters they were much lower, yet suggesting an even improvement of this element associated with anthropic activity. In mineralogy, the presence of kaolinite, illite, calcite and apatite, and iron oxide (hematite, goethite and maghemite) was detected in the clay fraction. The silt and sand fractions revealed the presence of quartz, mica, calcite, magnetite and apatite. In the sand fraction the same minerals were also identified from the silt fraction. The presence of oxides with magnetic attraction in all fractions is remarkable, especially in the sand fraction, mainly associated with charred layers. The TOC levels showed a considerable extent, expressed by values from 0.12 to 5.25 g kg<sup>-1</sup>. The Humin fraction is predominant over the others (humic and fulvic acids) in all layers. The micromorphological analysis revealed an abundance of material in distinct levels of physical-chemical change, showing the polygenetic nature of soils. The results of this study allow us to infer that the occupation of these shelters was episodic and cumulative over the millennia, since there is a degree of uniformity of the characteristics originated from human activity along the profiles. On the other hand, there are nuances that demonstrate that the occupation showed variations in relation to its type and intensity. Low values of Mehlich-P, relative to other anthropossols, reinforce the archaeological hypothesis that the shelters were not used as fixed settlement sites, of large numbers of people, but probably as traffic areas where they developed specific activities. Finally, it was found that the pedological attributes studied are proving useful and significant in the interpretation of archaeological information, complementing and reinforcing the need for greater interaction between pedology and archeology. The soils studied have many specific characteristics that differentiate them considerably from the other Brazilian

anthropossols so far studied. In addition, the sheltered soils have a kind of heterogeneity originated from its depositional polycyclic nature, which makes it impossible for them to be classified in current systems. Therefore, it is necessary to undertake further studies on such soils in other regions of Brazil in order to know them better and obtain more similarities to group these soils, making them sortable.

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação e a dispersão territorial dos primeiros colonizadores da América do Sul, principalmente do Brasil, são ainda capítulos da história pouco conhecidos. A presença de diversos sítios arqueológicos espalhados pelo território nacional exige um esforço contínuo de profissionais como arqueólogos, antropólogos, geneticistas pedólogos dentre outros, a tentar compreender melhor as origens, costumes e adaptabilidade ao ambiente, dos povos pré-colombianos.

Os estudos referentes à pré-história requerem a interação entre diversas áreas de conhecimento, pois estes se baseiam em vestígios da ocupação humana, datações por meio de radioisótopos, conhecimentos paleoclimáticos, estudos de palinologia, além de aspectos geológicos, pedológicos e geomorfológicos. A Pedologia se insere muito bem nesse contexto, podendo identificar na fração terra fina ( $\leq 2$  mm) de camadas consideradas estéreis, elevados teores de elementos como Zn, Cu, Ca, C orgânico e principalmente P, elementos chave na identificação de solos antrópicos, especialmente o P, que apresenta elevada estabilidade no ambiente tropical (NOVAIS E SMYTH, 1999), sendo considerado um bom marcador de ocupações pretéritas. O modo de vida dos povos pré-históricos proporcionou uma concentração destes e de outros elementos nas habitações ou abrigos, em consequência do acúmulo localizado ou não de urina, fezes, restos alimentares, carvão de antigas fogueiras ou da limpeza de áreas de cultivo com fogo, ossadas, além de artefatos líticos ou cerâmicos. Portanto, a interação entre arqueólogos e

pedólogos, apesar de recente, já contribui para novas concepções sobre a dinâmica de vida dos povos pré-históricos (KÄMPF & KERN, 2005; CORRÊA, 2007).

A palavra solo é comumente utilizada não só no meio científico, sendo compreendida de maneira generalizada como: o meio natural onde crescem plantas terrestres na parte mais superficial do planeta. Cientificamente, o solo é definido como: o corpo tridimensional composto de sólidos (minerais ou orgânicos), líquidos e gases, que ocorre na superfície da Terra, caracterizado por horizontes ou camadas que são distinguíveis do material de origem como resultado de adição, remoção, transferência e transformação de material, estando capacitado para suportar raízes de plantas nos ambientes naturais (Soil Survey Staff, 1998).

Segundo KÄMPF & KERN (2005), o solo pode ser compreendido como um registro da ocupação humana, pois os solos representam verdadeiros corpos históricos, que preservam ao longo do tempo uma série de características resultantes da interação entre as populações humanas e o ambiente no qual estão vivendo. Os solos desenvolvidos nesse contexto são conhecidos como antrossolos ou antropossolos e são encontrados distribuídos por todo o mundo, sendo comuns em todas as regiões em que colonizadores praticaram agricultura por um longo tempo.

No Brasil existem três principais grupos de antropossolos distribuídos em regiões diferentes do país, que são as Terras Pretas Antropogênicas e Terras Mulatas, os solos desenvolvidos sobre Sambaquis e os solos sob abrigos calcários. Estes três grupos de solos apesar de apresentarem como característica comum a influência antrópica em sua gênese, possuem diferenças marcantes entre si. O fato de terem sido ocupados por populações com costumes diferentes, que utilizavam recursos próprios de cada região e por se desenvolverem de materiais de origem diversos sob condições climáticas distintas, proporcionou uma nítida distinção entre estes grupos de solos antropogênicos. Um primeiro grupo bem expressivo no contexto nacional são as Terras Pretas Antropogênicas (TPA's) ou Terras Pretas de Índio (TPI's), que se concentram na região norte do país. As TPA's são constatadas na floresta amazônica sobre solos de terra firme e também de várzea, a partir da ocupação intensa de populações indígenas pré-históricas (LIMA et al., 2002).

Os outros dois grupos de antropossolos constatados no Brasil são os de Sambaquis, que são desenvolvidos sobre montes de conchas, localizados na região costeira do país, e os solos desenvolvidos sob abrigos calcários, que se encontram bem representados na bacia do Rio São Francisco. Os Sambaquis foram estudados com fins de exploração, como fonte de cal e, mais recentemente, CORRÊA (2007) realizou um estudo pedológico pioneiro de solos dessa natureza no litoral do estado do Rio de Janeiro. Quanto aos solos sob abrigos calcários têm-se apenas estudos arqueológicos e praticamente nenhum estudo aprofundado de cunho pedológico, exceto contribuições ou menções ocasionais de estudos preliminares (SCHAEFER et al., 2008).

A região norte do Estado de Minas Gerais compreende uma extensa área de rochas calcárias representadas pelo Grupo Bambuí, que formam boa parte do vale do Rio São Francisco. Nessa região encontra-se um ambiente cárstico característico, onde existem muitas grutas e lapas onde as populações pré-históricas viveram por milhares de anos e deixaram registrados no ambiente, por meio de grafismos rupestres e de resíduos aportados no piso dos abrigos, um verdadeiro laboratório de pesquisas, que serve para auxiliar a interpretar e buscar conhecimento sobre nossos antepassados.

Dentro dessa província cárstica estão inseridos diversos municípios onde já se tem um histórico de pesquisas paleontológicas e arqueológicas de relevância nacional. As mais antigas foram desenvolvidas na porção central do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Lagoa Santa, Cordisburgo, Curvelo e Matozinhos, pelo pesquisador dinamarquês Peter W. Lund no século XIX, e revelaram a grande riqueza da mastofauna pleistocênica do estado de Minas Gerais. Na porção norte da província cárstica do vale do rio São Francisco destacam-se as pesquisas realizadas no Parque Nacional (PARNA) Cavernas do Peruaçu, localizado no município de Januária, e no Parque Estadual da Lapa Grande, município de Montes Claros.

O PARNA Cavernas do Peruaçu reúne uma série de atributos que o coloca como um das mais importantes regiões arqueológicas do Brasil. A área do parque compreende mais de 70 sítios arqueológicos (a maioria sob abrigos) numa superfície de menos de 15 km<sup>2</sup> (PROUS, 1991). As primeiras pesquisas realizadas no vale do rio Peruaçu remontam ao final da década de 70 quando pesquisadores do setor de arqueologia do Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais (MNH-UFMG) adentraram o vale e

iniciaram assim uma longa série de prospecções, escavações e levantamentos rupestres que o setor de Arqueologia prosseguiu, anualmente, entre 1981 e 1996. Como resultado dessa longa jornada de estudos constatou-se a ocorrência de diferentes momentos de ocupação, sendo os mais antigos datados de aproximadamente 12.000 anos A.P. (PROUS, 1992), até as mais recentes que ocorreram já no período histórico. Identificou-se uma infinidade de grafismos rupestres, presentes nas paredes dos abrigos, e a ocorrência de solos de ocupação, ricos em remanescentes de fogueiras contendo coquinhos, principalmente de guariroba, restos queimados, bivalvas de água doce e ossos de mamíferos de pequeno e médio porte, além de instrumentos de pedra feitos de sílex e quartzitos trazidos da cobertura residual, e pigmentos vermelhos e alaranjados provenientes da concentração da fração argilosa das cangas locais (PROUS, 1992).

As pesquisas na região de Montes Claros (Parque Estadual da Lapa Grande) também se iniciaram na década de 70, com a implantação do Programa de Pesquisas do Vale do São Francisco (PROPEVALE), realizado por uma equipe de arqueólogos vinculados ao Instituto de Arqueologia Brasileira (IAB). Posteriormente os pesquisadores Alan Bryan e Ruth Grun retomaram as pesquisas na região, com um programa que visava identificar, caracterizar e escavar os sítios presentes na área, dos quais apenas um foi parcialmente escavado e teve seu material publicado (BRYAN & GRUHN, 1978).

Durante a década de 80, novos sítios foram identificados na região, no entanto não foram vinculados a uma atividade regular e sistemática de pesquisas. Já na década de 90 a região permaneceu fora do interesse arqueológico. Dessa maneira, a maioria dos sítios arqueológicos presentes na região não se encontra caracterizada e registrada no IPHAN, portanto a região apresenta um enorme potencial para a realização de pesquisas e certamente guarda informações arqueológicas importantes para a compreensão das ocupações pretéritas. Dentre as informações já levantadas e publicadas destacam-se as obtidas por BRYAN & GRUHN (1978) na Lapa Pequena. As escavações revelaram valores próximos a 8.000 anos A.P. para as datações mais antigas, e a presença de material lítico lascado composto basicamente de sílex e quartzito além de outros artefatos de matérias primas distintas, misturados a cinzas de fogueiras.

Devido a relevância e representatividade que estas duas unidades de conservação podem oferecer no estudo de solos antropogênicos sob abrigos calcários, foram escolhidas, neste trabalho, quatro lapas e um sítio a céu aberto localizados na região cárstica do norte de Minas Gerais, sendo duas Lapas (Lapa do Boquete e Lapa do Malhador) e o sítio a céu aberto (Terra Brava) no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, e duas lapas (Lapa Grande e Lapa Pintada) no Parque Estadual da Lapa Grande, que apresentavam em seus solos, indícios evidentes de ocupação antrópica pretérita, com o intuito de efetivar um estudo pedológico que colaborasse com a compreensão da pedogênese de Antropossolos em ambiente cárstico no norte de Minas Gerais, sendo o trabalho norteado pelos seguintes objetivos:

- Caracterizar física, química, mineralógica e micromorfológicamente os solos dos abrigos influenciados pela atividade antrópica pré-colombiana.

- Estabelecer relações entre atributos pedológicos diversos e conhecimentos arqueológicos sobre os sítios, baseando-se principalmente na análise integrada de elementos indicadores da ação antrópica como Carbono orgânico, P, Zn e Cu, bem como nos teores e na qualidade das frações orgânicas do solo.

- Verificar quais as relações existentes, e qual o nível de interação, entre o tipo e a intensidade da ocupação antrópica, com os aspectos pedogenéticos.

- Fornecer informações e técnicas inovadoras que sirvam de subsídio para estudos arqueológicos, visando contribuir com o acervo de diferentes conhecimentos necessários para se interpretar a atividade humana pré-histórica, em ambientes de abrigos.

- Angariar dados que venham contribuir para o enquadramento taxonômico de solos arqueológicos em uma ordem dentro do SiBCS, possivelmente Antropossolos, conforme já sugerido em várias ocasiões.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Os Antropossolos

Os Anthrosols, conforme a *World reference base for soil resources* (FAO, 2006), compreendem solos profundamente modificados pela intensa atividade humana, como adição de materiais orgânicos (refugos domésticos e esterco), irrigação e cultivo de áreas por milhares de anos. A influência das populações na gênese destes solos é geralmente restrita aos horizontes superficiais (epipedons), que se desenvolvem de maneiras diferentes conforme a atividade exercida. Em partes da Europa Ocidental, notadamente na Irlanda e no Reino Unido, materiais calcários foram transportados, ao longo dos tempos, para áreas de solos mais pobres, visando melhorar suas características físico-químicas destes para a utilização agrícola. No México central, alguns foram construídos pelo acúmulo de sedimentos lacustres ricos em material orgânico, formando sistemas de ilhas e canais artificiais chamados Chinampas. Estes solos constituíram as áreas de maior produtividade do império Asteca. Já nas florestas encharcadas da Europa Ocidental e nos pântanos costeiros do sudeste da Ásia, encontram-se Antropossolos com horizonte *Irragric*, que é desenvolvido pela deposição constante de sedimentos, principalmente de silte, presentes na água de irrigação. Um caso especial de formação desses horizontes ocorre em sistemas de cultivo que alternam pequenas elevações com sulcos encharcados, onde se cultivam culturas de sequeiro nas elevações e arroz nos sulcos (FAO, 2006).

Existem alguns outros horizontes diagnósticos como o *Plaggic horizon*, que foi formado com longa e contínua aplicação de esterco, como cama de gado, que era espalhado nos campos de cultivo sistematicamente nos tempos medievais, principalmente no noroeste da Europa. Esta prática desenvolveu horizontes de até 100 cm de profundidade, ricos em carbono orgânico e com saturação de bases baixa. Portanto apresentam propriedades físicas favoráveis, mas qualidades químicas insatisfatórias como acidez e deficiência de nutrientes. Estes solos são cultivados atualmente com batata, centeio, aveia, beterraba dentre outras culturas alcançando boas produtividades quando se tem um incremento de fertilizantes solúveis.

Outro horizonte diagnóstico superficial da legenda WRB-FAO, 2006, associado aos Antrossolos é o *Terric horizon*, que tem sua formação induzida pelo homem através do incremento de adubos grosseiros como areia ou lama, nas áreas de cultivo por longos períodos. Estes horizontes apresentam cores variadas conforme a origem do material e podem conter rochas aleatoriamente distribuídas, assim como artefatos pré-históricos. A saturação por bases é igual ou maior a 50%, a profundidade é maior que 20 cm, a textura é irregular variando em profundidade. O horizonte hórtico é também um horizonte superficial, encontrado em diversas partes do mundo onde os seres humanos fertilizaram os solos com material orgânico, e ou acumularam seus refugos alimentares de maneira intensa. Esse horizonte apresenta características como teor de  $P_2O_5$  disponível, superiores a  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ , soma de bases maior que 50%, cor úmida com valor e croma menores que 3, espessura maior que 20 cm dentre outras. As terras pretas (TP's) da Amazônia são um exemplo bem expressivo de solos com esse horizonte hórtico no Brasil.

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) a influência da atividade humana (antiga ou contemporânea) é de fato definida muito vagamente na forma de um horizonte diagnóstico antrópico. No SiBCS este horizonte se assemelha aos horizontes A chenzêmico e A húmico, já que tem a saturação por bases variável, e se diferencia dos mesmos por apresentar teores de  $P_2O_5$  mais elevados do que na porção inferior do *solum*. No Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998) os processos antropogênicos também são definidos de forma pouco detalhada por um horizonte diagnóstico antrópico (Anthropic Epipedon), que atende todos os requisitos para o horizonte *Mollic*, porém com teores de  $P_2O_5$  mais elevados que  $1.500 \text{ mg kg}^{-1}$ .

O termo Arqueo-antrossolos foi proposto por KÄMPF et al. (2003) na Legenda de Classificação de Arqueo-antrossolos (LCA) para designar a classe de antrossolos antigos. A LCA utiliza um único horizonte diagnóstico chamado de horizonte arqueo-antropopedogênico, prioriza a parte superior do perfil de solo, conta com três níveis categóricos e foi desenvolvida com base nos estudos das terras pretas antropogênicas da região amazônica. Os Arqueo-antrossolos são testemunhos ou produtos culturais da atividade humana em períodos anteriores à chegada do colonizador europeu aos neotrópicos.

No Brasil existem solos com origem antropogênica em ambientes distintos, os mais expressivos são os chamados de Terras Pretas, ou Terras Pretas Antropogênicas (TPA's) ou ainda Terras Pretas de Índio (TPI's), e estão concentrados no norte do país, na região do rio Amazonas, onde ocupam áreas de dezenas de hectares, estando presentes em várzeas ou em ambientes de terra firme. Estes solos caracterizam alterações do solo original gerada por intervenções antrópicas em tempos pré-históricos. Essas intervenções se deram por povos cujo modo de vida incluía o costume de depositarem restos de alimentos, de fogueiras, de cerâmicas, de artefatos líticos dentre outros, nos sítios onde moravam. Esse material incorporado ao solo e submetido aos processos de decomposição ao longo de algumas centenas de anos, disponibilizou diversos elementos químicos, modificando fisicamente e quimicamente o solo (SILVEIRA et al., 2002). Foram sítios de ocupação humana e de uso agrícola, tendo como materiais fontes o carvão e os resíduos de alimentos, como peixes, com altos teores de Ca e P. O processamento de alimentos e a queima continuada das lixeiras são provavelmente uma fonte importante de materiais orgânicos de combustão incompleta (C pirogênico, carvão), já as folhas de palmeiras utilizadas na cobertura de habitações, que são renovadas periodicamente, podem ter sido importantes fontes de K, Ca, Mg, Zn e Mn conforme KERN et al.; (1997).

As Terras Pretas diferentemente dos demais solos da região, exibem coloração escura devido aos elevados teores de matéria orgânica (principalmente em frações menos solúveis), pH's mais elevados e boa fertilidade. Os valores de pH mais elevados (próximos à neutralidade) são atribuídos em grande parte ao acúmulo de cinzas provenientes da queima de madeira, material rico em carbonato de cálcio, hidróxido e sulfato de cálcio e hidróxidos de potássio e sódio. Diferem-se ainda dos solos adjacentes pelos

fragmentos de cerâmica, que podem ocupar de 10 a 25 % de volume no solo (NEVES et al.; 2003) e objetos líticos, ambos presentes nos horizontes superficiais e subsuperficiais, pela presença de apatita biogênica e maiores concentrações de carbono orgânico, Ca, Mg, Zn, Mn, Cl, Cu e Cr, destacando-se os teores muito elevados de fósforo nos horizontes antrópicos que comumente excedem 500 mg kg<sup>-1</sup> LIMA et al., (2002); PABST, (1991); KERN & KAMPF, (1989); KERN & COSTA, (1997), podendo chegar até 5.900 mg dm<sup>3</sup> conforme encontrado por CORRÊA, (2007) em solos coletados às margens do rio Solimões. O fósforo é o grande indicador dos Arqueo-antrossolos, pois é especialmente encontrado na urina, tecidos vegetais e animais e, principalmente, nos ossos (WOODS, 2003). Outro ponto relevante é a elevada estabilidade (pouca mobilidade) do fósforo nos solos, especialmente nos trópicos (NOVAIS & SMYTH, 1999), mesmo sob diferentes condições pedológicas. Esses solos concentram quase todos os estudos já realizados no Brasil sobre arqueo-antrossolos, portanto é sobre estes que se tem mais informações, advindas de trabalhos expressivos como os realizados por SMITH, (1980); KERN, (1988), (1989); WOODS & MCCANN, (1999); SCHAEFER et al., (2004); CORRÊA, (2007).

Outro ambiente onde se encontram solos de natureza antropogênica é no litoral do Brasil. A ocupação do litoral brasileiro parece ter se iniciado no período de transição entre o Pleistoceno e o Holoceno, acompanhando o momento do “Ótimo climático ou Altitermal”, e é neste momento que surgem os primeiros sítios de coletores especializados em moluscos marinhos. É nestes sítios, localizados nas regiões costeiras do país que se encontram outro grupo de solos com pedogênese intimamente ligada a ação dos povos pré-históricos brasileiros. Esses solos são desenvolvidos sobre restos faunísticos, misturados a artefatos líticos, conchíferos e ósseos, empilhados em montes de formas e dimensões variáveis, que chegam a ter até 30 metros de altura (LIMA, 1999, 2000). BARBOSA & DUDA (1996) definem os sambaquis como sendo uma elevação composta principalmente por restos alimentares (carapaças de moluscos, ossos de fauna marinha e terrestre, além de sementes, onde estão presentes aparatos tecnológicos (pontas de osso, dentes trabalhados, almofariz, lâminas de machado polidas, entre outros) e etapas do processo de fabricação de artefatos (lascas de quartzo, epífisescortadas, etc). Esses peculiares testemunhos arqueológicos deixados pelos povos pré-colombianos

são denominados de Sambaquis ou concheiros e são datados de 8000 até 2000 anos AP (PROUS, 1992). Alguns arqueólogos compreendem os sambaquis como sendo resultado de um trabalho social ordenado, que tinha por objetivo, entre outros, o de construir um imponente marco paisagístico (TENÓRIO, 2004) sendo este marco talvez uma representação das habilidades daquele grupo em obter os recursos.

Os sambaquis foram intensamente explorados a partir do século XVI pela indústria de cal, acarretando assim em uma grande perda arqueológica. Apesar disso foram bastante estudados no final do século XIX, e principalmente na primeira metade do século XX, onde os estudos tiveram mais ênfase em explicações científicas mais embasadas. O estudo pedológico destes solos é recente, e tem-se uma primeira descrição pedológica feita por CORRÊA, 2007. Este autor caracterizou arqueo-antropossolos da região dos Lagos (RJ) e obteve os maiores teores de P, total e disponível, já descritos no Brasil até hoje. CORRÊA, (2007) também verificou que os teores de Zn e P possibilitam inferências proporcionais de intensidade de resíduos antrópicos.

Um terceiro grupo de solos que apresenta influências antrópicas em sua formação, e que é o objeto de estudo do presente trabalho, são os solos encontrados em sítios arqueológicos sob abrigos calcários, onde as condições de pH mais elevado e restrição hídrica permitem uma maior preservação desse material. Um fator extremamente relevante na preservação dos vestígios, em ambientes de abrigos calcários, é o próprio carbonato de cálcio presente no meio geomórfico. O carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) é dissolvido dos calcários e dolomitos pela atuação da água saturada em gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), transportados pelos vazios das rochas e percolado pela porosidade dos sedimentos, sendo reprecipitado, por exemplo, em forma de espeleotemas, concreções e mineralização de compostos orgânicos (fossilização). As áreas abrigadas em ambiente cárstico, portanto, favorecem especialmente a preservação de vestígios e estruturas orgânicas e a fossilização (MOURA, 1998).

As características naturais das regiões tropicais se mostraram extremamente favoráveis para o estabelecimento de populações pré-históricas. Isto porque durante o Pleistoceno e o Holoceno, apesar das oscilações climáticas, essas regiões não sofreram os rigores climáticos observados no Hemisfério Norte, decorrentes das glaciações (PROUS, 2003). Além das

condições climáticas favoráveis, em regiões cársticas desenvolvidas sobre rochas calcárias, encontram-se uma infinidade de abrigos rochosos que parecem ter sido muito apreciados pelos primeiros ocupantes da região. Essas áreas abrigadas são locais particularmente especiais para a ocupação humana pretérita, visto que caracterizam ambientes protegidos com relação às intempéries e aos animais, onde as condições microclimáticas costumam ser mais constantes e amenas (MOURA, 1998).

No norte do estado de Minas Gerais, existem duas unidades de conservação (Parque Nacional Cavernas do Peruaçu e no Parque Estadual da Lapa Grande), onde encontram-se abrigos que foram ocupados por milhares de anos consecutivos e preservaram em seu piso um registro incontestável da ocupação humana pré-histórica. Associado aos vestígios antrópicos da pré-história, encontra-se nos solos da base destes abrigos uma mistura entre materiais minerais intemperizados in situ e sedimentos alóctones provenientes de atividade de transporte mais ou menos intensa conforme o regime de alternância climática. Dentro deste contexto a evolução da paisagem cárstica é fundamental para o desenvolvimento da sedimentação nas áreas abrigadas. Na região cárstica do norte de Minas que apresenta clima tropical quente, com tendências ao semi-árido, predominam na morfodinâmica os processos mecânicos. Apesar do volume médio de precipitações anuais não ser tão baixo (870 mm), este é mal distribuído, chegando a apresentar um trimestre muito seco, com pelo menos um mês com precipitação inferior a 60 mm, e sendo muito comum o índice de 0 mm no trimestre junho-julho-agosto. Portanto a variedade de processos morfogenéticos observados nessa região possibilitou uma grande variedade de depósitos sedimentares que registram a história de evolução da paisagem e também da ocupação humana pretérita.

Por fim faltam realmente informações do ponto de vista pedológico destes solos localizados sob os abrigos calcários. E sendo assim a realização de pesquisas, e o conseqüente acréscimo de conhecimento gerado pelas mesmas, é de extrema relevância para a melhor compreensão da antropopedogênese nestes ambientes, bem como para ampliar o horizonte de interpretações possíveis dos estudos arqueológicos.

## 2.2. Aspectos Gerais da Pré-História da Região Norte de Minas Gerais

As principais pesquisas sobre os antigos caçadores-coletores que ocuparam o território de Minas Gerais concentram-se principalmente nos abrigos calcários. Os indícios mais antigos dessa ocupação são do final do período Pleistoceno, com idades entre 12.000 e 11.000 anos. As duas regiões mais estudadas são: a de Lagoa Santa/Serra do Cipó e a dos vales dos rios Peruaçu e Cochá, afluentes do médio curso do rio São Francisco. Na primeira foram obtidas importantes informações sobre as características biológicas de populações caçadoras-coletoras e sobre alguns de seus rituais, como os funerários. Na segunda foram resgatadas informações sobre tecnologias líticas. Em ambas são muitos os grafismos rupestres (PROUS, 2003).

Admiti-se que a pré-história brasileira, iniciou-se a cerca de 15.000 anos A.P. A região cárstica do vale do Rio São Francisco está inserida neste contexto de populações pleistocênicas, preliminarmente chamado de Período Paleoíndio. Este termo, retirado da literatura americana, foi utilizado originalmente para designar populações pleistocênicas americanas que caçavam animais atualmente extintos e utilizavam-se, caracteristicamente pontas de projétil de pedra, sendo classificados de acordo com o tipo de pontas que usavam. Estas características são muito discutíveis no Brasil, pois as relações entre as populações pré-históricas brasileiras e a fauna extinta permanecem ainda duvidosas, e as pontas de projétil de pedra praticamente não existiam neste período, mas sim no seguinte. Assim, têm-se um paleoíndio *sui generis*, tipicamente brasileiro (SEDA, 2001). Diante disto, os pesquisadores acabaram por adotar novas nomenclaturas, como Caçadores-Coletores do Pleistoceno (PROUS, 1992). As datações por  $^{14}\text{C}$  demonstraram que entre 12.000 a 11.000 estas populações pleistocênicas já se encontravam na região centro-norte de Minas Gerais, além de outros pontos do país, como noroeste de Mato Grosso, sudoeste de Piauí, Bahia, Pernambuco, Goiás, São Paulo, Rio Grande do Sul e Pará (SEDA, 2001).

No final do Pleistoceno (18.000-12.000 anos A.P.) o clima era mais frio e seco do que o atual: ventos frios e secos sopravam da Patagônia e dos Andes atingindo até o Nordeste brasileiro e a corrente fria de Falkland banhava o litoral até a Bahia, influenciando todo o clima até o interior. Embora as temperaturas baixas tenham sido muito significativas, as variações de umidade

poderiam ter tido conseqüências mais drásticas, e sabe-se que em muitas regiões do Brasil central houve uma fase seca entre cerca de 20.000 a 12.000 anos A.P. Mesmo assim, é provável que a umidade tenha sido sempre suficiente para manter nos cânions cársticos uma mata ciliar parecida com a atual. Essa vegetação então existente permitiu o trânsito de mamíferos, e como testemunha deste fato encontram-se duas jazidas paleontológicas com presença de preguiça gigante e de gliptodonte no vale do rio Peruaçu PROUS & RODET, (2009). Por outro lado, o mar estava pelo menos 100 m abaixo do nível atual, expondo uma plataforma continental que em alguns pontos atingia 200 km. A vegetação, refletindo a temperatura sensivelmente mais baixa e a pluviosidade menor, apresentava-se bem diferente. Neste contexto, pode-se supor que o ambiente regional mais rico e produtivo tenha sido o vale do rio São Francisco, e nele estariam então as maiores concentrações de população e de assentamentos. O grande rio forneceria peixes, que é a maior fonte tradicional de proteínas para a maioria das populações indígenas, particularmente nos períodos de águas baixas. Durante as chuvas, as lagoas da margem do São Francisco enchem-se de peixes que nelas vêm desovar e que podiam ser capturados no momento da piracema.

O cerrado por sua vez, localizado nas partes mais altas da paisagem (platô), proporcionava farta colheita de frutos durante a estação das chuvas, além de caça de porte médio (porcos do mato, veados e tamanduás) que nesta época também se concentravam no cerrado em busca de alimentos vegetais como chichá e pequi, por exemplo. Além disso, o platô oferecia grandes concentrações de variedades de matérias-primas líticas (arenito silicificado, quartzito, cianita e calcedônia) ausentes no canyon onde estavam localizados os abrigos calcários. Desta forma, enquanto o vale proporcionava mais peixe na estação seca, o cerrado oferecia mais carne e plantas medicinais, no verão (PROUS & RODET, 2009).

Acredita-se que o canyon onde se localizam os abrigos calcários, tenha sido mais um lugar de passagem e destinado ao desenvolvimento de atividades específicas acompanhadas pela execução de grafismos elaborados. No entanto, a caça no canyon e em seus arredores podia proporcionar vertebrados de pequeno porte como tatus, macacos, mocó e outros pequenos roedores e, também, de médio e grande porte como veados, tamanduás, porcos do mato e anta, visto que estes são comumente encontrados em

ambientes heterogêneos onde se misturam mata seca, mata de galeria e cerrado (PROUS & RODET, 2009).

### **2.2.1. Ocupação pretérita dos abrigos calcários**

A primeira ocupação comprovada no PARNA Cavernas do Peruaçu é datada de 11.000 a 12.000 anos A.P. nas Lapas do Boquete e da Hora. Caracteriza-se por solos de ocupação, ricos em restos alimentares contendo “coquinhos”, principalmente de guariroba, restos queimados, bivalvas de água doce e ossos de mamíferos de médio porte. Instrumentos de pedra feitos com sílex e quartizitos trazidos da cobertura residual, além de pigmentos vermelhos e alaranjados provenientes da concentração da fração argilosa das cangas locais, também são típicos desta época (PROUS, 1992). Esse período de ocupação está inserido em um contexto de coleta, caça e pesca, portanto dependente da capacidade suporte do ambiente.

Em um segundo momento tem-se a ocupação no início do Holoceno, entre 9.500 a 8.500 anos A.P. Esta apresenta uma mudança no instrumental lítico composto essencialmente por pequenas lascas brutas. Os gastrópodes terrestres começam a desempenhar um papel importante na alimentação e existem evidências da construção de estruturas habitacionais sob os abrigos calcários. Alguns corpos foram sepultados nesta fase de ocupação, particularmente na Lapa do Boquete. Nos níveis de solo escavados desta época foi encontrada uma grande quantidade de pigmentos em todos os sítios estudados (PROUS, 1992).

No período subsequente Holoceno médio (7.000 a 2.000 AP) as camadas foram perturbadas por buracos, feitos pelos horticultores posteriores, destinados a enterrar alimentos, para sepultamentos. Em áreas intactas encontrou-se um sepultamento na Lapa do Malhador que apresenta morfologia diferente daquele encontrado na Lapa do Boquete. Em quase todos os abrigos escavados encontraram-se remanescentes de fogueiras, muitas vezes sobrepostas, contendo muitos coquinhos. Os restos de fauna, pequi e as conchas de grandes gastrópodes e bivalvas são pouco freqüentes. Apenas no abrigo do Malhador verifica-se maior quantidade de restos de peixes. Os pigmentos dessa época são os primeiros a apresentarem manganês (pigmentos pretos), e vários abrigos apresentam representações rupestres de

raízes e tubérculos, de cerca de 3.000 anos (datação ainda duvidosa), evocando uma possível domesticação dos vegetais, ainda não comprovada.

Entre 2.000 e cerca de 1.000 anos A.P. verifica-se a introdução da agricultura e da cerâmica no modo de vida das populações pré-históricas. As condições mais secas e com baixa atividade biológica, existentes nos abrigos, garantiram a preservação de vestígios alimentares em “silos” nas Lapas do Boquete e da Hora, incluindo milho, mandioca, feijão, urucum, jatobá, entre outras (PROUS, 1991). Esses depósitos alimentares recortavam outros mais antigos, e geralmente se encontram cobertos por cinzas e carvões que eram sistematicamente produzidas e colocadas acima dos silos para enganar os roedores e evitar o desenvolvimento de organismos depreciadores de alimento (PROUS, 2003).

Quanto às cerâmicas, foram identificados até hoje três grandes grupos, que são atribuídos a três tradições distintas. A tradição “Una” é a mais conhecida deste período na região, apresentando recipientes modelados e de dimensões modestas de formas ovóides e nunca decorados. A tradição Tupiguarani, é associada a ocupações sob céu aberto. Seus sítios ainda não foram escavados sistematicamente, mas algumas urnas funerárias foram coletadas, e a cerâmica é considerada da tradição proto-tupi ou subtradição proto-tupinambá, visto que não apresenta a decoração corrugada nem as grandes urnas piriformes cambadas típicas dessa tradição. A terceira tradição é a Aratu/Sapucaí. Esta parece ter ocupado preferencialmente o cerrado, e não se encontraram indícios dessa tradição no canyon nem a montante, porém um importante sítio contendo cerâmicas atribuídas a esta tradição foi encontrado às margens do rio São Francisco (PROUS, 2003).

Existe ainda um período de ocupação histórica, então relatada na primeira expedição portuguesa ao vale do rio Peruaçu em 1554, onde o jesuíta Aspilcueta Navarro relata a presença de grupos Tapuia e Tamoios. No final do século XVII o vale foi invadido por colonos que escravizaram ou subjulgaram os índios. No abrigo Cabeça d’Anta foi encontrado recentemente um solo de ocupação intacto com vestígios (artefatos líticos, restos alimentares e objetos de madeira) que provavelmente representa as últimas estruturas de ocupação desta época.

O volume de informações arqueológicas, oriundas de pesquisas realizadas no Parque Estadual da Lapa Grande, é consideravelmente menor do

que aquele pertinente ao PARNA Cavernas do Peruaçu. Porém BRYAN & GRUHN (1978), citados por BUENO (2008), escavaram uma área de aproximadamente 8 m<sup>2</sup> na Lapa Pequena, que fica a cerca de 600 metros de distância da Lapa Grande e da Lapa Pintada.

Segundo as referências cronológicas, obtidas por BRYAN & GRUHN (1978) citados por BUENO (2008), os 160 cm correspondentes à parte mais profunda da área escavada com evidências de vestígios arqueológicos, cujo sedimento é composto por areia e cinzas, foram acumulados no intervalo entre 8.240 e 7.000 A.P., definindo um período de 1240 anos, enquanto os 70 cm mais superficiais teriam sido depositados ao longo de um período de 7000 anos. Essa cronologia associada à homogeneidade apresentada pelos conjuntos líticos ao longo da estratigrafia aponta para a necessidade de um refinamento cronológico da ocupação desse abrigo, com a obtenção de amostras para datação provenientes especificamente da porção mais superficial do sedimento. As evidências disponíveis permitem afirmar que o abrigo certamente foi ocupado entre 8.240 A.P. e 530 A.P. e que o período compreendido entre 7.800 e 7.400 representou o período de maior intensidade de ocupação, mas, no entanto, não se sabe de que maneira e com qual frequência o abrigo foi ocupado posteriormente a esse período e mesmo durante esse período (BUENO, 2008).

Com relação aos vestígios encontrados pelos pesquisadores que escavaram a Lapa Pequena destaca-se a ocorrência de certa homogeneidade na tecnologia lítica (composta basicamente de quartzo e sílex), ao longo de toda a estratigrafia, incluindo as camadas pré-cerâmicas e aquelas nas quais a cerâmica está presente. Outros artefatos que aparecem com muita frequência no sítio são os quebra-cocos. Apesar de haver uma série deles em superfície, quando observados em estratigrafia, nota-se uma distribuição preferencial entre os níveis, mais profundos e praticamente uma ausência entre os níveis intermediários. Em determinados níveis, BRYAN & GRUHN (1978) descrevem uma associação entre quebra-cocos, fragmentos de calcário, cinzas, conchas e sementes queimadas que definiriam estruturas de processamento de alimentos. Além dessas estruturas de processamento de alimentos há inúmeros remanescentes de fogueiras ao longo da estratigrafia do abrigo. Sua distribuição, no entanto, não é uniforme, havendo uma concentração de camadas compostas por areia e cinzas nas camadas mais superficiais do

abrigo. Desses restos de fogueiras poucas apresentam limites espaciais bem definidos, sendo compostas, na maioria das vezes, por áreas de dispersão de cinzas que chegam a quase 50 cm de extensão. Essas cinzas produzidas pelas fogueiras, misturadas com o sedimento do abrigo, compõem a maioria das camadas estratigráficas identificadas e indicam uma participação efetiva e intensa da atividade humana na formação do depósito sedimentar da Lapa Pequena.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Caracterização da Área de Estudo**

#### **3.1.1. Localização**

O Parque Nacional (PARNA) Cavernas do Peruaçu (Figura 1) compreende uma área de 56.649 ha, e localiza-se norte de Minas Gerais à margem esquerda do alto-médio curso do rio São Francisco, entre os municípios de Januária, Itacarambi e São João das Missões, em uma área de transição entre os biomas do Cerrado e da Caatinga. Parte da área do parque sobrepõe-se a Área de Preservação Ambiental (APA) das Cavernas do Peruaçu, que foi criada pelo decreto federal nº 98.182, e compreende os limites geográficos da bacia hidrográfica do rio Peruaçu. Nesta APA existe também a Unidade de Conservação Estadual denominada de Parque Estadual Veredas do Peruaçu e uma pequena porção da Reserva Indígena Xacriabá.

O Parque Estadual da Lapa Grande é uma área de proteção criada em 10 de janeiro de 2006, pelo decreto nº 44.204. Abrange uma área de 7.864 ha e está localizado no município de Montes Claros a 430 km da capital do Estado (Belo Horizonte).

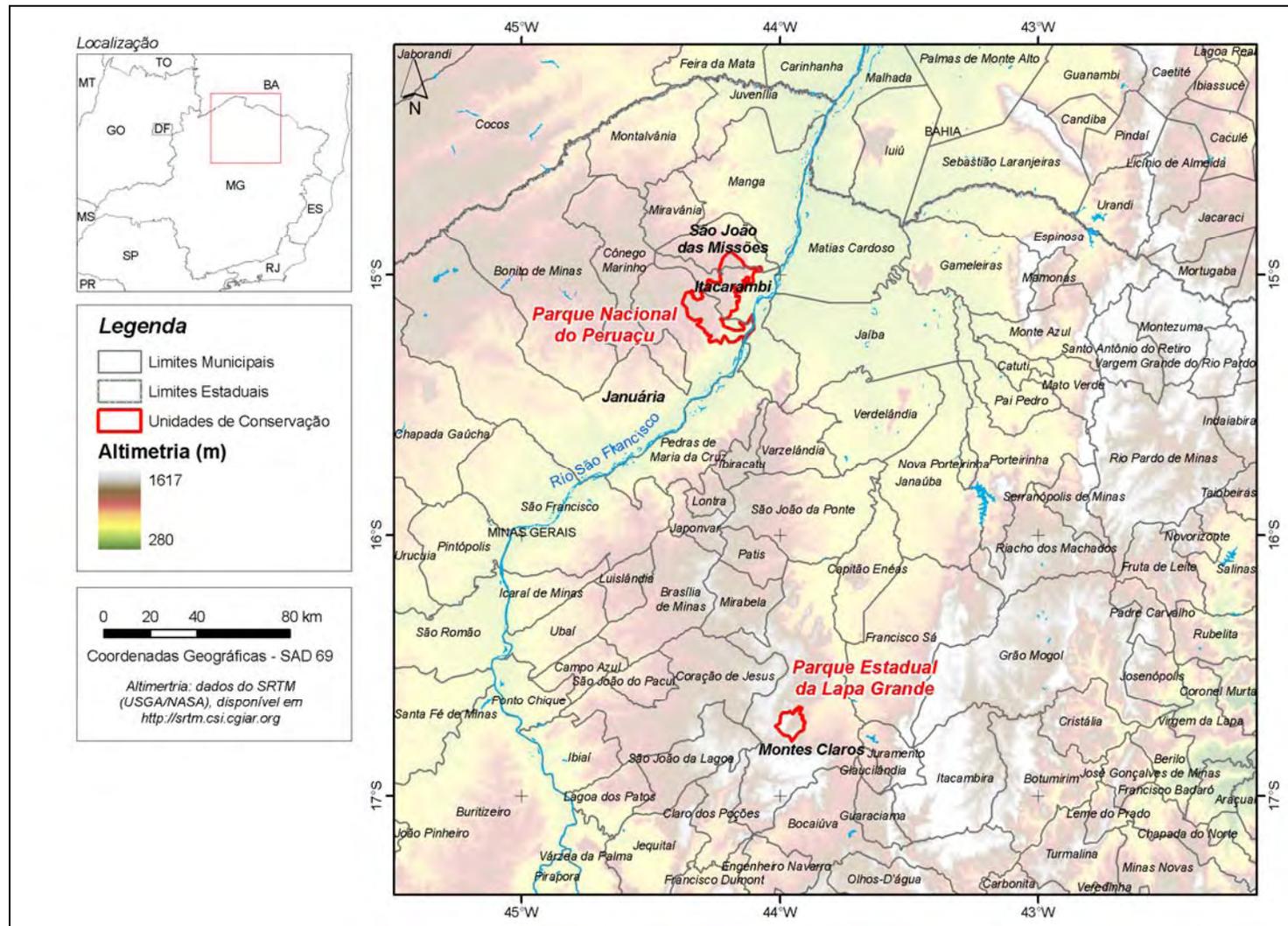


Figura 1. Mapa de Localização das Unidades de Conservação PA Cavernas do Peruaçu e Parque Estadual da Lapa Grande.

### **3.1.2. Clima**

O clima da região é tropical úmido das savanas, caracterizado pela existência de uma estação seca bem acentuada no período de inverno (Aw da classificação de Köppen). A temperatura média anual está em torno de 21° a 24°C, sendo outubro o mês mais quente e julho o mais frio. A precipitação média anual é de 850 mm, e se distribui de forma irregular concentrando-se no período de outubro a março. A evapotranspiração anual potencial da região é da ordem de 1.650 mm, tendo assim um balanço hídrico com déficit anual de mais de 800 mm.

### **3.1.3. Geologia**

A área encontra-se em área embasada pelo cráton do São Francisco, composto por uma suíte indivisa de rochas de idade Arqueana (com mais de 2.600 milhões de anos). Dentre as rochas desse período predominam na região granitos, gnaisses e anfibolitos, todas retrabalhadas sucessivamente pelos ciclos (Transamazônico, Uruaçuano e Brasileiro). Sobre estas repousa uma seqüência de sedimentos predominantemente pelito-carbonática, consolidada em rochas como calcários, calcários dolomitos, siltitos, argilitos, folhelhos e margas, que se depositou no Proterozóico superior, a cerca de 600 a 900 milhões de anos (RADAMBRASIL, 1982). A unidade geológica que engloba esses sedimentos é o Grupo Bambuí, que na área de estudo está representado principalmente pelas formações Sete Lagoas - Januária (calcários e dolomitos), Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré-Nhandutiba ambas compostas de siltitos e calcários, em uma seqüência da base para o topo, estando dispostas em camadas bastante homogêneas e horizontalizadas com dobramentos apenas nas bordas (Fundação CETEC, 1981; FUNDEP, 1992).

O calcário é uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e biológicos. O cálcio é um elemento abundante na crosta terrestre, estimado em 3-4% da mesma. Por meio dos processos de erosão e intemperismo, incluindo a solução de ácidos carbônicos ou outros de origem mineral, as rochas são desintegradas e o cálcio em solução é conduzido para o

mar por meio da drenagem das águas. Após atingir o oceano, parte do carbonato de cálcio dissolvido precipita-se, em decorrência da sua baixa solubilidade na água marinha. A evaporação e as variações de temperatura podem reduzir o teor de dióxido de carbono contido na água, causando a precipitação do carbonato de cálcio em consequência das condições de saturação. O carbonato de cálcio depositado, segundo esse procedimento, origina um calcário de alta pureza química. Também, por processo químico de deposição, formam-se calcários como: travertino, turfa calcária, estalactites e estalagmites, muito comum nas cavernas.

As impurezas dos calcários variam muito em tipo e quantidade e acompanham o processo de deposição do  $\text{CaCO}_3$  ou ocorrem em estágios posteriores a deposição. Talvez, a impureza mais comum nas rochas carbonatadas em todo o mundo seja a argila. Os argilominerais, principalmente caulinita, illita, clorita, smectita e outros tipos micáceos – podem estar disseminados por toda a rocha ou, ainda, concentrados em finos leitos no seu interior. Os compostos de ferro no calcário são prejudiciais à sua aplicação para vários fins industriais como: cerâmicos, tintas, papel, plásticos, borracha, além de outros. Na obtenção de cal, essas impurezas, raramente, são prejudiciais, desde que um produto final muito puro não seja exigido. Em geral, os compostos de ferro estão na forma de goethita (hidróxido férrico) e pirita. Hematita, e outras formas de ferro são encontradas no calcário, porém atípicas (CETEM, 2005).

Existe na região um grande hiato no registro geológico após o período pré-cambriano, com ausência de unidades paleozóicas. Este hiato pode estar relacionado com a ativação no Mesozóico de antigas zonas de falhas, em regime distensional, em decorrência da separação entre o Brasil e a África, favorecendo assim o rejuvenescimento da paisagem e consequente erosão das formações paleozóicas (Relatório Preliminar PM PNCP, 2003). Em função disto, sobre rochas do Grupo Bambuí repousa em discordância a Formação Urucuia, constituída de sedimentos mais arenosos de origem flúvio-eólica, referidos ao período Cretáceo com cerca de 80 milhões de anos. Arenitos avermelhados de granulação média a grosseira representam a Formação Urucuia na área do parque, ocupando superfícies mais aplainadas em cotas altimétricas mais elevadas. O contato inferior desta formação com o Grupo

BambuÍ, geralmente é marcado por camadas, muitas vezes espessas, de canga laterítica.

Destaca-se na geologia local do PARNA Cavernas do Peruaçu a existência de alguns depósitos de chumbo e zinco, e um depósito de Fluorita próximo à mina do Janelão que teve sua primeira exploração no ano de 1957. Estes depósitos são classificados em relação a origem como hidrotermais, porém sua fonte é desconhecida (ROBERTSON, 1963). Estão sempre associados com rochas do grupo Bambuí, preenchendo falhas e fraturas existentes nas mesmas. Todos os depósitos da região oeste do vale do São Francisco, entre Januária e Itacarambi são similares mineralogicamente, apresentando minerais primários (sulfetados) como, galena, esfarelita e calcopirita, incluindo anglesita, cerusita, e illemita. A erosão e intemperismo proporcionaram a concentração e o aparecimento desses minerais em alguns desses depósitos (ROBERTSON, 1963).

#### **3.1.4. Geomorfologia**

A Geomorfologia dos parques se divide, de forma generalizada, em dois grandes compartimentos, que são:

1. As chapadas da cimeira que se encontram entre 700 e 830 metros de altitude, onde predominam sedimentos da formação Urucuia. Nas bordas das chapadas encontram-se expostas couraças lateríticas e os solos predominantes são Latossolos Vermelhos distróficos de textura média e argilosa sob cerrado.

2. Relevos de plano a escarpado nas cotas de 500 a 700 metros de altitude, referentes ao compartimento cárstico. Nesse compartimento da paisagem tem-se a exposição de rochas pelíticas e carbonáticas, fruto da dissecação das chapadas pela rede de drenagem. As rochas carbonáticas, nas quais se incluem os calcários e os dolomitos, estão entre as mais comuns na superfície da Terra. São rochas que se dissolvem com relativa facilidade, compostas predominantemente por carbonatos de cálcio (calcários), e carbonatos de cálcio e magnésio (dolomitos) (LINO, 2001).

Uma das características principais de uma área cárstica é a presença de drenagem de sentido predominantemente vertical e subterrânea (criptorreica), seguindo fendas, condutos e cavernas, resultando na ausência parcial ou

completa de cursos de águas superficiais (BIGARELLA, 1994). A evolução de um relevo cárstico significa o desenvolvimento de processos físicos (erosão) e principalmente de processos químicos de dissolução (LINO, 2001). Esses processos serão mais intensos em condições de drenagens perenes, como no caso do rio Peruaçu, e do Rio Pai João (conhecido localmente como Córrego dos Bois) que possuem suas nascentes em inúmeras veredas típicas das altas chapadas sanfranciscanas, localizadas em regiões de embasamento cristalino do pré-cambriano inferior, recobertas por sedimentos arenosos. Portanto este rio que atravessa um pacote de sedimentos carbonáticos, tem um curso alóctone. Esta particularidade se mostra de extrema importância para o desenvolvimento do Carste, pois garantiu e garante o fluxo constante de águas que promovem a dissolução das rochas carbonáticas, formando assim o Flúviocarste presente na área do parque (PILÓ, 1991).

O relevo cárstico dos parques compreende desde áreas suave-onduladas até encostas escarpadas. Existe um compartimento geomorfológico, que está situado no topo da paisagem (cotas de 700 m) onde predominam formas residuais (banquetas, verrugas e torres) associadas a partes mais massivas das rochas e a presença de dolomitos que apresentam maior resistência a dissolução do que os calcários. Abaixo deste compartimento encontra-se o flúviocarste, onde corre a rede de drenagem, da qual o rio Peruaçu é a artéria principal, no PARNA Cavernas do Peruaçu e o Rio Pai João no Parque Estadual da Lapa Grande. Este flúviocarste segue por um corredor que apresenta diversos sumidouros e ressurgências, representados por cavernas que resistem aos abatimentos. Associado a este corredor de drenagem subterrânea está o compartimento das depressões fechadas, caracterizado pela presença de dolinas (em funil e em poço) e uvalas que podem ter até 2000 metros de largura. Essas formações são áreas típicas de recarga do aquífero endocárstico (PILÓ, 1991) (Figura 2).

As áreas de relevo escarpado correspondem a um escarpamento típico do modelo de pedimentação, reelaborado por processos cársticos específicos como lapiezamentos, poços de dissolução e abatimentos (Figura 3). Como representante das cotas mais baixa (entre 500 e 450 m de altitude) tem-se o compartimento da depressão do rio São Francisco, que apresenta relevo suave ondulado onde se encontram dolinas e uvalas geradas por dissolução, e ressurgência parcial dos aquíferos cársticos (PILÓ, 1991).



Figura 2. Janelão no PARNA Cavernas do Peruaçu. Exemplo de uma feição típica do compartimento cárstico no vale do rio Peruaçu.



Figura 3. Compartimento cárstico do vale do rio Peruaçu, evidenciando a presença de relevo suave ondulado e ondulado na porção mais rebaixada do vale em meio a encostas calcárias escarpadas.

### 3.1.5. Vegetação

A vegetação dos parques se encontra estratificada conforme os diferentes tipos de ambientes, subdividindo-se em quatro grandes grupos descritos abaixo:

#### – Formações florestais

A Floresta Perenifólia representa a mata ciliar do rio Peruaçu, onde predominam ingás *Inga marginata*, gameleiras *Ficus sp.*, jequitibás *Cariniana estrellensis* e pajeús *Triplaris gardneriana*. Ocorre em locais com umidade permanente e está associada com solos eutróficos de origem fluvial (Neossolos Flúvicos eutróficos).

A Floresta Estacional Decidual apresenta expressiva perda de folhas devido à estação seca bem definida. A floresta decidual se diferencia quanto a estrutura fisionômica e quanto a representatividade das espécies, nos compartimentos do relevo que ela ocupa.

Floresta Estacional Semidecidual. É representada pela mata ciliar do rio São Francisco, onde a influência fluvial sobre a cobertura vegetal é bastante tênue na época seca, quando a diferença entre o nível do rio e margem se torna maior.

#### – Cerrado

O cerrado está associado aos solos de baixa fertilidade natural (Latosolos Vermelhos distróficos) encontrados nas chapadas de arenitos, e aos Cambissolos Háplicos distróficos presentes nas encostas erodidas da chapada, onde afloram rochas pelítico-aluminosas do Grupo Bambuí. Nas chapadas os solos mais profundos permitem o desenvolvimento de um cerrado de porte maior, já nas encostas o cerrado apresenta menor porte devido aos solos mais rasos. Algumas das espécies mais abundantes são: o murici *Byrsonima coccolobifolia*, a faveira *Dimorphandra gardneriana*, a caviúna-do-cerrado *Dalbergia micolobium*, e o pau-terra *Qualea grandiflora*, segundo VIANA E AMADO (2003).

#### – Formação rupestre

Essa vegetação desenvolve-se sobre afloramentos de rochas calcárias bem como sobre solos muito rasos (Neossolos Litólicos). Possui estreita relação com a mata seca que circunda os afloramentos rochosos, e se desenvolve sob condições severas de restrição hídrica. Predominam as

bromélias *Encholirium luscior*, os cactos *Austrocephalocereus sp.*, o cansanção *Cnidoculus urens* e as espécies *Euphorbia sipolisii* e *Allamanda spp.*.

#### – Comunidades aluviais

Enquadram-se nessa formação as vegetações de áreas que sofrem inundações periódicas, provenientes das cheias dos rios, ou por se localizarem em depressões alagáveis. Essas comunidades englobam principalmente os campos higrófilos, que são muito frequentes no alto rio Peruaçu e menos comuns no médio curso do rio, e as veredas que não estão presentes na área do parque, porém estão inseridas na APA, e representam a região da cabeceira do rio. O buritizeiro *Mauritia flexuosa* é presença marcante nesse ambiente, ocorrendo em maior ou menor intensidade juntamente com outras espécies arbóreas.

#### 3.1.6. Hidrografia

No PARNA Cavernas do Peruaçu o rio Peruaçu, afluente do São Francisco, é a principal drenagem perene da área. Segundo PILÓ (1991) percorre cerca de 100 km de suas nascentes até se juntar ao rio São Francisco. Já no Parque Estadual da Lapa Grande a drenagem principal é o Rio Pai João. Os rios nascem em veredas sobre arenitos da Formação Uruçuia, caracterizados pelo seu alto potencial hidrológico, pois são constituídos de sedimentos grosseiros de grande permeabilidade. Em seu médio curso os rios percorrem boa parte do trajeto sobre rochas calcárias e pelíticas do Grupo Bambuí. Esse compartimento apresenta uma série de fraturas que permitem a infiltração, a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas nos maciços rochosos, formando um relevo cárstico bem peculiar. Nesse ambiente calcário percorrido pelo rio Peruaçu e pelo Rio Pai João existem ainda diversas redes de drenagem intermitentes, que também formam feições cársticas.

#### 3.2. Seleção, Coleta e Preparo das Amostras de Solos

A seleção das Lapas onde foram coletados os solos baseou-se em trabalho conjunto de professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa e arqueólogos do Museu de História Natural da UFMG,

objetivando coletar as amostras em locais onde já se tivessem realizado escavações e houvesse informação arqueológica disponível. Foram selecionadas duas Lapas (Lapa do Boquete e Lapa do Malhador) no Parque Nacional do Peruaçu, além do Sítio a céu aberto próximo a velha sede da fazenda Terra Brava (Figura 4, 5 e 6).

No Parque Estadual da Lapa Grande foram selecionadas mais duas Lapas (Lapa Grande e Lapa Pintada) (Figuras 7 e 8). Somente no sítio a céu aberto, Terra Brava, foi aberta trincheira seguindo os padrões convencionais de coleta de solo (SANTOS et al., 2005). Já nos sítios sob abrigos calcários utilizaram-se trincheiras já abertas anteriormente pelas equipes de arqueólogos. Este procedimento foi adotado para facilitar a confluência dos dados obtidos, bem como para preservar o material presente nos pisos dos abrigos. A coleta das distintas camadas presentes nos solos dos abrigos seguiu as diferenças morfológicas perceptíveis visualmente, associando-se a estas as divisões já realizadas pelos arqueólogos que escavaram os abrigos.

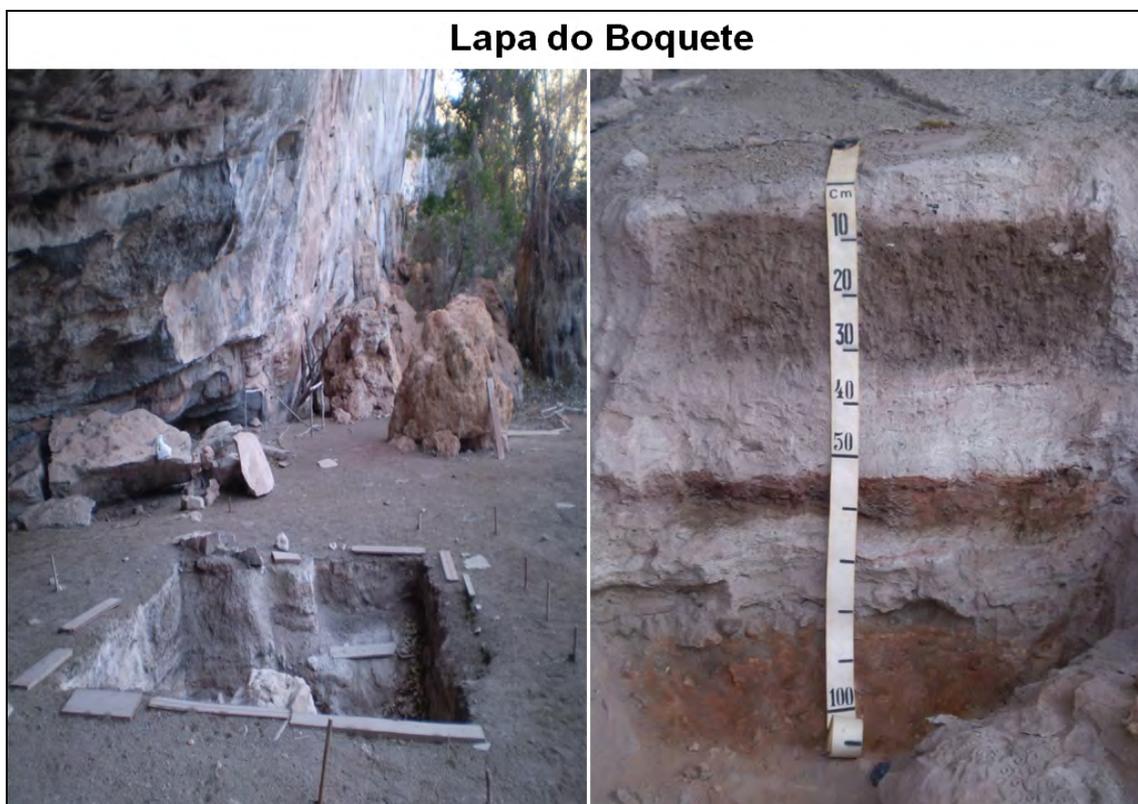


Figura 4. Lapa do Boquete no PARNA Cavernas do Peruaçu, com o respectivo perfil coletado.

### Lapa do Malhador



Figura 5. Lapa do Malhador no PARNA Cavernas do Peruaçu, e o respectivo perfil coletado.

### Sítio Terra Brava

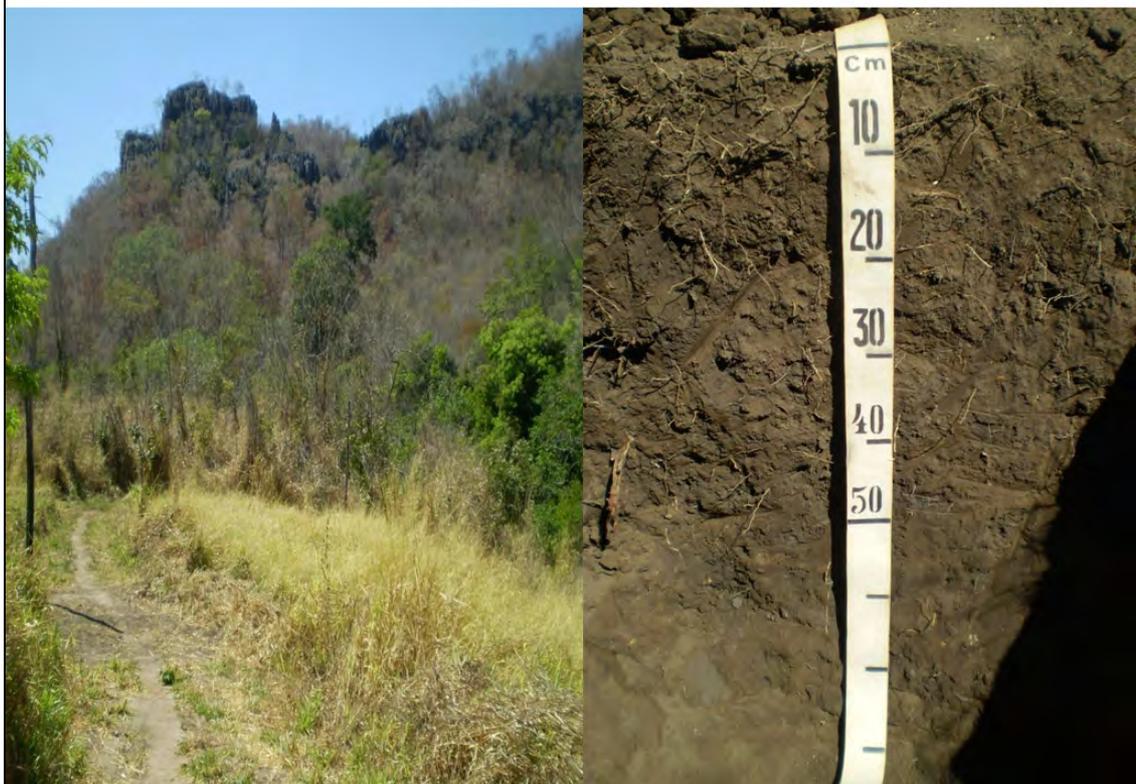


Figura 6. Sítio arqueológico a céu aberto próximo a velha sede da fazenda Terra Brava no PARNA Cavernas do Peruaçu, e o respectivo perfil coletado.

### Lapa Grande



Figura 7. Lapa Grande no Parque Estadual da Lapa Grande, e o respectivo perfil coletado.

### Lapa Pintada



Figura 8. Lapa Pintada no Parque Estadual da Lapa Grande, e o respectivo perfil coletado.

Devido ao fato deste trabalho abordar uma interface entre duas ciências, pedologia e arqueologia, faz-se necessário mencionar que os parâmetros estabelecidos para coleta de amostras foram diferentes (Figura 9). Outro aspecto que deve ser ressaltado, no que diz respeito à coleta do material, é a terminologia adotada para as camadas de número (2) das Lapas do Boquete e do Malhador. Foi utilizado 2A e 2B devido a semelhança existente entre estas duas camadas em ambas as lapas.



Figura 9. Esquema da divisão das camadas nos solos estudados, evidenciando as camadas pedológicas (lado esquerdo) e as camadas arqueológicas (lado direito).

Os materiais coletados foram secos e destorroados, quando necessário, e passados em peneira com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), com o objetivo de serem submetidas às análises químicas, físicas e mineralógicas.

### **3.3. Caracterização Física dos Solos**

As análises físicas dos materiais coletados foram realizadas na TFSA. Para tanto, 10 g do material foram tratados com 50 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e 150 mL de água deionizada em três repetições, com agitação e posterior repouso por um período de 6 horas. Em seguida o material foi transferido para frascos plásticos de 600 mL e agitados verticalmente durante 16 horas a 50 rpm. A suspensão foi passada para proveta de 500 mL através de peneira com malha de 0,053 mm separando a fração areia (retida) das frações silte e argila (suspensão). A fração areia foi separada em grossa e fina após secas e passadas em peneira com malha de 0,210 mm. O material em suspensão foi transferido novamente para a proveta de 500 mL, completando-se o volume com água deionizada, com posterior determinação da argila pelo método da proveta e da fração silte por diferença (RUIZ, 2005).

### **3.4. Caracterização Química dos Solos**

#### **3.4.1. Análise de rotina para avaliação da fertilidade do solo**

As análises seguintes foram realizadas seguindo os métodos constantes em EMBRAPA (1997): pH em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, determinados potenciométricamente, na relação solo:solução de 1:2,5 com 1 h de contato e agitação da suspensão no momento da leitura; P disponível, Na e K trocáveis com HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> (Mehlich-1) na proporção 1:10, sendo o P determinado espectrofotometricamente, e o Na e o K por fotometria de emissão de chama; dosagem de Ca e Mg trocáveis por espectroscopia de absorção atômica, e Al trocável por titulometria, após extração com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> na relação 1:10; determinação da acidez potencial (H + Al) por titulometria após extração com Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup> na relação 1:10 e

pH 7,0. P extraído com ácido cítrico (Soil Survey Staff, 1998) dosado por colorimetria.

### **3.4.2. Digestão total**

Os extratos da digestão total foram obtidos em três repetições da TFSA (moída e passada em peneira com malha de 0,25 mm), utilizando HNO<sub>3</sub> e HF, ambos concentrados, na proporção de 1:9 e 1:4, respectivamente, com aquecimento em forno de microondas (Provecto Analítica DGT 100) nas potências de 450 W por 15 minutos, 900 W por 25 minutos, e 800 W por 15 minutos, com 1 h de resfriamento e filtragem em papel de filtro lento, conforme método EPA 3052 (1996). Após estes procedimentos, foram determinados por espectrofotometria de emissão ótica de plasma indutivamente acoplado os teores totais dos seguintes elementos: Ca, Mg, K, Fe, Al, Mn, P, Cr, Zn, Pb Cd, Cu, e Ba.

### **3.4.3. Ferro extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato ácido de amônio**

Para realizar a extração das formas livres de ferro bem como das de baixa cristalinidade, utilizaram-se amostras de 0,4 g de argila, moídas e passadas em peneira de 0,25 mm, para as respectivas extrações. As formas de Fe livre foram extraídas pelo método DCB (MEHRA & JACKSON, 1960). Foram adicionados em tubos 50 mL de centrífuga: as amostras pesadas, 20 mL de citrato de sódio (0,3 mol L<sup>-1</sup>), 2,5 mL de bicarbonato de sódio (1 mol L<sup>-1</sup>) e 0,5 g de ditionito de sódio em pó. Seguindo a extração em banho-maria por 30 minutos à temperatura constante de 70° C, foi adicionada outra porção de 0,5 g de ditionito após os 15 minutos iniciais. Durante todo o procedimento foram realizadas agitações periódicas. Repetiram-se três extrações, e todos os extratos foram filtrados e adicionados em frascos para a determinação de Fe por espectrometria de emissão de plasma indutivamente acoplado.

As formas de Fe de baixa cristalinidade foram extraídas com oxalato de amônio em concentração de 0,33 mol L<sup>-1</sup> a pH 3,0 (McKEAGUE, & DAY, 1966). Adicionaram-se 10 mL da solução em tubo de centrífuga de 50 mL revestido com papel alumínio, contendo as respectivas amostras pesadas. Após 2 horas

de agitação, o material foi centrifugado e coletado o sobrenadante, para determinação de Fe por espectrometria de emissão de plasma indutivamente acoplado.

### **3.5. Carbono Orgânico Total (COT) e Fracionamento das Substâncias Húmicas**

O teor de carbono orgânico total (COT) da TFSA triturada e passada em peneira com malha de 0,25 mm foi determinado em três repetições pela titulação do dicromato de potássio remanescente com sulfato ferroso amoniacal após a oxidação por via úmida (YEOMANS e BREMNER, 1998). Para tanto, foram adicionados 5 mL de  $K_2Cr_2O_7$  0,167 mol  $L^{-1}$  e 7,5 mL de  $H_2SO_4$  concentrado a 0,5 g de amostra contida em tubo de digestão, procedendo-se o aquecimento em bloco digestor a 170 °C por 30 minutos. Em seguida, transferiu-se quantitativamente o volume do tubo para erlenmeyer utilizando-se água destilada, até obtenção de um volume aproximado de 80 mL. Foram adicionados 0,3 mL da solução indicadora ferroin, obtida pela dissolução de 1,485 g de fenantrolina e 0,695 g de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  em 100 mL de água destilada. Posteriormente, determinou-se o carbono por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal que consistiu na solução de 156,8 g de  $Fe(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$  (Sal de Mohr) com 100 mL de  $H_2SO_4$  concentrado, completando com água destilada um balão volumétrico de 2.000 mL.

O fracionamento das substâncias húmicas foi feito em triplicatas, em amostras selecionadas de diferentes profundidades nos perfis e com teores de COT variáveis. As diferentes frações das substâncias húmicas foram obtidas segundo a técnica da solubilidade diferencial, em meio ácido ou alcalino, separando-se as frações humina (HU), ácidos fúlvicos (AF) e ácidos húmicos (AH), conforme SWIFT (1996). A determinação quantitativa de carbono nos extratos das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, foi feita segundo método de YEOMANS & BREMNER (1988).

### **3.6. Fracionamento das Formas de P Presentes no Solo**

Foram pesadas 2,5 g de TFSA de 16 amostras selecionadas que foram submetidas a diversas extrações sucessivas na mesma amostra (KELLY et. al.,

1983). Na extração seqüencial, foram utilizados diversos reagentes, e a cada reagente obtinha-se uma forma de P. Primeiro utilizaram-se 100 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , com posterior agitação de 30 minutos e centrifugação, obtendo-se a fração de P mineral disponível. Em seguida utilizaram-se 100 mL de  $\text{NH}_4\text{F}$ , mais agitação de 1 hora determinando-se a fração P associada ao Al (P-Al). Após esta extração o solo foi lavado com uma solução saturada de NaCl acrescentados 20 mL de NaOH, que ficou sob agitação por 17 horas consecutivas. Depois da centrifugação a solução obtida recebeu 50 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , foi agitada por mais uma hora e obtendo-se o P ligado a ferro (P-Fe). O solo proveniente da agitação com NaOH também recebeu uma solução de  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e foi agitado por 1 hora obtendo assim a fração de P associada ao cálcio (P-Ca).

### **3.7. Análises Mineralógicas**

As análises mineralógicas foram realizadas, nas frações argila e silte (sedimentação) e areia (tamisação) (EMBRAPA, 1997). Para tanto foram preparadas lâminas orientadas de argila natural e silte utilizando a técnica do esfregaço. Para a fração areia, foram montadas lâminas escavadas não orientadas. Para a fração argila, foi realizada a desferrificação por meio do DCB (MEHRA e JACKSON, 1960). Posteriormente foram realizados tratamentos destas amostras com  $\text{KCl } 1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e com  $\text{MgCl}_2 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Nas lâminas que receberam tratamento com KCl foram realizadas leituras antes e após aquecimento em mufla a  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  por um período de 2 horas. E nas lâminas que foram saturadas com Mg fez-se a primeira leitura acrescentando-se em seguida cerca de 5 mL de etilenoglicol 30% (V/V) diluído em álcool etílico, sobre as mesmas. A análise mineralógica foi realizada por difratometria de raios-X (DRX), com radiação  $\text{CoK}\alpha$ , no intervalo entre  $4$  a  $45 \text{ }^\circ 2\theta$  (argila natural) e  $5$  a  $30 \text{ }^\circ 2\theta$  (argila com tratamento), cujos intervalos foram de  $0,02 \text{ }^\circ 2\theta$  a  $1 \text{ passo s}^{-1}$ , com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA.

### **3.8. Micromorfologia e Microanálises em Seções Finas de Amostras de Solo**

Foram coletadas amostras de solo indeformadas para estudo em seções finas (lâminas de micromorfologia) de dimensão 2,5 por 5 cm, polidas

sucessivamente em disco de nylon com pasta diamantada, a partir de 60  $\mu$ , 6  $\mu$ , 3  $\mu$  e 1  $\mu$ , com posterior lavagem ultrassônica para remoção de resíduo do polimento. As características micromorfológicas foram analisadas com aumento mínimo de 10 vezes por microscópio óptico empregando-se as terminologias de BULLOCK et al. (1985) e FITZPATRICK (1993).

As lâminas foram recobertas por uma fina película de grafite, para formar uma superfície condutora, sendo, também, feitas microanálises (mapas químicos e análise pontual quantitativa) em microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo LEO 430i com detector de retroespalhamento acoplado ao espectrômetro de dispersão de raios X (PCXA-EDS), no Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas. O aparelho foi operado a 84 e V, e a análise elementar quantitativa foi realizada através do método de normalização estequiométrica.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Características Morfológicas e Físicas dos Solos**

Os solos estudados diferenciam-se por uma heterogeneidade marcante ao longo de todo o perfil (Quadro 1). Essa variação marcada principalmente pela cor das camadas evidencia inexistência de relação pedogenética entre as camadas constituintes de cada perfil. Outra característica marcante nestes solos é a ausência de estrutura, sendo que quase todas as camadas aparentam ser constituídas de um material “pulvirulento” que ao ser manuseado se comporta como cinza. Em algumas camadas de coloração mais avermelhada, principalmente as camadas de número 8 dos solos das Lapas do Boquete e do Malhador, constatou-se uma estrutura moderada a forte, pequena granular, indicando materiais intemperizados. É provável que esta característica esteja relacionada a uma situação climática favorável à transformação dos materiais de origem, ou seja, a um clima bem mais úmido que o atual. Portanto, este material que representa o cimento das brechas ferruginosas que compõem o piso dos dois abrigos parece ter sido retrabalhado em uma condição mais úmida, e em um ambiente externo ao fluviocarste conforme sugere (MOURA, 1998).

Em relação a profundidade do solo, as Lapas do Boquete e do Malhador, foram as que apresentaram maior profundidade, sendo que ambas atingem em média 100 cm de profundidade. Já as Lapas Grande e Pintada, tem uma profundidade bem menor cerca de 50 cm, indicando menor aporte de material.

Quadro 1. Características físicas dos solos estudados

Camada	Prof. (cm)	Cor		Areia		Silte	Argila	Classe textural
		Seca	Úmida	Grossa	Fina			
----- Lapa do Boquete -----								
1	0-10	7,5YR 7/2	7,5YR 5/2	22	25	48	5	Franco-Arenosa
2 A	10-21	7,5YR 6/2	7,5YR 3/3	22	28	37	13	Franco
2B	21-36	5YR 6/2	5YR 3/2	24	30	34	12	Franco-Arenosa
3	36-38	5YR 7/2	5YR 4/3	15	22	42	17	Franco
4	38-54	7,5YR 7/2	7,5YR 5/2	13	12	72	3	Franco-Siltosa
5	54-63	2,5YR 4/3	2,5YR 2,5/2	25	31	28	16	Franco-Arenosa
6	63-67	5YR 6/2	7,5YR 3/3	13	15	59	13	Franco-Siltosa
7	67-83	5YR 5/2	2,5YR 4,2	10	14	64	12	Franco-Siltosa
8	83-90+	5YR 5/6	2,5YR 3/6	27	40	31	2	Franco-Arenosa
----- Lapa do Malhador -----								
1	0-5	7,5YR 6/2	7,5YR 3/3	19	23	44	14	Franco
2A	5-22	7,5YR 4/3	7,5YR 2,5/2	21	27	36	16	Franco
2B	22-36	7,5YR 4/3	7,5YR 2,5/2	24	26	37	13	Franco
3	36-52	2,5R 4/4	2,5YR 2,5/3	14	19	45	22	Franco
4	52-60	5YR 5/4	5YR 3/3	18	30	38	14	Franco
5	60-69	7,5YR 5/3	7,5YR 3/3	23	27	37	13	Franco
6	69-82	2,5YR 4/4	2,5YR 2,5/2	15	20	44	21	Franco
7	82-85	5YR 6/3	5YR 3/3	22	25	39	14	Franco
8	85-102+	10R 4/4	10YR 2,5/2	17	16	63	4	Franco-Siltosa
----- Lapa Pintada -----								
0	0-4	2,5YR 6/2	2,5YR 3/2	27	11	40	22	Franco
1	4-12	2,5YR 6/2	2,5YR 3/2	22	9	50	19	Franco-Siltosa
2	12-40	5YR 7/2	5YR 3/2	21	7	56	16	Franco-Siltosa
3	40-48	2,5YR 6/1	2,5YR 2,5/2	16	9	62	13	Franco-Siltosa
----- Lapa Grande -----								
0	0-1	2,5YR 6/2	2,5YR 3/2	19	18	40	23	Franco
1	1-3	5YR 6/3	2,5YR 4/4	10	15	44	31	Franco-Argilosa
2	3-8	2,5YR 5/2	2,5YR 2,5/3	14	15	50	21	Franco-Siltosa
3	8-13	5YR 6/6	2,5YR 3/6	11	13	48	28	Franco-Argilosa
4	13-23	2,5YR 5/2	2,5YR 2,5/2	15	9	60	16	Franco-Siltosa
5	23-28	7,5YR 5/6	7,5YR 4/4	7	8	54	31	Franco-Argilo-Siltosa
6	28-38	5YR 5/6	5YR 4/4	9	9	48	34	Franco-Argilo-Siltosa
7	38-46	10YR 7/4	10YR 4/6	15	10	42	33	Franco-Argilosa
----- Terra Brava (Céu aberto) -----								
A1	0-6	7,5YR 5/2	7,5YR 2,5/2	30	28	20	22	Franco-Argilo-Arenosa
A2	6-20	7,5YR 4/2	7,5YR 2,5/2	29	23	22	26	Franco-Argilo-Arenosa
A3	20-44	7,5YR 4/2	7,5YR 2,5/2	21	16	31	32	Franco-Argilosa
A4	44-72	7,5YR 5/2	7,5YR 2,5/2	14	12	36	38	Franco-Argilosa
AB	72-85	10YR 6/3	10YR 5/3	4	7	52	37	Franco-Argilo-Siltosa
Bi	85-110	10YR 8/3	10YR 6/4	4	16	53	27	Franco-Argilo-Siltosa
C	110- 130+	10YR 8/2	10YR 7/4	6	5	65	24	Franco-Siltosa

Nas datações encontradas por arqueólogos que estudaram os sedimentos (solos) destas lapas, nota-se coerência com as profundidades, pois as Lapas do PARNA Cavernas do Peruaçu (Boquete e Malhador) são mais profundas e apresentam datações mais antigas, cerca de 12.000 anos A.P. (PROUS, 1991). Por outro lado, as Lapas do Parque Estadual da Lapa Grande (Grande e Pintada) onde as datações mais antigas encontradas foram em torno de 8.000 anos A.P. (BRYAN & GRUHN, 1978), os solos apresentaram menor profundidade. Este simples fato já pode evidenciar a importância das ocupações pretéritas na constituição destes solos.

Outro aspecto importante de ser levado em conta no que tange ao desenvolvimento morfológico destes solos, é a existência de aspectos microclimáticos diferenciados devido à presença dos abrigos calcários. MOURA (1998) realizou algumas medições de temperatura e umidade durante o período de um ano (entre 1996 e 1997) nas Lapas do Boquete e do Malhador. A autora estabeleceu pontos de coleta de dados no interior das lapas e na entrada das mesmas (interface com o ambiente não abrigado). MOURA (1998) constatou uma diferença significativa de temperatura entre a entrada e o fundo da Lapa do Boquete de até 7°C. Outro aspecto observado pela autora foi que quanto mais elevada a temperatura média do mês, mais constante é a temperatura ao longo do dia, principalmente no interior das lapas. Além disso, MOURA (1998) verificou que pela manhã a temperatura é mais elevada no fundo dos abrigos e, à tarde, é mais elevada na entrada do abrigo. Portanto, essas diferenças microclimáticas existentes nos abrigos parecem suficientes para promover alterações significativas no desenvolvimento pedogenético dos solos nos abrigos, em relação aos solos encontrados no ambiente externo.

Em todos os solos analisados existe o predomínio da fração areia, sendo todas as camadas enquadradas dentro da classe textural franco ou em uma de suas derivações menos argilosas, principalmente franco-siltosa e franco-arenosa. As Lapas do Malhador e Pintada demonstram este padrão, porém com teores de argila ligeiramente mais elevados em relação aos solos das outras Lapas estudadas, como a Lapa Grande, que por sua vez, apresenta os maiores teores de fração argila e os menores teores de areia. Nota-se a partir dos resultados do Quadro 1 uma tênue relação, nos solos dos abrigos, entre os maiores teores de argila e as camadas mais oxídicas, demonstrando a relação

do maior grau de intemperismo nessas camadas com a formação de frações mais finas.

Na fração areia dos solos dos abrigos encontrou-se uma grande quantidade de materiais aportados pela atividade antrópica. Esses materiais são em sua maioria carvão provenientes de materiais de diversas fogueiras realizadas nos abrigos, e de conchas de gastrópodes terrestres da família *Strophocheilidae*, que eram utilizadas como matéria prima para fabricação de instrumentos (PROUS, 2003). O solo da Lapa Grande que aparenta ter menor registro visual da atividade antrópica e onde foram encontradas as menores quantidades de carvão e conchas, na fração areia grossa é, também, o que apresenta os menores valores desta fração.

As camadas dos solos das Lapas do Boquete e do Malhador apresentam valores similares entre areia grossa e fina. Aqueles da Lapa Pintada por sua vez é a que apresenta os teores de areia fina e grossa mais contrastantes, sendo a areia grossa rica em carvão e partículas (concreções) de óxidos de ferro com atração magnética. A distribuição heterogênea das frações ao longo dos perfis demonstra a natureza policíclica destes solos antrópicos, que práticamente não apresentam relação pedogenética entre as camadas.

Quando observados os resultados do sítio Terra Brava a céu aberto, têm-se um exemplo de uma sequência pedogenética lógica e gradual da disposição dos teores das frações ao longo do perfil, onde os maiores valores de silte estão em maior profundidade, os de argila estão nas camadas intermediárias e os de areia nas camadas mais superiores. Tal sequência é coerente com a gênese de solos sobre rochas calcárias em ambiente tropical úmido. Observando-se a relação existente entre os teores de argila do horizonte Bi em relação àqueles encontrados para todos os horizontes A's, têm-se um valor de relação textural (RT) próximo de 0,9, evidenciando que o processo de translocação de argila não é tão expressivo neste solo.

Em concordância com a variação textural a cor também varia intensamente nos solos dos abrigos, abrangendo desde matizes 2,5YR até 10YR no mesmo perfil, como é o caso dos solos da Lapa do Malhador e da Lapa Grande. A maioria das camadas apresenta valor e croma baixos quando úmidas, devido ao aporte intenso de material orgânico carbonizado decorrente do intenso uso de fogo praticado pelas populações pré-históricas conforme

observado localmente por MOURA (1998), e em outros sítios arqueológicos do Brasil por KERN & KÄMPF (1989), PROUS (1992), LIMA (2001), KÄMPF et al., (2003), WOODS (2003), MYERS et al. (2003), GLASER et al. (2003).

As cores dos solos (úmidas) variaram em tons de cinza de 7,5YR 5/2, até tons próximos do preto 7,5YR 2,5/2. Quando comparadas as cores secas e úmidas essa variação se mostra muito evidente. Nas camadas 1 e 4 da Lapa do Boquete, onde os óxidos de ferro estão pouco presentes e os teores de carbono orgânico são mais baixos, a cor seca ou úmida varia em tons de cinza mais claro (seca - 7,5 YR 7/2, úmida – 7,5YR 5/2). Nas camadas de solo da Lapa Grande, que apresentam a maior variação de matizes ao longo do perfil, observa-se também que nas camadas 5, 6 e 7, onde a presença de material orgânico carbonizado é menor, a variação entre a cor seca e úmida é menos expressiva. Porém, quando os teores de carbono orgânico são elevados, como na camada 2B da Lapa do Boquete, a cor varia de forma mais expressiva (seca – 5YR 6/2, úmida 5YR 3/2), indicando a presença da matéria orgânica.

Para o sítio a céu aberto a cor não variou significativamente, a não ser do horizonte A4 (7,5YR 2,5/2) para o horizonte BA (10YR 5/3), onde a influência da matéria orgânica na cor do solo torna-se menos presente. Consequentemente destacou-se o tom dos oxi-hidróxidos de ferro, principalmente goethita, que é o óxido de ferro mais freqüente em solos, ocorrendo sob as mais variadas condições climáticas e pedoambientais. Essa grande distribuição está relacionada ao baixo valor de seu produto de solubilidade ( $10^{-44} < K_{ps} < 10^{-41}$ ), que resulta numa grande estabilidade do mineral no ambiente (SCHWERTMANN, 1988; SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989).

Em algumas camadas como a camada 5 da Lapa do Boquete o poder pigmentante da matéria orgânica e o da hematita conferem cores de 2,5YR 2,5/2. Portanto, tal variação em poucos centímetros de profundidade exalta a gênese peculiar destes solos arqueológicos, que misturam um registro da atividade antrópica pré-histórica ao longo de milênios, aportando e possivelmente removendo materiais, revolvendo camadas em níveis que variaram com a intensidade da ocupação, associada a fatores naturais de alterações climáticas que propiciaram momentos de maior umidade e pluviosidade, traduzindo-se em transporte e deposição de material alóctone, ou ainda a remoção de material autóctone.

Tal constatação sugere uma “antropoturbação”<sup>1</sup> que resulta em solos com camadas complexas, onde a sequência sedimentar temporal pode ser obliterada por hiatos erosionais ou deposicionais, com forte variação tridimensional. PROUS, (1989), citado por MOURA (1998), constatou indícios dessa turbação antrópica em setores da Lapa do Boquete onde foram observadas características diferenciadas, estando o sedimento totalmente homogeneizado, parecendo tratar-se de uma perturbação antrópica.

#### **4.2. Características Químicas dos Solos**

Os valores de pH em H<sub>2</sub>O dos solos sob abrigos são elevados em todas as camadas, sendo considerados muito altos do ponto de vista químico e agrônomo (CFSEMG, 1999), chegando a atingir valores próximos de 10,0 como é o caso da camada 1 da Lapa do Boquete. Os valores de pH se mantêm acima de 8,0 em toda a extensão dos perfis em profundidade, como esperado em solos de natureza calcária desenvolvidos em regiões secas. No entanto, o aporte significativo de cinzas ao longo de milhares de anos, proveniente da queima de materiais (fogueiras) encontradas no piso dos abrigos, além de outros resíduos orgânicos, como restos vegetais e animais, certamente contribuiu para a elevação e, principalmente, para a manutenção dos elevados valores de pH destes solos. O aporte destes materiais incorpora ao sistema, componentes alcalinos como carbonatos, hidróxidos de cálcio, sais de ferro e magnésio, e carbonatos e hidróxidos de sódio e potássio (WOODS, 2003).

Segundo PARSONS (1962), citado por WOODS (2003), o pH é utilizado em estudos arqueológicos para distinguir níveis de ocupação e diferentes zonas estratigráficas além de auxiliar na identificação de distúrbios ocorridos nos pacotes estratigráficos. Nos solos estudados, apenas a Lapa do Boquete apresenta diferenças significativas quanto aos valores de pH que permitem inferências sobre modificações no tipo de ocupação ocorrido na Lapa. Observa-se que a camada 5 apresenta o menor pH (7,79), podendo ser interpretada como uma camada guia, pois todas as camadas abaixo desta (camadas 6, 7 e 8) apresentam valores de pH consideravelmente mais baixos do que as camadas superiores a camada 5 (camadas 1, 2A, 2B, 3 e 4).

---

<sup>1</sup> “Antropoturbação” é o termo conceituado nesta dissertação como o processo de turbação, com revolvimento, inversões, convoluções, enterrios, excavações, todos promovidos pelos povos ocupantes dos abrigos, sem interferências relevantes da fauna local.

NEVES et al., (2009) trabalharam com remanescentes ósseos do vale do rio Peruaçu, interpretando as afinidades biológicas, através da forma e do tamanho do crânio de um sepultamento encontrado na Lapa do Boquete. Este autor constatou que o esqueleto exumado na Lapa do Boquete encontra-se inserido numa faixa cronológica que não ultrapassa 8.000 anos A.P., e que este indivíduo, apresentou uma afinidade morfológica mais acentuada com as populações costeiras pré-cerâmicas do que com as demais populações interioranas, pré-ceramistas e ceramistas, representadas em sua análise, pelos paleo-índios da região de Lagoa Santa. Dessa forma NEVES et al., (2009) acreditam que houve a chegada de uma nova população na América do Sul, no início do Holoceno médio e que, muito provavelmente, essa nova população, tipicamente mongolóide, se expandiu e predominou demograficamente no território brasileiro durante os períodos subseqüentes. Tal constatação pode representar uma modificação na cultura e na forma de ocupação dos abrigos e, dessa forma, a camada 5 que está inserida cronologicamente no período do Holoceno Médio, pode ter em seu valor de pH uma informação que reforce a hipótese destes autores. Sendo assim a camada 5 representa uma provável mudança de ocupação do abrigo Lapa do Boquete.

A relação obtida entre o pH em KCl e o pH em H<sub>2</sub>O ( $\Delta$ pH) é negativa para todas as camadas, evidenciando o caráter eletronegativo dos solos. Esse fato está associado com os valores de pH elevados e com a mineralogia da fração argila dos solos composta de minerais silicatados 2:1, como vermiculita e illita.

O solo do sítio a céu aberto Terra Brava, que está submetido a uma pedogênese distinta apresenta uma morfologia diferente dos solos dos abrigos. Possui menores valores de pH, porque com a intemperização as bases trocáveis são removidas por lixiviação e ocorre uma concentração relativa de elementos com hidrólise ácida. Quando observado os valores de pH deste solo, nota-se que as camadas mais superficiais tem valores de pH mais baixos, visto que estão expostas a uma ação bioclimática mais intensa. Já nas camadas mais próximas do material de origem, que são rochas calcárias os valores de pH são mais elevados. Nos solos sob abrigos, influenciados pela atividade antrópica, não existe este padrão, podendo até as camadas superficiais apresentarem valores superiores àquelas mais profundas.

Quadro 2. Características químicas dos solos da Lapa do Boquete, do Malhador, Pintada, Grande e do sítio Terra Brava (céu aberto)

Horizonte ou Camadas	pH		Cíomplexo Sortivo										P	P*	V	m	COT	P-rem
	H2O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al	H+AL	t	T							
----- cm -----	----- cmolc/dm <sup>3</sup> -----										----- mg/dm <sup>3</sup> -----	----- % -----	dag/kg	-- mg/L --				
<b>----- Lapa do Boquete -----</b>																		
1 <sup>a</sup>	0-10	9,7	9,1	0,93	0,62	26,67	0,57	28,73	0,00	0,00	28,73	28,73	176,3	370,73	100,0	0,00	0,93	28,2
2A	10-21	9,1	8,2	3,42	3,86	8,00	0,29	15,55	0,00	0,00	15,55	15,55	254,2	794,08	100,0	0,00	4,16	35,0
2B	21-36	9,0	7,9	5,07	3,08	2,60	0,26	11,01	0,00	0,00	11,01	11,01	234,0	646,36	100,0	0,00	3,68	31,1
3 <sup>a</sup>	36-38	9,2	8,5	2,98	1,69	1,90	0,23	6,80	0,00	0,00	6,80	6,80	180,7	467,67	100,0	0,00	1,39	17,6
4 <sup>a</sup>	38-54	8,9	8,2	2,34	1,28	1,06	0,22	4,90	0,00	0,00	4,90	4,90	155,1	283,07	100,0	0,00	0,51	15,7
5 <sup>a</sup>	54-63	7,7	7,7	13,38	9,52	2,11	0,34	25,35	0,00	0,00	25,35	25,35	629,7	3016,25	100,0	0,00	5,25	38,4
6 <sup>a</sup>	63-67	8,3	7,9	4,32	2,26	1,11	0,27	7,96	0,00	0,00	7,96	7,96	297,5	595,86	100,0	0,00	0,97	16,4
7 <sup>a</sup>	67-83	8,2	7,9	6,94	3,31	1,38	0,40	12,03	0,00	0,00	12,03	12,03	427,8	821,78	100,0	0,00	2,59	13,4
8 <sup>a</sup>	83-90+	8,0	7,9	18,42	2,43	1,15	0,44	22,44	0,00	0,00	22,44	22,44	749,0	3724,32	100,0	0,00	1,22	23,1
<b>----- Lapa do Malhador -----</b>																		
1 <sup>a</sup>	0-5	8,6	8,4	4,23	1,13	14,15	0,44	19,87	0,00	0,00	19,87	19,87	240,5	333,83	100,0	0,00	2,16	37,0
2A	5-22	8,3	7,9	8,20	2,24	13,53	0,21	24,15	0,00	0,00	24,15	24,15	259,1	1538,98	100,0	0,00	3,54	42,4
2B	22-36	9,1	7,8	5,30	1,99	3,33	0,26	10,87	0,00	0,00	10,87	10,87	131,7	389,13	100,0	0,00	2,83	24,3
3 <sup>a</sup>	36-52	8,2	7,8	9,34	1,90	0,6	0,22	12,04	0,00	0,00	12,04	12,04	549,2	2169,03	100,0	0,00	1,32	30,1
4 <sup>a</sup>	52-60	8,7	8,0	6,98	1,80	3,84	0,28	12,89	0,00	0,00	12,89	12,89	255,8	482,92	100,0	0,00	2,85	15,1
5 <sup>a</sup>	60-69	8,8	8,0	7,55	2,25	1,33	0,26	11,38	0,00	0,00	11,38	11,38	327,7	751,80	100,0	0,00	2,59	24,4
6 <sup>a</sup>	69-82	8,3	7,8	9,45	2,06	4,46	0,22	16,18	0,00	0,00	16,18	16,18	200,6	534,51	100,0	0,00	2,26	29,3
7 <sup>a</sup>	82-85	8,8	7,8	3,89	1,30	3,00	0,35	8,48	0,00	0,00	8,48	8,48	347,1	704,49	100,0	0,00	2,35	20,0
8 <sup>a</sup>	85-102	8,0	7,6	11,93	1,85	5,38	0,32	19,47	0,00	0,00	19,47	19,47	471,8	954,06	100,0	0,00	0,78	30,8

Continua...

Quadro 2. Continuação...

Horizonte ou Camadas	pH	Clomplexo Sortivo											P	P*	V	m	COT	P-rem
		H2O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al	H+AL	t	T						
----- cm -----	----- cmolc/dm <sup>3</sup> -----											----- mg/dm <sup>3</sup> -----	----- % -----	dag/kg	- mg/L -			
<b>Lapa Pintada</b>																		
1 <sup>a</sup>	4-12	8,7	7,7	6,71	2,25	21,91	0,41	31,22	0,00	0,7	31,22	31,92	181,7	203,08	97,8	0,00	2,80	50,8
2 <sup>a</sup>	12-40	8,2	7,5	10,64	2,39	3,22	0,35	16,60	0,00	0,7	16,60	17,30	103,8	185,71	95,9	0,00	2,11	38,7
3 <sup>a</sup>	40-55	8,3	7,8	18,62	2,26	0,85	1,60	23,33	0,00	1,0	23,33	24,33	253,2	265,49	95,6	0,00	3,02	32,7
<b>Lapa Grande</b>																		
1 <sup>a</sup>	1-3	8,7	7,7	3,74	0,53	34,00	1,10	39,29	0,00	0,3	39,29	39,59	397,0	454,38	99,2	0,00	1,92	41,1
2 <sup>a</sup>	3-8	8,5	7,3	2,21	1,42	21,39	1,14	26,11	0,00	0,0	26,11	26,11	297,4	1235,04	100,0	0,00	3,54	38,4
3 <sup>a</sup>	8-13	9,2	8,5	2,90	0,34	9,07	0,44	12,74	0,00	0,3	12,74	12,90	128,0	428,63	97,6	0,00	0,41	20,2
4 <sup>a</sup>	13-23	9,1	8,6	11,64	0,71	6,76	0,26	19,36	0,00	0,7	19,36	20,06	228,0	1683,94	96,5	0,00	2,97	25,6
5 <sup>a</sup>	23-28	8,6	7,6	9,58	0,41	4,89	0,22	15,09	0,00	1,3	15,09	16,39	76,5	158,07	92,0	0,00	0,70	38,0
6 <sup>a</sup>	28-38	9,0	8,2	4,97	2,39	6,31	0,19	11,60	0,00	0,8	11,60	13,01	200,3	368,61	93,4	0,00	0,12	32,4
7 <sup>a</sup>	38-46	9,0	8,2	4,70	2,26	5,03	1,23	11,08	0,00	1,0	11,08	12,08	124,9	200,70	90,8	0,00	0,23	36,0
<b>Terra Brava (céu aberto)</b>																		
A1	0-6	7,0	6,2	6,30	1,02	0,70	0,08	8,09	0,00	0,00	8,09	8,09	51,3	160,52	100,0	0,00	2,26	44,70
A2	6-20	6,6	5,7	10,47	0,77	0,60	0,08	11,88	0,00	2,50	11,88	14,38	25,2	91,04	82,5	0,00	2,10	42,20
A3	20-44	6,8	5,8	14,94	0,91	0,75	0,09	16,68	0,00	1,90	16,68	18,58	14,7	68,29	89,7	0,00	2,31	39,50
A4	44-72	7,0	5,9	14,35	1,02	0,33	0,07	15,77	0,00	1,30	15,77	17,07	5,6	18,84	92,4	0,00	1,87	36,50
BA	72-85	7,2	6,0	15,63	1,32	0,21	0,09	17,25	0,00	0,20	17,25	17,45	10,5	22,94	98,8	0,00	1,05	38,50
B	85-110	7,9	6,7	11,37	0,51	0,13	0,13	12,15	0,00	0,00	12,15	12,15	35,1	40,93	100,0	0,00	0,64	37,30
C	110-130	8,3	7,2	9,68	0,29	0,06	0,14	10,36	0,00	0,00	10,36	10,36	0,00	5,03	100,0	0,00	0,12	33,30

P\* extraído com ácido cítrico.

Esses elevados valores de pH tem muitas implicações práticas na gênese dos solos estudados, pois influenciam diretamente no equilíbrio químico, e conseqüentemente, na atividade de diversos elementos como Si, Al, Fe dentre outros. Além disso, a atividade microbiológica e o crescimento vegetal também são afetados pelos valores de pH muito elevados, como os encontrados nos solos dos abrigos, e pela condição de seca no abrigo, o que talvez contribui para a praticamente inexistência de vegetação nestes solos no momento atual. No entanto nota-se que dentro da definição de solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), este material pode ser enquadrado como sendo de fato solo, pois consta nesta definição que: os solos podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

O complexo de troca dos solos é saturado por bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ), com valores de saturação por bases V(%) atingindo 100% em todas as camadas das Lapas do Boquete e do Malhador. Os elementos predominantes no complexo de troca são o Ca e o Mg, ocupando até 90% do complexo de troca como na camada 8 da Lapa do Boquete. Na Lapa Pintada e na Lapa Grande os valores de V(%) são um pouco menores, mas se mantém acima de 90% para todas as camadas.

Os valores de CTC (efetiva e a pH 7,0) dos solos da Lapa do Boquete e do Mahador são similares visto que naturalmente estes já se encontram com o pH muito acima de 7,0 e o valor de H+Al para todas as camadas é zero. Nos solos das Lapas Pintada e Grande, bem como no Sítio Terra Brava, existe uma pequena variação destes valores devido a presença de íons  $\text{H}^+$  provenientes de material orgânico. A não contribuição do Al é evidenciada pelos valores de Al trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) que para todas as camadas próximo de zero conseqüentemente o valor m%. Vale ressaltar que o Al se encontra presente nestes solos conforme constatado pelas análises microquímicas e também pelas mineralógicas. Porém em valores de pH tão elevados o Al tem sua atividade nula em solução, estando presente apenas na estrutura cristalina dos minerais ou precipitado na forma de óxidos secundários.

No sítio a céu aberto (Terra Brava) o complexo de troca também se encontra saturado com bases, portanto todos os solos são eutróficos, apresentando elevada fertilidade natural. Essa é uma característica comum entre estes Antropossolos e os demais estudados até então no país. Vários

autores como LIMA et al., (2002); PABST, (1991); KERN & KAMPF, (1989); KERN & COSTA, (1997), CORRÊA, (2007) constaram elevada fertilidade natural nos horizontes antrópicos estudados em Terras Pretas e Sambaquis. Porém em quase todos os solos estudados pelos autores mencionados, os valores de V% são mais elevados apenas nos horizontes antropopedogênicos, e já nos solos estudados neste trabalho, estes valores são elevados em todos os horizontes ou camadas dos perfis. Isto se deve a dois fatores que se misturam dificultando uma análise fragmentada. Um é a ocupação antrópica cumulativa ao longo de todo o processo de formação destes solos, o outro é a influência da origem calcária do solo.

Os valores de carbono orgânico total (COT) nos solos estudados são variáveis ao longo do perfil, tendo-se valores elevados intercalados com valores mais baixos, novamente sem obedecer a uma sequência pedogenética normal, onde as camadas superficiais apresentam maiores valores deste componente por estarem mais próximas da fonte de aporte. Isto evidencia a influência cíclica da atividade antrópica (“antropoturbação”), das populações pré-colombianas, na gênese destes solos, pois encontra-se em camadas profundas teores de material orgânico mais elevados do que nas camadas subjacentes, conforme observado em todos os solos dos abrigos.

De maneira geral os solos das Lapas do Boquete e Grande apresentam a maior variação nos teores de COT, alternando camadas muito enriquecidas com camadas de valores de COT mais baixos, como exemplo as camadas 2 e 3 da Lapa Grande e 4 e 5 da Lapa do Boquete. É interessante observar que na Lapa Grande as únicas camadas que apresentam evidências mais nítidas da atividade antrópica, por meio da coloração e da presença de material carbonizado, são as camadas 2 e 4, que possuem maiores teores de COT, enquanto todas as outras camadas têm valores de COT inferiores. Isto remete a questões sobre a intensidade e tipo de ocupação que esta lapa sofreu. Levando em conta as características analisadas neste estudo as camadas 2 e 4 do solo da Lapa Grande representariam períodos de ocupação mais intensos do que as demais camadas sub e subjacentes. Já na Lapa do Boquete novamente a camada 5 é que apresenta o maior valor de COT ( $5,25 \text{ dag kg}^{-1}$ ). Interpretando esta como a camada que representa o período de transição entre as ocupações dos paleo-índios e a das populações seguintes, pode-se inferir

que esta sofreu aporte de ambas as populações e talvez seja decorrente disto seu valor de COT mais elevado.

No sítio a céu aberto Terra Brava a matéria orgânica segue uma sequência clássica, onde os horizontes superficiais apresentam maiores valores de COT, até atingir valores negligíveis nos horizontes sub-superficiais. Evidencia-se, portanto um aporte não antrópico, de origem natural pela vegetação. Ainda que tenha ocorrido algum aporte orgânico das populações pré-colombianas, este se tornou irrelevante e diluído pela vegetação original. As condições de degradação de material antrópico sem a proteção do abrigo é muito mais intensa, pela pedoturbação.

Um elemento chave no estudo dos Antropossolos é o fósforo (P), pois conforme constatado por WOODS (2003) este elemento está presente na urina, nas fezes, em tecidos vegetais e animais e, em maior quantidade nos ossos. Assim, onde houve ocupação antrópica, tais materiais foram aportados, propiciou o acúmulo de P no ambiente ao longo do tempo. O acúmulo do P se deve as suas características químicas, pois o P tende a reagir com outros elementos formando compostos de baixa solubilidade e, conseqüentemente, de elevada estabilidade nos solos, permanecendo por muito tempo ligado a óxidos de alumínio e ferro, principalmente. Portanto, é natural que se encontre nos antropossolos valores elevados deste elemento, como corroboram diversos estudos no Brasil LIMA et al., (2002); PABST, (1991); KERN & KAMPF, (1989); KERN & COSTA, (1997).

Os valores de P extraível com Mehlich-1 nos solos estudados podem ser considerados como intermediários em relação aos demais Antropossolos já estudados no país. LIMA (2001) trabalhando com TPI's do norte do país obteve valores que variaram de 136 a 2935 mg/dm<sup>3</sup> de P. Já CORRÊA (2007), que estudou solos antropogênicos desenvolvidos sobre Sambaquis na região dos Lagos no Rio de Janeiro, encontrou valores de P que comumente excederam 3.000 mg/dm<sup>3</sup>, e atingiram cerca de 7.500 mg/dm<sup>3</sup>. Nos solos sob abrigos calcários o valor mais alto encontrado, pela extração com Mehlich-1, foi 749 mg/dm<sup>3</sup> na camada 7 da Lapa do Boquete. No entanto nota-se que, apesar da possibilidade de existir uma subestimação dos valores, estes são importantes para efeito de comparação com os demais estudos já realizados, que em sua maioria utilizam o Mehlich-1. Inclusive a Legenda de Classificação

de Arqueo-Antropossolos proposta por KÄMPF et al., (2003), se baseia em valores de P-Mehlich no diagnóstico do horizonte antropopedogênico.

Com o intuito de testar a possível subestimação dos valores de P disponível, realizou-se também a extração do P com o extrator ácido cítrico, que apresentou valores sempre superiores, e às vezes muito superiores, que àqueles encontrados com o extrator Mehlich-1, comprovando assim o consumo do extrator comentado acima. O uso deste extrator (Ácido cítrico) foi proposto por DYER (1984), e é adotado pelo sistema de classificação de solos norte americano (Soil Taxonomy), como critério de distinção entre o Mollic epipedon e o Anthropic epipedon, sendo que o segundo deve apresentar valores de  $P_2O_5$  superiores a  $1.500 \text{ mg/dm}^3$ . Tomando por base este critério, nota-se que apenas algumas camadas, como as camadas 5 e 8 da Lapa do Boquete, 2A e 3 da Lapa do Malhador e a camada 4 da Lapa Grande se enquadram como antropogênicas. No entanto, conforme verificado nos resultados do estudo, quase todas as camadas estudadas apresentam características antrópica, destacando assim a importância de considerar outras características complementares na determinação de solos antropogênicos e de adaptar os valores de referência para cada contexto específico de diferentes localidades.

De maneira geral, o solo da Lapa do Boquete apresentou os maiores valores de P, com considerável variabilidade ao longo do perfil. Consistentemente, a camada 5 parece delimitar períodos de ocupação diferenciados. Conforme evidenciado no Quadro 2, tal camada, juntamente com as subseqüentes (6, 7 e 8), apresentam os maiores valores de (P Mehlich e P ácido cítrico). Conforme já postulado este fato pode estar associado com uma mudança cultural na população que ocupou o vale do Peruaçu, conforme identificado por NEVES et al., (2009). Estes autores postulam que o Brasil Central foi ocupado por duas populações morfologicamente distintas, cujas fronteiras temporais localizam-se no início do Holoceno Médio, no qual se encontra inserida cronologicamente a camada 5. Os referidos autores ressaltam ainda a possibilidade de se identificar em outros estudos, grandes modificações na cultura material e nos sistemas de assentamento nesse período. De fato PROUS (2009), que vem realizando trabalhos arqueológicos no vale do Peruaçu há tempos, constata que entre 9000 e 8000 anos A.P. uma série de modificações ocorreu no ambiente regional, associadas a modificações na ocupação dos sítios. Nesse período ocorrem significativas

alterações nas características das indústrias líticas, e se multiplicam os sítios com arte rupestre. O autor ainda constata que, associado a estas mudanças, as marcas de ocupação nos abrigos diminuem qualitativamente e quantitativamente nas camadas arqueológicas. As camadas 3 e 4 apresentam os menores valores de P-Mehlich (180,7 e 155,1 mg/dm<sup>3</sup>, respectivamente), e também de P-Ac.Cítrico (467,67 e 283,07 mg/dm<sup>3</sup> respectivamente) corroborando a constatação de PROUS (2009).

Os resultados de P disponível encontrados nos solos das outras Lapas não permitem inferências como a que foi apresentada para os solos da Lapa do Boquete. Nas camadas 2A e 3 da Lapa do Malhador foram encontrados os maiores valores de P-Ac.Cítrico (1538,98 e 2169,03mg/dm<sup>3</sup>). É interessante notar que entre estas duas camadas está a camada 2B que apresentou o menor valor de P-Ac.Cítrico (389,13 mg/dm<sup>3</sup>), evidenciando grande variação extrema dos teores deste elemento em poucos centímetros do perfil. Os demais valores não apresentam uma variabilidade muito expressiva, a não ser a camada 8, que mostra valor de P muito alto (954,06 mg/dm<sup>3</sup>). Já os solos da Lapa Pintada apresenta valores bem baixos (225,75 mg/dm<sup>3</sup> em média), em relação as outras Lapas, em todo o perfil (Quadro 2).

Os solos da Lapa Grande apresentaram maiores valores de P nas camadas 2 e 4 (1235,04 e 1683,94 mg/dm<sup>3</sup> respectivamente). Este fato corrobora a idéia de que estas camadas se formaram em um período onde a presença antrópica foi mais intensa, fato este associado a outras características co-variantes como COT, porcentagem de material magnético e cor. Observa-se que as camadas mais superficiais dos solos desta Lapa também apresentam valores elevados de P. Cabe aqui destacar que assim como foi abordado sobre a matéria orgânica, nem toda a fonte de P é proveniente de aporte antrópico. No caso dos abrigos calcários, um fator que parece contribuir para o incremento deste elemento são as fezes de animais como aves, morcegos e pequenos roedores que freqüentam ou ocupam estes abrigos (Figura 10).

Os atributos gerais, associados a valores de P mais baixos do que aqueles encontrados para outros antropossolos estudados são coerentes com o processo de evolução cultural de ocupação dos abrigos por populações pré-colombianas. Diferentemente dos demais Antropossolos brasileiros (Terras Pretas de Índio, e os Sambaquis litorâneos), que se encontram nas redondezas

de aldeamentos ou locais de habitação, em áreas de elevada produtividade primária (várzeas, estuários e manguezais), os solos sob abrigos estão inseridos num contexto ambiental bem mais heterogêneo onde a disponibilidade de recursos era sazonal e mais rarefeita. O canyon onde estão localizados os principais abrigos deve ter sido mais um lugar de passagem e destinado ao desenvolvimento de atividades de caça e coleta ou ritualísticas específicas acompanhadas pela execução de grafismos elaborados (PROUS, 2009). Além disso, ofertava matéria prima (essencialmente sílex) para indústrias líticas, e peixes na estação da seca. Já o cerrado, localizado na porção mais alta da região, garantia coleta de frutos durante a estação das chuvas, juntamente com abundância de caça. Portanto, as populações que habitaram os vales cársticos, provavelmente não se encontravam sedentarizadas nos abrigos e, conseqüentemente, o aporte de refugos era menor, quando comparado a outros grupos mais sedentarizados na várzea amazônica ou nas regiões costeiras.



Figura 10. A esquerda acúmulo de fezes de pequenos roedores (Mocós) no piso da Lapa do Boquete, e a direita detalhe das fezes dos mesmos animais.

A maior parte do P aportado nos abrigos parece proveniente de restos ósseos, pois vários dos estudos arqueológicos realizados na região apontam para o fato de que os primeiros ocupantes (até cerca de 3000 anos A.P.) eram caçadores coletores. A caça no canyon proporcionava vertebrados de pequeno, médio e raramente de grande porte (PROUS, 2003). Ainda segundo este autor os fragmentos ósseos mais comuns são de mocós, tatus e lagartos,

além de veados mais esparsos (sobretudo patas) que eram trazidas para manufaturas de instrumentos.

### **4.3. Fracionamento de Formas Inorgânicas de Fósforo**

A natureza calcária do material originário dos solos, os elevados valores de pH, o prolongado período em que o material permanece dessecado, e o fato de que as formas de P ligado a Ca (P-Ca) são as de liberação mais lenta de P (NOVAIS & SMYTH, 1999), quando comparada à formas de P-Fe e P-Al, conferem um ambiente de excelente conservação das formas primárias de fósforo ligadas ao cálcio (Quadro 3). Os ossos pequenos parecem constituir a fonte principal de fósforo nos solos, visto que os sítios da região receberam aporte constante de restos alimentares oriundos de uma dieta baseada em recursos vegetais, mas complementada por animais de pequeno e médio porte. Recursos de caça de mamíferos de maior porte deveriam ser raros ou incomuns nas regiões neotropicais durante o Pleistoceno terminal e o Holoceno inicial (KIPNIS, 2002), à época da ocupação. Portanto, os restos faunísticos incorporados ao solo pelos habitantes pré-históricos constituem a forma principal de aporte de fósforo no material estudado, os valores de fósforo ligado a cálcio (P-Ca) (Quadro 4) corroboram este modelo.

Os valores de P-Ca encontrados variaram de 1430,23 mg/dm<sup>3</sup> na camada 3 da Lapa do Malhador, a 6752,59 mg/dm<sup>3</sup> na camada 6 da Lapa do Boquete. Além do aporte dos refugos animais incorporados ao solo, os elevados valores de P-Ca estão também associados com a formação de fosfatos de cálcio secundários, pois em ambientes onde a disponibilidade de Ca é alta, ocorre a dissolução e reprecipitação de P-Ca secundários (fosfatos mono e bicálcicos), cuja solubilidade decresce com o aumento do pH. Estes valores são bem mais elevados do que os valores encontrados por LIMA (2001), que realizou o fracionamento de fósforo em amostras de Terra Preta de Índio (solos ácidos) da região Amazônica, evidenciando o contraste entre as condições conservadoras encontradas nos sítios sob abrigos calcários, e o ambiente ácido e úmido encontrado na floresta Amazônica.

Dentre as outras formas minerais de fósforo identificadas, quando presentes, predomina o fósforo ligado a alumínio (P-Al). Formas de fósforo ligado a ferro (P-Fe) não foram detectadas no fracionamento em nenhuma das

camadas avaliadas. Este fato se deve a existência de uma maior afinidade do fósforo com o alumínio em relação ao ferro, em ambientes pobres em ferro. Nos momentos de alternância das condições climáticas de maior umidade e menor pH, quando houve a dissolução de formas de fósforo ligado ao Cálcio, formas de P-Al constituíram a fase mineral mais importante, em condições de boa drenagem, onde a solubilidade do fosfato é controlada pelo P-Al. O principal fator que contribuiu com a não formação de P-Fe, foi a pouca quantidade de ferro livre presente nos solos.

Quadro 3. Fracionamento das formas inorgânicas de Fósforo de camadas selecionadas de alguns dos solos

<b>Camadas</b>	<b>Prof. ----- cm -----</b>	<b>P-Al -----</b>	<b>P-Fe ----- mg/dm<sup>3</sup> -----</b>	<b>P-Ca -----</b>
<b>----- Lapa do Boquete -----</b>				
2A	10-21	14,84	0,00	1.846,98
5	54-63	574,92	0,00	1.909,44
6	63-67	0,00	0,00	6.752,59
7	67-83	24,57	0,00	6.416,83
8	83-90	769,54	0,00	3.423,46
<b>----- Lapa do Malhador -----</b>				
1	0-5	30,06	0,00	2.678,30
2B	22-36	111,13	0,00	2.719,53
3	36-52	517,72	0,00	1.430,23
7	82-85	64,71	0,00	3.922,80
8	85-102	159,70	0,00	3.944,51
<b>----- Lapa Pintada -----</b>				
2	12-40	0,00	0,00	3.090,21
3	40-48	0,00	0,00	3.815,49
<b>----- Lapa Grande -----</b>				
2	3-8	81,67	0,00	5.090,93
4	13-23	35,90	0,00	4.203,87
<b>----- Sítio Terra Brava (céu aberto) -----</b>				
A1	0-6	0,00	0,00	3.611,27
Bi	85-110	0,00	0,00	4.815,91

Nas Lapas do Boquete e do Malhador onde se encontrou os maiores valores de P-Al, nota-se uma discrepância entre estes valores ao longo de

cada um dos perfis. Nas camadas 5 e 8 do solo da Lapa do Boquete valores altos de P-Al (574,92 e 769,54 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente), são bem maiores do que aqueles das camadas 6 e 7 da mesma Lapa estes valores foram bem reduzidos (0,00 e 24,57 mg kg<sup>-1</sup>). Isto reforça a idéia da natureza poligenética destes solos e evidencia o quão foram importantes as alterações climáticas na gênese destes solos.

#### **4.4. Digestão Total**

As características encontradas nos solos sob abrigos, também se diferenciam de outros Antropossolos como as Terras Pretas Antropogênicas da Amazônia, visto que nas últimas é possível se distinguir com facilidade os horizontes onde a atividade antrópica foi mais intensa, daqueles onde predomina a pedogênese natural. Este fato não foi observado nos solos sob abrigos, que apresentam evidências da antropopedogênese cumulativa ao longo dos perfis estudados. Essa relativa homogeneidade de evidências da presença antrópica ao longo dos perfis também foi encontrada por CORRÊA (2007) em solos de sambaquis, que encontrou dificuldade de separar em campo, ou através de análises laboratoriais, os horizontes antrópicos das camadas naturalmente constituídas do solo.

Apesar dos solos sob abrigos estarem localizados em reentâncias protegidas, na base côncava de gigantescos paredões calcários, fato que parece ter sido decisivo na escolha destes abrigos pelas populações pré-colombianas, a natureza dos sedimentos que compõem os solos não é somente de origem calcária, e se mostra bastante diferenciada ao longo dos perfis. MOURA (1998) destaca que a variedade de processos morfogenéticos e morfodinâmicos observados na região, teve como consequência uma grande variedade de depósitos sedimentares nos abrigos que registram a história de evolução da paisagem associada a ocupação humana pretérita. Para exemplificar, nos solos da Lapa do Boquete e do Malhador misturam-se materiais provenientes da alteração de concreções ferruginosas, presentes no piso dos abrigos, com sedimentos previamente intemperizados nos compartimentos mais elevados da paisagem e posteriormente transportados por águas pluviais para dentro dos abrigos (MOURA, 1998). Estes se intercalam com materiais ricos em carbonatos, proveniente de alterações

químicas e quebras de blocos das rochas calcárias. Conjuntamente com essa mistura de materiais minerais distintos, mescla-se a contribuição da atividade humana pré-histórica. Os resultados dos Quadros 4 e 5 demonstram claramente a dificuldade de compreender a gênese dos solos sob abrigos dentro de um raciocínio pedológico simplista, que desconsidere mudanças climáticas e a sazonalidade da ocupação antrópica.

Os resultados do ataque total referentes ao solo da Lapa Grande (Quadro 5), permitem fazer inferências sobre a intensidade de ocupação deste abrigo em momentos de condições climáticas distintas, onde são associadas camadas mais oxídicas e mais espessas a períodos mais úmidos, e outras mais ricas em carbonatos e menos espessas vinculadas a períodos mais secos. A partir deste modelo, sobre alternância de clima e pedogênese diferenciada, nota-se que as camadas 2 e 4 da Lapa Grande, se enquadram nas camadas depositadas em períodos mais secos, pois apresentam maiores valores de CaO (5,25 e 5,08 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente), e menores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,28 e 1,52 dag kg<sup>-1</sup> respectivamente) e de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,57 e 1,24 dag kg<sup>-1</sup> respectivamente). E essas camadas são notadamente as camadas que mais receberam influência antrópica em sua gênese, fato este evidenciado pelos teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> destas camadas (Quadro 6) que são os maiores dentre todas as camadas do solo desta Lapa, diferindo perceptivelmente dos demais.

Ainda que tal hipótese necessite de maiores informações regionais que a confirmem, a mesma pode ser aplicada aos resultados da Lapa Pintada, que está situada bem próxima da Lapa Grande, mas que não apresentou a mesma heterogeneidade. Na Lapa Pintada as camadas podem ser todas enquadradas no contexto de formação em clima mais seco, com valores de P que indicam ocupação sucessiva sem hiatos importantes.

Entre as Lapas do Parque Estadual da Lapa Grande também parece haver uma forte variação na intensidade de ocupação. A Lapa Pintada pode ter sido mais intensamente ocupada, pois apresenta maiores valores absolutos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (média 1,22 dag kg<sup>-1</sup>) em relação à Lapa Grande (média 0,86 dag kg<sup>-1</sup>). Porém essa afirmativa baseada em médias deve ser tomada com cautela, pois valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> encontrados nas duas camadas mais antropizadas da Lapa Grande (camadas 2 e 4) são maiores do que aqueles encontrados na Lapa Pintada. Portanto o que talvez possa ter sido diferente seja o período decorrido de ocupação e a antropoturbação, e não a intensidade.

Quadro 4. Resultados da digestão total da TFSA dos solos das Lapas do Boquete e do Malhador

Horiz.	Prof. --- cm ---	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zn	Cu	Ba	Cd	Cr	Pb
		----- dag kg <sup>-1</sup> -----							----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
----- Lapa do Boquete -----														
1	0 – 10	15.49	1.25	13.33	2.26	1.45	0.09	1.62	105,23	140,65	38,25	93.63	nd	nd
2A	10 – 21	4.16	0.65	3.58	1.91	0.18	0.11	1.69	123.72	168.04	51.17	50.99	nd	nd
2B	21 – 36	11.06	0.81	9.52	2.47	1.19	0.13	1.70	124.38	168.47	93.50	83.39	nd	nd
3	36 – 38	5.21	0.81	4.48	2.09	0.11	0.12	1.79	121,03	167,35	63,10	54.46	nd	nd
4	38 – 54	1.82	0.58	1.57	0.51	0.04	0.01	1.71	124.42	156.07	54.71	00,0	nd	nd
5	54 – 63	2.65	1.00	2.28	3.49	0.87	0.13	1.21	126,83	147,56	67,08	79.11	nd	nd
6	63 – 67	2,05	0,62	1,69	0,56	0,07	0,09	1,68	123,35	150,26	55,32	0,00	nd	nd
7	67 - 83	2.84	0.94	2.45	0.41	0.09	0.02	3.43	125,52	158,45	64,54	0,00	nd	nd
8	83 – 90+	5.78	0.86	4.97	2.39	1.92	0.06	1.11	123.04	141.55	68.59	194.28	nd	nd
----- Lapa do Malhador -----														
1	0 – 5	5,06	0,74	4,96	2,51	1,20	0,13	1,19	123,04	148,33	142,36	75,32	nd	nd
2A	5 – 22	5.28	0.80	4.55	3.31	0.63	0.22	1.11	120,36	145,32	140,58	46.48	nd	nd
2B	22 – 36	4.23	0.68	3.64	3.17	1.54	0.23	1.07	125,64	158,21	146,74	73.36	nd	nd
3	36 – 52	1.27	0.39	1.09	4.75	2.55	0.37	0.77	124,36	159,52	146,33	0,00	nd	nd
4	52 – 60	4.00	0.69	3.45	2.79	1.13	0.16	1.14	123.25	146.06	143.99	112.95	nd	nd
5	60 – 69	6.22	0.75	5.36	2.15	0.94	0.13	1.25	124.66	151.53	130.74	469.75	nd	nd
6	69 – 82	1.15	0.34	0.99	4.74	2.64	0.31	0.77	122,39	149,28	116,28	0,00	nd	nd
7	82 – 85	5.41	2.27	4.65	2.17	0.34	0.19	1.51	122.90	155.2	107.56	0,00	nd	nd
8	85 – 102	0.94	1.06	0.81	5.70	3.93	0.49	0.58	124.66	151.53	130.74	00,00	nd	nd

nd: não detectado.

Quadro 5. Resultados da digestão total em TFSA dos solos das Lapas Pintada e Grande e do Sítio a céu aberto Terra Brava

Horiz.	Prof. ----- cm -----	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zn	Cu	Ba	Cd	Cr	Pb
		----- dag kg <sup>-1</sup> -----							----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
<b>Lapa Pintada</b>														
1	0 – 12	5,32	1,55	4,32	1,68	1,09	0,00	1,18	123,25	166,22	104,61	0,00	nd	nd
2	12 – 40	4.45	1.54	3.83	1.53	1.01	0,00	1.16	121.98	164.93	105.2	0,00	nd	nd
3	40 – 55	13.98	1.64	12.03	2.16	1.90	0,00	1.33	122,54	160,89	107,08	0,00	nd	nd
<b>Lapa Grande</b>														
1	0 – 3	4,35	0,97	4,66	4,38	4,88	0,00	0,81	125,31	166,25	369,34	0,00	nd	nd
2	3 – 8	5.26	1.13	4.53	2.28	2.67	0.00	1.32	122.78	173.24	513.82	0,00	nd	nd
3	8 – 13	2.57	0.83	2.21	4.70	4.94	0.05	0.89	123.06	158.29	326.17	0,00	nd	nd
4	13 – 23	5.08	1.04	4.37	1.62	1.24	0,00	1.46	122.99	175.47	79.44	0,00	nd	nd
5	23 – 28	4,87	0,92	1,55	4,58	5,13	0,00	0,51	125,31	169,35	231,01	0,00	nd	nd
6	28 – 38	0,69	0,84	0,51	5,10	5,28	0,00	0,56	125,30	171,32	240,35	0,00	nd	nd
7	38 – 46	0.63	0.75	0.55	5.26	5.26	0,00	0.48	123.95	171.63	245.63	0,00	nd	nd
<b>Sítio Terra Brava</b>														
A1	0 – 6	0.11	0.49	0.10	2.02	2.87	0,00	0.46	120.87	133.77	115.73	146.55	nd	nd
A2	6 – 20	0,15	0,53	0,17	2,50	2,64	0,00	0,49	121,32	134,25	117,56	146,33	nd	nd
A3	20 – 44	0.21	0.85	0.18	2.90	2.53	0,00	0.48	120,56	138,69	120,57	146,71	nd	nd
A4	44 – 72	0,24	0,77	0,18	2,65	2,41	0,00	0,47	122,45	140,25	135,62	89,25	nd	nd
AB	72 – 85	0,65	0,55	0,46	2,52	3,03	0,00	0,47	122,54	139,50	162,32	0,65	nd	nd
Bi	85 – 110	0.64	0.53	0.55	2.88	3.43	0,00	0.42	121.96	141.43	126.41	0,00	nd	nd
C	110 – 130	2.21	0.69	1.91	2.17	0.95	0,00	0.40	121.99	145.59	245.03	0,00	nd	nd

nd: não detectado.

As camadas 8 do abrigo do Malhador e camada 7 da Lapa Grande por exemplo, apresentam valores baixos de CaO (0,94 e 0,63 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e valores mais elevados de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,70 e 5,26 dag kg<sup>-1</sup>) e de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,93 e 5,25 dag kg<sup>-1</sup>) sugerindo condições paleoambientais mais úmidas, ou acúmulo de materiais oxídicos utilizados como pigmentos pelas populações pré-históricas que ocuparam estes abrigos. Associado a maior transformação e remoção química gerada em climas úmidos têm-se também maior aporte de sedimentos intemperizados transportados de outros locais. Portanto, o material presente nestas camadas não é proveniente somente da intemperização direta do calcário mas de fonte externa. Por outro lado camadas menos oxídicas que apresentam menores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e maiores valores de CaO, como as camadas 7, 5 e 6 da Lapa do Malhador e as camadas 1 e 2 da Lapa Grande, sugerem a uma condição pedogenética mais seca com menor transformação química externa ao abrigo, e menor aporte de outros materiais pela enxurrada. A espessura destas camadas reforça essa idéia, sendo as mais oxídicas mais espessas do que as menos oxídicas. Existem ainda as camadas em que estes valores de CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, não seguem o padrão discriminado acima. As camadas 2A e 2B da Lapa do Malhador, bem como as camadas 1 e 2B da Lapa do Boquete e as camadas 1 e 5 da Lapa Grande apresentam valores de óxidos de Fe, Al e Ca dentre os mais elevados entre as outras camadas constituintes dos respectivos perfis. A esse fato atribui-se a atividade antrópica, com revolvimento, que acabou por misturar materiais provenientes de condições distintas de pedogênese (“antropoturbação”).

Os resultados observados para a Lapa do Boquete se assemelham bastante aos encontrados para a Lapa do Malhador, mas com algumas diferenças. Os valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em média, são maiores na Lapa do Boquete, especialmente nas camadas mais profundas, o que remete a uma maior intensidade de ocupação nos períodos mais antigos (12.000 a 8.000 anos AP) quando grupos paleo-índios, do Holoceno inferior ao médio, ocuparam a região (NEVES et al., 2009). A partir da análise dos valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode-se inferir que a Lapa do Boquete parece ter sido mais intensamente ocupada pelas populações paleo-índias, com intensa realização de rituais funerários, conforme descrito por PROUS (2003), que relata a ocorrência mais comum de sepultamentos nesta Lapa.

A posição em que se encontram as duas Lapas pode ter contribuído para que a Lapa do Boquete fosse mais visitada, pois esta se encontra inserida no fluviocarste do vale do Peruaçu, portanto mais próxima da água. A Lapa do Malhador está localizada em uma região periférica ao vale. Outra diferença existente entre as duas lapas do PARNA Cavernas do Peruaçu são os valores de CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, encontrados para as camadas de número 8 de cada uma das Lapas. A Lapa do Boquete apresenta elevados teores dos três óxidos enquanto a Lapa Malhador possui menores valores de CaO, e maiores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, conforme já descrito anteriormente. Pelo fato da Lapa do Boquete ter sido mais intensamente utilizada pelos povos mais antigos (paleoíndios) que ali viveram, parece coerente, este padrão, pois remete a um material gerado em condições mais úmidas, posteriormente submetido ao revolvimento promovido pelos povos ocupantes, quando os valores de CaO aumentaram.

Neste sentido a camada 7 do solo da Lapa do Boquete, se enquadra no padrão sugestivo de clima mais seco (menores valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e maiores valores de CaO), além de apresentar o maior valor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3,43 dag kg<sup>-1</sup>) de todo o perfil. Dessa maneira, a atividade humna na Lapa do Boquete teria sido suficiente para modificar expressivamente as características da camada 8, enquanto que na camada 8 da Lapa do Malhador este fato não ocorreu com a mesma intensidade.

Parece haver notáveis diferenças na natureza dos solos sob abrigo na fase mais antiga, representada pelas camadas mais profundas da Lapa do Boquete em relação às fases mais recentes, sendo adotado aqui a camada 5 como limite, conforme já discutido anteriormente. Deve-se atentar ao fato de haver indícios de uma profunda alteração cultural na sequência do Holoceno Inferior ao Médio, pela chegada de povos mongolóides, e consequente retração da população de paleo-índios arcáicos (NEVES et al., 2009). Associa-se a este período uma profunda modificação na indústria lítica, com aparente desaparecimento dos retoques, aumento da variedade de matérias primas e menor densidade de material lítico encontrado (PROUS, 2003). Este mesmo autor chama a atenção para se ter cuidado ao associar o aparecimento de uma população morfologicamente distinta, com a alteração tecnológica acima mencionada. Porém com os estudos mais recentes realizados por NEVES et

al., (2009) e os dados encontrados no presente trabalho, sugere-se que tal possibilidade não deve ser descartada.

Dentre os elementos-traço destacam-se os valores encontrados para Zn e Cu, ambos associados com excretas humanas, sendo o Zn mais presente nas fezes e ossos, e o Cu na urina (WOODS, 2003). O Zn apresentou valores médios de  $120 \text{ mg kg}^{-1}$ , que estão dentro dos valores de referência determinados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2005) como indicativos de qualidade ambiental, que variam de 1 a  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ . OLIVEIRA (1999) constatou em solos da região teores de Zn que variaram de 8 a  $59 \text{ mg kg}^{-1}$ . CORRÊA (2007) encontrou teores deste elemento que variaram de 15 a  $172 \text{ mg kg}^{-1}$ , em solos sobre sambaquis na região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro, estando os maiores valores associados aos horizontes que tiveram maior influência da atividade antrópica. O autor constatou ainda que os valores deste elemento (Zn) acompanharam os de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . No presente estudo os valores de Zn se mostraram constantes ao longo de todos os perfis (Quadros 4 e 5), acompanhando os teores de P que também foram constantes ao longo de todos os perfis. Isto fortalece a idéia de uma característica peculiar destes solos que apresentam evidências da atividade antrópica em todo o perfil. No estudo realizado por CORRÊA (2007) o elemento Cu seguiu a mesma tendência, porém com valores de Cu em média menores do que os de Zn, atribuindo ao fato de que o Cu é lixiviado com mais facilidade. Segundo WOODS (2003) com aproximadamente 2000 anos todo o Cu é perdido por lixiviação, em condições de maior umidade. Nos solos sob abrigos analisados no presente estudo, os valores de Cu se mostraram em média maiores do que aqueles encontrados para o Zn. Os valores médios de Cu ( $160 \text{ mg kg}^{-1}$ ) encontrados foram bem superiores àqueles (em média  $30 \text{ mg kg}^{-1}$ ) encontrados por OLIVEIRA (1999) em solos do norte de Minas, que coincidem com os estabelecidos pela CETESB (2005) como valores de referência que estão próximos de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$ .

O Ba é um elemento que também apresentou valores elevados, porém a este atribui-se à estreita relação entre este elemento e os carbonatos de cálcio (calcário). Destacam-se os valores da Lapa Grande que são os mais elevados dentre os solos estudados e se assemelham àqueles constatados por OLIVEIRA (1999) que variaram entre 153 a  $439 \text{ mg kg}^{-1}$ . O Cd por sua vez não

aparece presente nesta Lapa nem na Lapa Pintada, ambas localizadas no Parque Estadual da Lapa Grande. Por outro lado nas duas Lapas do PARNA Cavernas do Peruaçu e o sítio a céu aberto Terra Brava, detectaram-se valores bem elevados deste elemento, possivelmente relacionados a anomalia regional da geologia do Grupo Bambuí, visto que OLIVEIRA (1999) encontrou valores praticamente nulos na maioria dos solos que estudou, desenvolvidos sobre calcários do Grupo Bambuí.

Os elementos Pb e Cr não foram identificados nas análises de digestão total. Isso surpreende pela forte anomalia de Pb, associada a sulfetos na área de estudo. Segundo ROBERTSON (1963) a geologia regional mostra depósitos hidrotermais sulfetados associados às rochas do Grupo Bambuí. No entanto, foi possível a detecção de minerais de Pb nas análises de microsonda, como ilustrado à frente.

#### **4.5. Ferro Extraído pelo Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio e Oxalato Ácido de Amônio**

Os teores de ferro extraídos pelo ditionito variaram de 0,23 a 20,24 dag kg<sup>-1</sup> (Quadro 6 e 7). De maneira geral os valores são baixos, e evidenciam a pobreza deste elemento no material de origem, onde o mesmo está presente principalmente na forma de impurezas e pigmentos trazidos pelos homens pré-históricos, e conseqüentemente em baixas concentrações nos solos estudados. Porém, observa-se uma considerável amplitude de valores, onde no mesmo perfil algumas camadas apresentam valores muito baixos enquanto outras, valores bem mais elevados. Este padrão é claramente observado na Lapa do Boquete, onde as camadas 5 e 8 apresentam valores próximos de 14,00 dag kg<sup>-1</sup> enquanto camadas próximas a estas, como a 6 e 7, apresentam valores bem inferiores 0,62 e 0,23 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Na Lapa do Malhador foi observada uma discrepância de valores, quando se comparam os valores mais elevados presentes nas camadas 3 e 8 (17,50 e 20,24 dag kg<sup>-1</sup>), com os valores mais baixos encontrados nas camadas 1 e 4 (2,69 e 4,79 dag kg<sup>-1</sup>). Essa variabilidade é basicamente deposicional e reforça a idéia da fraca relação pedogenética entre as camadas, visto que camadas pouco espessas e muito próximas apresentam valores tão distintos de ferro livre.

Quadro 6. Teores de Fe na fração argila dos solos das Lapas do Boquete e do Malhador, obtidos pela extração com ditonito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed) e oxalato de amônio (Feo), e relações Feo/Fed

Camadas	Teores de Fe		Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>
	Ditonito (Fe <sub>d</sub> )	Oxalato (Fe <sub>o</sub> )	
----- dag kg <sup>-1</sup> -----			
----- Lapa do Boquete -----			
1	3,49	0,00	0,00
2A	4,08	0,00	0,00
2B	3,98	0,00	0,00
3	1,60	0,11	0,07
4	1,00	0,04	0,04
5	14,01	0,07	0,00
6	0,62	0,05	0,08
7	0,23	0,03	0,13
8	14,66	0,07	0,00
----- Lapa do Malhador -----			
1	2,69	0,37	0,13
2A	7,85	0,34	0,04
2B	8,70	0,27	0,03
3	17,50	0,26	0,01
4	3,79	0,23	0,06
5	6,17	0,02	0,00
6	6,53	0,30	0,05
7	1,99	0,05	0,03
8	20,24	0,03	0,00

Quadro 7. Teores de Fe na fração argila dos solos das Lapas Pintada e Grande, e do sítio a Céu aberto Terra Brava, obtidos pela extração com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed) e oxalato de amônio (Feo), e relações Feo/Fed

Camadas	Teores de Fe		Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>
	Ditionito (Fe <sub>d</sub> )	Oxalato (Fe <sub>o</sub> )	
----- dag kg <sup>-1</sup> -----			
----- Lapa Pintada -----			
1	4,75	0,05	0,01
2	5,65	0,00	0,00
3	3,31	0,01	0,00
----- Lapa Grande -----			
1	6,04	0,23	0,04
2	9,52	0,16	0,02
3	5,33	0,24	0,05
4	6,31	0,02	0,00
5	5,91	0,25	0,04
6	5,86	0,20	0,03
7	10,64	0,35	0,03
----- Sítio Terra Brava (céu aberto) -----			
A1	7,13	0,11	0,01
A2	7,15	0,13	0,02
A3	7,28	0,18	0,02
A4	7,62	0,16	0,02
AB	7,86	0,12	0,02
Bi	7,95	0,08	0,01
C	8,10	0,01	0,00

As Lapas do Parque Estadual da Lapa Grande (Lapa Grande e Lapa Pintada) já demonstram um padrão mais homogêneo onde a variabilidade dos valores ao longo do perfil é bem menor. Na Lapa Pintada o maior valor de ferro extraído pelo ditionito se encontra na camada 2 (5,65 dag kg<sup>-1</sup>), e está bem próximo do valor da camada 3 (3,31 dag kg<sup>-1</sup>) que é o menos elevado do perfil. A Lapa Grande também mostra valores bem similares ao longo de todo o perfil

sendo o maior valor encontrado na camada 7 (10,64 dag kg<sup>-1</sup>) e o menor na camada 3 (5,33 dag kg<sup>-1</sup>).

O sítio Terra Brava, a céu aberto, também apresentou pouca variabilidade nos valores de ferro extraído com ditionito, sendo estes os de maior homogeneidade ao longo do perfil dentre os solos estudados. Isto demonstra forte relação pedogenética entre os horizontes do perfil.

Os valores de ferro obtidos pela extração com o oxalato de amônio foram baixos para todos os perfis. Como os valores obtidos com este extrator representam a fase não cristalina do ferro presente no material, nota-se que a quase totalidade do ferro presente nos solos se encontra sob formas mais cristalinas e evoluídas. Isto se deve ao fato de que todos os solos se encontram em ambientes bem drenados, e também a dinâmica hídrica da região, que conforme abordado anteriormente apresenta um pronunciado déficit hídrico. Além da umidade, outro fator que deve ser levado em conta na cristalinidade dos óxidos de ferro é a natureza da matéria orgânica. Nos solos estudados, que apresentam elevados teores de matéria orgânica, observa-se a maior formação de formas cristalinas de Fe, principalmente goethita. Isto se deve ao fato da humina, embora menos reativa, formar complexos mais estáveis com o ferro da solução do solo. Portanto em solos com maiores teores de humina a formação de goethita é favorecida conforme constatado por diversos autores como SCHWERTMANN (1988), SCHWERTMANN & TAYLOR (1989), KER (1995) e RESENDE et al., (2002). Por outro lado a presença da hematita é evidenciada pela cor de várias camadas dos solos estudados, isto se deve provavelmente a origem alóctone de boa parte do material hoje presente no solo dos abrigos, formado em condições pedoambientais bem distintas das encontradas atualmente nos abrigos.

No sítio Terra Brava onde o aporte orgânico ocorreu pela vegetação natural, através do tempo, observam-se valores de ferro extraído com ditionito bem superiores àqueles encontrados para ferro extraído com oxalato de amônio. Reforçando a contribuição da fração humina na formação de óxidos de ferro cristalinos, principalmente goethita, neste solo evidenciada pela cor do mesmo.

A relação  $Fe_o/Fe_d$  próxima de zero ou muito baixa (<0,13) expressa o estado predominantemente cristalino dos óxidos de ferro nos materiais estudados, visto que quanto menor esta relação maior a cristalinidade dos

óxidos. Esse predomínio de formas bem cristalinas pode estar vinculado também a origem alóctone de muitos óxidos contidos hoje nos solos dos abrigos, como aqueles provenientes de processos erosivos oriundos de efeitos dos paleoclimas sobre a paisagem circundante ao fluviocarste. Outro fator é o aporte expressivo de pigmentos oxídicos aos solos, realizado pelas populações que ocuparam os abrigos calcários ao longo de milhares de anos relatado por PROUS (2003). Portanto este aporte pode estar contribuindo também com o predomínio de formas cristalinas de óxidos de ferro nos solos, visto que estes pigmentos aparentemente eram retirados de concreções ferruginosas localizadas em encostas próximas ao fluviocarste, onde o ferro se encontra concentrado e selecionado por métodos físico-químicos.

Ainda sobre o predomínio de formas de óxidos bem cristalinas pode-se pensar também no constante uso de fogo no interior dos abrigos, alterando assim formas de ferro menos cristalinas como a ferrihidrita, por rearranjos internos e desidratação, e dando origem a formas de óxidos mais cristalinas como hematita (KER, 1995).

#### **4.6. Carbono Orgânico Total (COT) e Fracionamento das Substâncias Húmicas**

Cabe-se ressaltar que no preparo da Terra fina seca ao ar (TFSA), boa parte do carvão que compunha a fração mais grosseira do material foi retirada através de separação física por peneira. Sendo assim boa parte do carvão proveniente das fogueiras, que representa provavelmente a principal fontes de carbono destes solos, não está contabilizada nas análises apresentadas nos resultados aqui apresentados.

Os valores de Carbono Orgânico Total (COT) variaram significativamente em cada um dos perfis estudados, alcançando o valor máximo de 5,25 dag kg<sup>-1</sup> na camada 5 da Lapa do Boquete e o mínimo 0,6 dag kg<sup>-1</sup> na camada 6 da Lapa Grande (Quadros 2). Observa-se que esta variação não segue uma sequência lógica de incremento de material orgânico no solo, que geralmente diminui gradativamente com a profundidade. Tal distribuição só observada no Sítio Terra Brava, que apresenta uma pedogênese sub-aérea, sob vegetação natural. O carbono orgânico presente

no solo do Sítio Terra Brava é proveniente tanto da vegetação, quanto de alguma contribuição antrópica de material orgânico, esporadicamente.

Segundo WOODS (2003), o material orgânico encontrado em muitos antropossolos é proveniente de sub-produtos da combustão incompleta de tecidos vegetais e animais, associados a remanescentes orgânicos parcialmente degradados pela atividade biológica, misturados à matéria orgânica proveniente do crescimento vegetal mais recente ocorrido na área. No caso dos solos sob abrigos foram encontrados, através dos estudos arqueológicos realizados desde o final da década de 70, uma grande quantidade de material orgânico, aportado ao solo, proveniente de espécies vegetais e animais que eram utilizadas pelos seres humanos que ocupavam a região na pré-história.

Dentre as espécies vegetais presentes em sítios arqueológicos do PARNA Cavernas do Peruaçu, RESENDE & CARDOSO, (2009) destaca o pequi, o cansanção, o murici, a guariroba, a cagaita, e o genipapo, além de plantas cultivadas como milho, mandioca e feijão, encontradas nas camadas (2A, 2B e 3) referentes aos período dos Horticultores. Este material foi encontrado disperso nas camadas da área escavada, mas principalmente concentrado em estruturas chamadas pelos pesquisadores de “silos”. E se manteve conservado devido às características peculiares encontradas nos abrigos calcários, conforme já comentado. Portanto essa seria a fração de material orgânico parcialmente degradado, e particularmente neste caso, muito pouco degradado. Sendo assim esses resíduos têm uma contribuição pouco expressiva, na quantidade e no tipo de carbono orgânico presente no solo. Da mesma forma, a contribuição proveniente de crescimento vegetal *in situ* é praticamente inexistente, mesmo raízes, pois o ambiente dos abrigos calcários é sombrio demais para permitir o crescimento vegetal. Desta forma, assumiu-se que a quase totalidade do Carbono Orgânico aqui analisado foi proveniente de materiais aportados (alóctones) parcialmente carbonizados pelo constante uso do fogo nos abrigos estudados.

Os solos da Lapa do Boquete e a Lapa do Malhador apresentam os maiores valores de COT, e isso fortalece a idéia de maior intensidade de ocupação, conforme expresso pelas características morfológicas encontradas nos pisos dos dois abrigos, e a quantidade de material arqueológico obtido nestes sítios. Os maiores valores do COT nestes solos estão sempre

associados com as camadas que apresentaram maior presença de material aportado pelas populações pré-históricas, principalmente carvão vegetal na forma de diversas camadas de fogueiras, e se destacam dentro deste contexto as camadas 2A e 2B de ambas as Lapas, bem como as camadas 5 e 7 da Lapa do Boquete.

Os valores encontrados para a fração humina, no fracionamento das substâncias húmicas, são bem superiores àqueles valores encontrados para as outras frações (Ácidos Fúlvicos e Ácidos Húmicos), evidenciando que a quase totalidade do carbono presente nestes solos é proveniente de moléculas muito recalcitrantes, representado por huminas herdadas (GLASER et al., 2003). Tal resultado é consistente com outros autores, como KERN & KÄMPF (1989), LIMA (2001), KÄMPF et al., (2003), WOODS (2003), MYERS et al., (2003), GLASER et al., (2003), que constataram essa mesma característica em Terras Pretas de Índio no norte do país, assim como em sítios tupiguaranis no sudeste do Brasil (PROUS, 1999), ou em solos desenvolvidos sobre sambaquis no litoral do estado de Rio de Janeiro (CORRÊA, 2007). O que diferencia os solos estudados neste trabalho é a falta de uma sequência pedogenética normal, o que sugere uma gênese deposicional policíclica destes solos, associada com diferentes momentos de ocupação, onde o tipo e a intensidade de ocupação, contribuíram com maior ou menor aporte de material orgânico.

Na Lapa Pintada encontra-se certa homogeneidade na distribuição do COT e esse fato é coerente com as características morfológicas e com a abundância de material encontrado em todas as três camadas principais. Já na Lapa Grande fica evidente a associação de maiores valores de COT com as camadas mais modificadas pela atividade antrópica, (camadas 2 e 4). Apenas estas camadas possuem valores de COT similares aos encontrados para as outras camadas dos demais abrigos calcários.

Os valores obtidos no fracionamento das substâncias húmicas (Quadro 8), torna evidente o predomínio da fração humina em todas as camadas analisadas, com valores que variam de 77% do COT, na camada 2 da Lapa Pintada, até valores acima de 95% do COT, nas camadas 7 das Lapas do Boquete e do Malhador. O restante do COT está dividida entre as frações Ácidos Fúlvicos (FAF) e Ácidos Húmicos (FAH), sendo que dentre essas ainda existe um predomínio da FAH. Portanto, a quase totalidade de carbono orgânico presente nestes solos é constituída de materiais provenientes de

resíduos semi carbonizados muito recalcitrantes, o que favoreceu a prolongada estabilidade e baixa degradabilidade.

Quadro 8. Fracionamento das substâncias húmicas realizado em algumas camadas dos solos estudados

Camadas e Profundidade		FAF <sup>(1)</sup>	FAH <sup>(2)</sup>	FH <sup>(3)</sup>	COT <sup>(4)</sup>
cm		dag kg <sup>-1</sup>			
<b>Lapa do Boquete</b>					
1	0-10	0,096	0,167	0,68	0,93
2A	10-21	0,085	0,293	3,78	4,16
2B	21-36	0,047	0,256	2,63	3,53
5	54-63	0,128	0,339	4,58	5,57
7	67-83	0,042	0,027	2,31	2,44
<b>Lapa do Malhador</b>					
2A	5-22	0,114	0,237	2,99	3,53
2B	22-36	0,014	0,169	2,44	3,12
6	69-82	0,085	0,155	2,22	2,24
7	82-85	0,060	0,053	2,23	2,35
<b>Lapa Pintada</b>					
2	12-40	0,052	0,082	1,63	2,10
3	40-55	0,071	0,103	2,84	3,02
<b>Lapa Grande</b>					
2	3-8	0,109	0,155	3,53	4,01
4	13-23	0,095	0,107	2,76	2,97
<b>Terra Brava</b>					
A1	0-6	0,070	0,115	2,07	2,26
A3	20-44	0,066	0,118	2,40	2,44

<sup>(1)</sup>Fração Ácido Fúlvico <sup>(2)</sup>Fração Ácido Húmico <sup>(3)</sup> Fração Humina <sup>(4)</sup> Carbono Orgânico Total

#### 4.7. Características Mineralógicas dos Solos

Através da análise dos difratogramas de raio X (DRX), foi possível identificar os principais minerais presentes nas frações argila, silte e areia das diferentes camadas constituintes dos solos estudados. De maneira geral são

solos que apresentam predominantemente em sua matriz minerais silicatados do tipo 1:1 (caulinitas), associados a minerais do tipo 2:1 basicamente illita, que são minerais secundários originários do intemperismo de micas. Além das illitas foram identificados traços de outros minerais 2:1, como vermiculita, encontrada apenas nos horizontes mais subsuperficiais do sítio Terra Brava.

Dentre os óxidos de ferro a hematita é o mais presente nos solos sob abrigos, e a goethita predominou no solo do sítio a céu aberto. O fato marcante a destacar é a presença de minerais com atração magnética em quase todas as camadas dos solos dos abrigos calcários, em maior quantidade na fração areia (magnetita), e em menores proporções nas demais frações silte e argila (maghemita). A fração mais grosseira do solo é composta predominantemente por quartzo e a calcita, associados aos óxidos magnéticos supracitados, micas (muscovita principalmente). Como registro mineralógico da presença antrópica nestes solos foram identificados picos referentes a apatita em todas as frações e praticamente em todas as camadas, demonstrando a importância da preservação de fragmentos ósseos não decompostos.

Apesar da existência de um relativo padrão na constituição mineralógica dos solos, algumas diferenças são observadas. Estas se relacionam com diferenças existentes no ambiente deposicional, mais do que a pedogênese *in situ*. As maiores diferenças na composição mineralógica foram observadas entre os solos da Lapas do Boquete e do Malhador, localizadas no PARNA Cavernas do Peruaçu, em relação as Lapas Pintada e Grande, que se situam no Parque Estadual da Lapa Grande, demonstrando claramente diferenças no material geológico em escala regional.

#### **4.7.1. Fração argila**

A fração argila dos solos estudados revela uma mineralogia mista, condizente com as condições conservadoras a qual estão submetidos estes solos, com contribuição de sedimentos alóctones, pré-intemperizados, com minerais provenientes de condições pedogenéticas distintas das atuais.

Os picos de 0,72-0,36-0,23 nm, referem-se à caulinita. A presença deste mineral é esperada já que são os principais minerais secundários nos solos brasileiros, sendo originadas de diversos tipos de minerais primários, principalmente micas e feldspatos, que intemperizados em condições ácidas e

com intensa lixiviação de bases liberam Si e Al no meio favorecendo a gênese da caulinita. A presença de Si em grande atividade no meio, neste caso favorecida pelo pH elevado, principalmente acima de 8,5 onde espécies iônicas contribuem significativamente para a sílica total em solução e favorece a formação de minerais silicatados do tipo 2:1. No entanto a presença da caulinita foi identificada em todos os perfis estudados, e remete a uma condição físicoquímica de formação distinta da existente atualmente. A gênese deste mineral está associado a condições de pH mais baixo e maior lixiviação de bases, o que provavelmente está relacionado com condições climáticas precedentes mais úmidas que as atuais. As caulinitas identificadas a partir dos DRX podem ter origens genética distintas, uma proveniente diretamente da intemperização de minerais primários em condições de maior acidez e maior remoção de bases, e outra relacionada com uma mudança nas condições pedogenéticas onde o pH se elevou e a atividade do Si aumentou, neoformando caulinita.

Os picos 0,26-0,33-0,45-0,50-1,00 nm estão relacionados com a presença de illita, mineral do grupo dos filossilicatos do tipo 2:1, que tem sua gênese e sua estabilidade favorecidas pelas condições atuais em que os solos se encontram. Este parece ser o principal mineral do grupo dos 2:1 presente nos solos estudados. Sua ocorrência variou principalmente com a profundidade das camadas em alguns solos como na Lapa do Boquete e do Malhador, além do Sítio Terra Brava, onde este mineral apareceu com maior intensidade nas camadas mais profundas. Na Lapa Pintada e na Lapa Grande não se observou esta variação, sendo a illita presente em todas as camadas com intensidade semelhante.

Foi identificado o pico (0,30 nm) referente a presença de minerais carbonáticos, principalmente calcita. Apesar de ser um mineral de solubilidade elevada, fragmentos compostos de unidades cristalográficas bem definidas podem apresentar certa resistência a essa reação. No caso dos solos estudados o pico referente à calcita foi identificado nos solos das Lapas do PARNA Cavernas do Peruaçu e na Lapa Pintada. Nos DRX's referentes a estes perfis, em todas as camadas, exceto a camada 8 da Lapa do Malhador, o pico (0,30 nm) demonstra a presença de um mineral de estrutura cristalina bem definida, conforme expresso pela forma do pico bem definida, com a base estreita e de forte intensidade. A forma do pico reforça a hipótese deste mineral estar

presente na fração argila devido a sua resistência a solubilidade, proveniente da elevada cristalinidade.

Os óxidos de Fe presentes no solo foram detectados a partir dos picos 0,25 nm e 0,27 nm para hematita e ou maghemita, e 0,42 nm para a goethita. O óxido de Fe predominante nos solos dos abrigos calcários é a hematita, que tem sua gênese favorecida em ambientes mais secos, bem drenados e com temperaturas mais elevadas, condições que favorecem a desidratação, além de pH's próximos ou superiores a neutralidade. Dessa maneira o ambiente dos solos estudados é propício para a formação de hematita e não de goethita. Esse fato pode ser constatado pelos DRX's que apresentam com recorrência a presença dos picos 0,25 e 0,27 nm, referentes à hematita.

Nos solos das Lapas do Boquete e do Malhador, que apresentam uma composição mineralógica bem similar, identificam-se nas camadas mais superiores apenas a presença dos picos referentes à hematita, e somente nas camadas mais profundas como é que se identifica com clareza o pico da goethita. No DRX da Lapa do Boquete (Figura 11) identifica-se com nitidez o pico 0,42 nm (Gt) somente nas camadas 5 e 8, que são camadas bem oxídicas, onde a goethita pode estar presente ainda como uma precursora da hematita, já que esta não se forma a partir de nucleação de íons  $Fe^{3+}$  em solução e sim por via sólida. Também contribuem nestas camadas para a gênese da goethita a maior umidade em profundidade e os valores de pH que embora altos estão entre os menores do perfil. Na Lapa do Malhador (Figura 12) observa-se um incremento na intensidade do pico referente a goethita das camadas mais superiores para as mais inferiores, evidenciando a maior presença deste mineral nas camadas mais profundas, geradas em condições mais úmidas.

Os picos que indicam a presença de hematita aparecem de maneira clara em todas as camadas de todos os solos desenvolvidos sob abrigos. Porém parece existir uma sobreposição de picos entre a hematita e a maghemita, pois estes solos apresentam atração magnética, em todas as frações, inclusive na argila. Além disso, o pico 0,25 nm é característico da maghemita, cuja formação se dá a partir de oxidação de partículas de magnetita ou pela transformação de outros óxidos como goethita ou lepidocrocita, provocada por aquecimento e ou presença de material orgânico (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). Neste contexto, a atividade antrópica parece ter desempenhado um papel chave na gênese deste mineral magnético (maghemita), pois o uso freqüente e intenso do

fogo com aporte constante de material orgânico, contribuíram para a formação de maghemita presente hoje nos solos estudados.

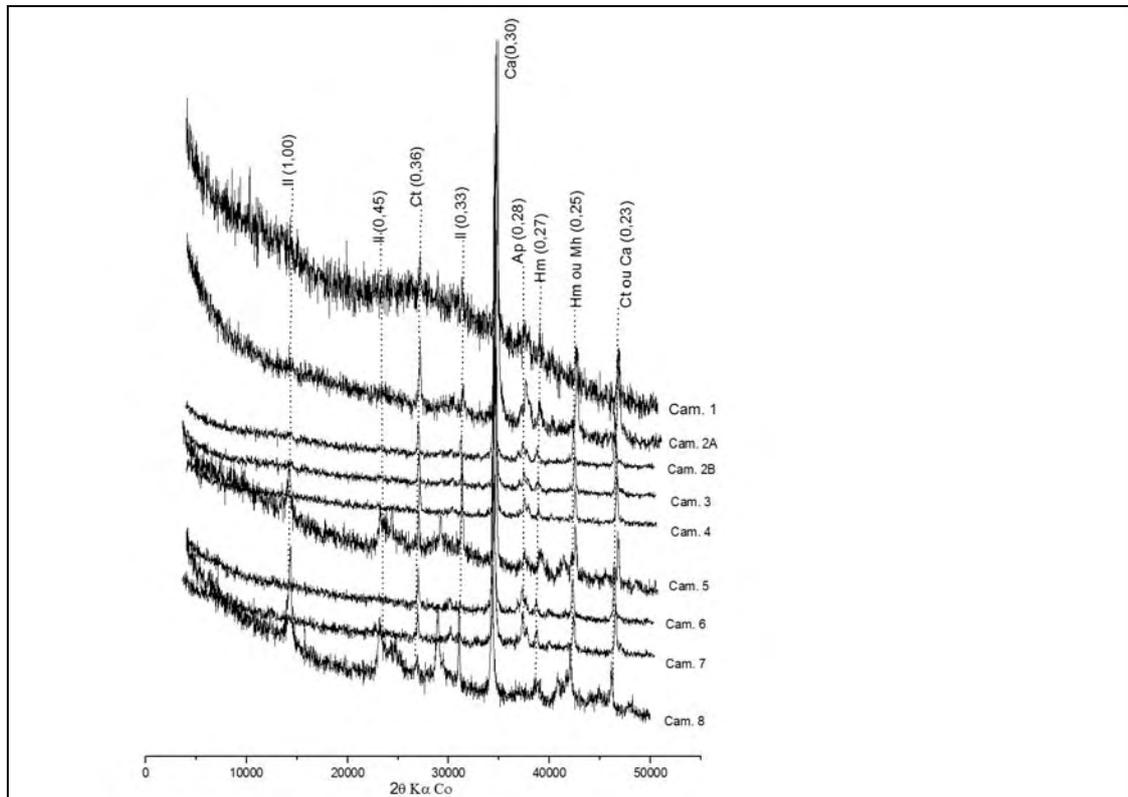


Figura 11. DRX da fração argila natural do solo da Lapa do Boquete; Il: ilita; Ct: caulinita; Ca: calcita; Hm: hematita; Mh: maghemita; apatita.

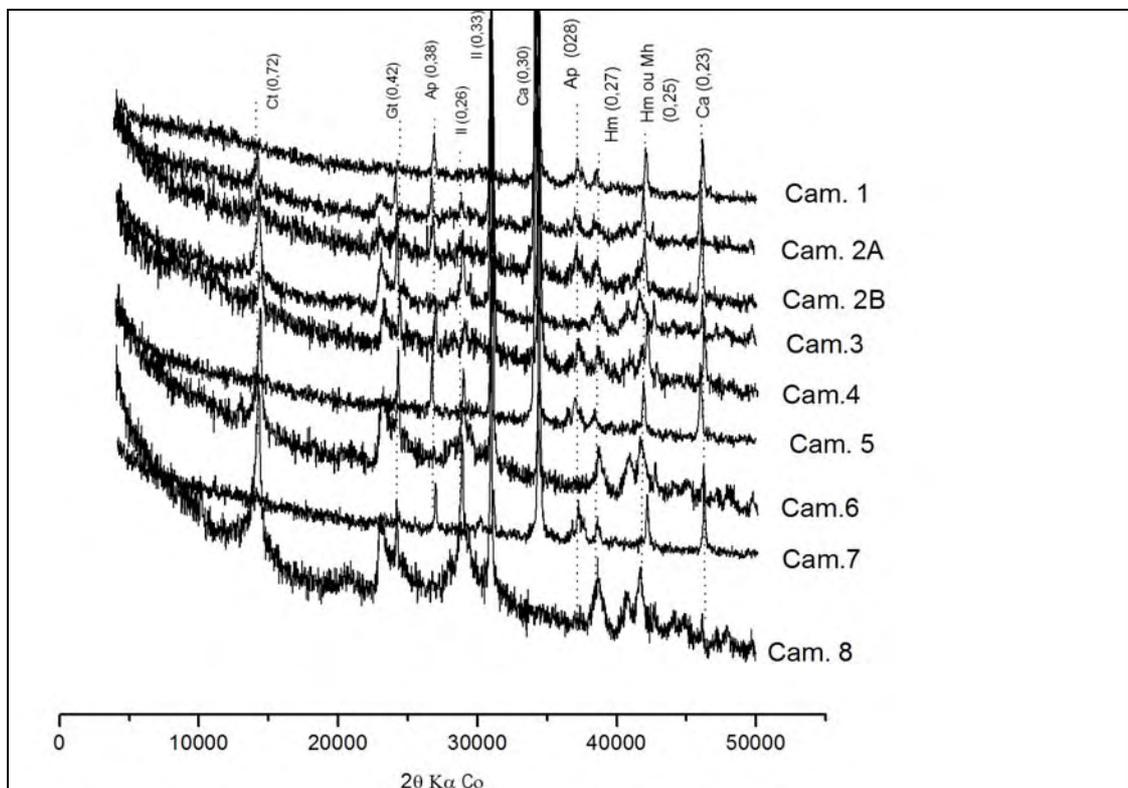


Figura 12. DRX da fração argila natural do solo da Lapa do Malhador; Il: ilita; Ct: caulinita; Ca: calcita; Hm: hematita; Mh: maghemita; Gt: goethita; apatita.

Quando-se analisa o DRX proveniente da Lapa Grande, que apresenta o perfil mais heterogêneo dentre os perfis estudados (Figura 13), observa-se que as camadas 2 e 4 que apresentam através de suas características morfológicas, bem como pelos seus teores de COT e valores de P disponível e P obtido no ataque total, uma maior intensidade de ocupação antrópica, são exatamente as camadas onde ocorre o pico 0,25 nm, referente a maghemita, bem mais definido do que nas outras camadas.

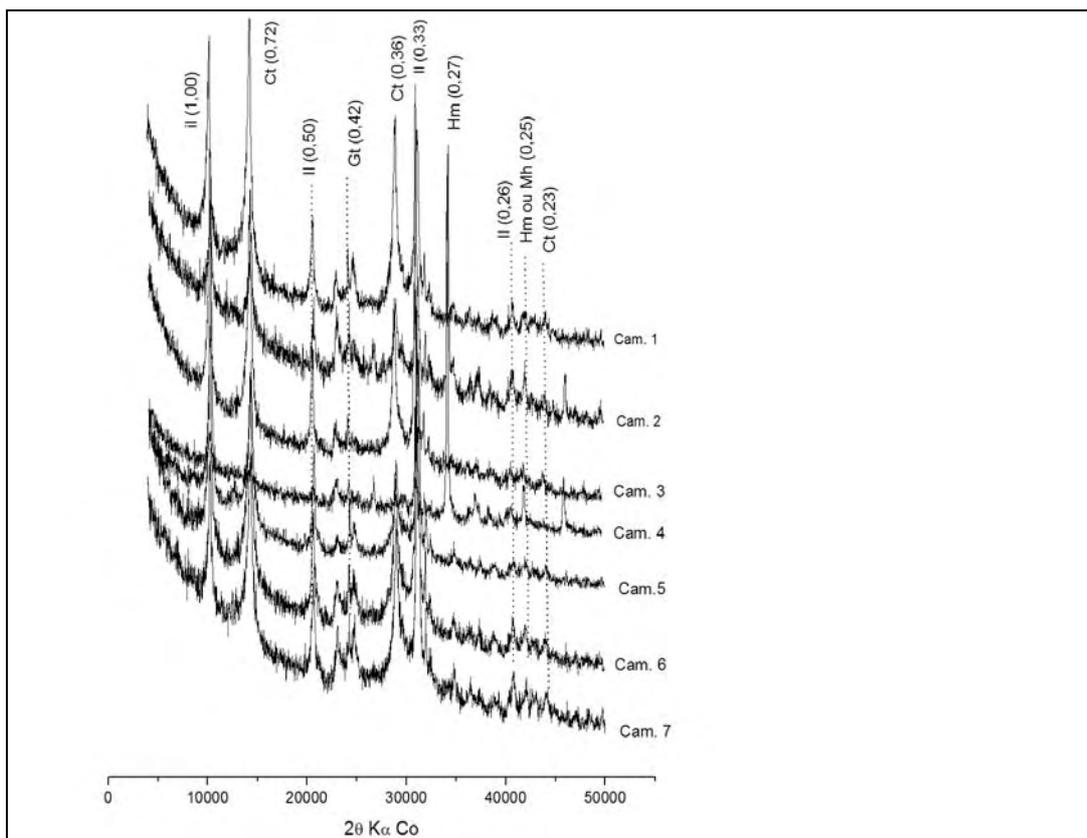


Figura 13. DRX da fração argila natural do solo da Lapa Grande; Il: ilita; Ct: caulinita; Ca: calcita; Hm: hematita; Mh: maghemita; Gt: goethita.

O sítio Terra Brava, que por sua vez não apresenta atração magnética em nenhuma de suas camadas, não mostrou o pico 0,25 nm em DRX's (Figura 14). No solo deste sítio ocorrem os dois picos referentes a goethita (0,24 e 0,42 nm) e nenhum de hematita, evidenciando as condições de formação destes óxidos conforme discutido anteriormente. Neste caso, a goethita é favorecida, pois por estar em um ambiente aberto este local recebe maior umidade e apresenta valores de pH bem inferiores àqueles encontrados nos abrigos. A cor destes solos, já discutida na caracterização física, demonstra claramente a presença deste oxihidróxido no solo.

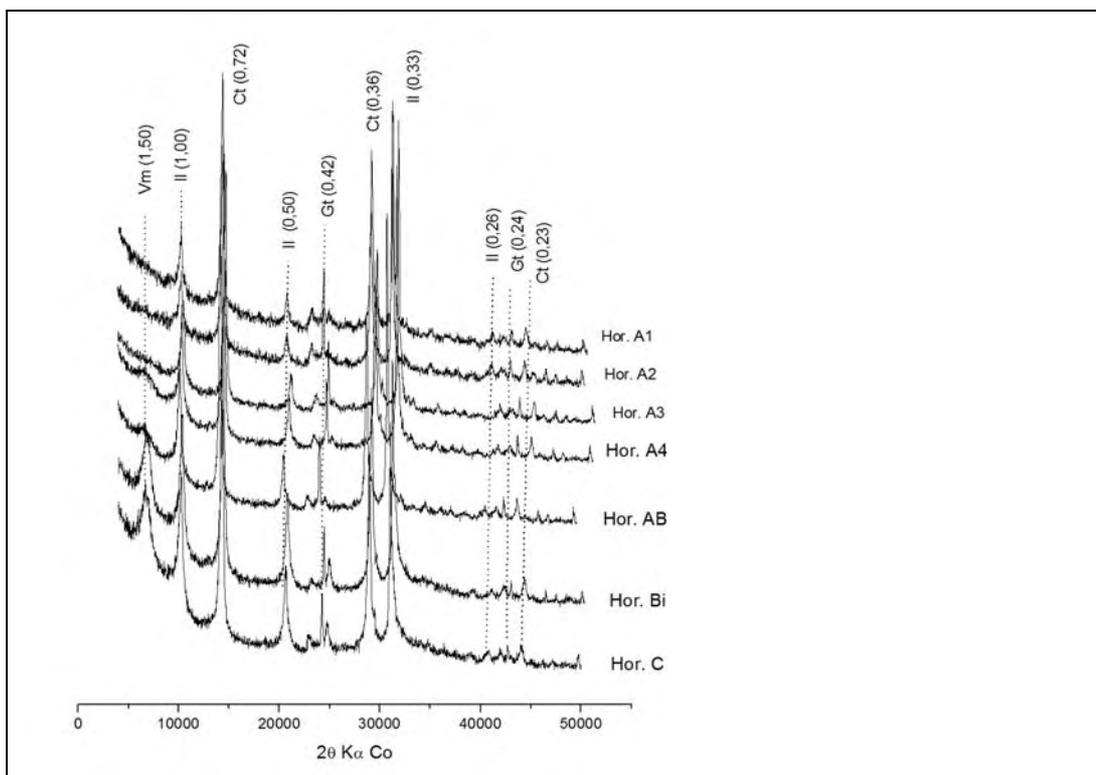


Figura 14. DRX da fração argila natural do solo do sítio a céu aberto Terra Brava; Il: illita; Ct: caulinita; Ca: calcita; Gt: goethita; Vm: vermiculita.

Pela análise dos DRX's da fração argila, encontram-se picos (0,28 e 0,38 nm) que indicam presença de apatitas provavelmente associada exclusivamente à ocupação antrópica, através da adição de ossos ou materiais ricos em P (Figura 15). Esses picos permitem identificar a presença de formas secundárias de fosfatos de cálcio, pouco cristalinas, e que tem sua origem associada à grande quantidade de Ca e de P disponíveis nestes sistemas e a afinidade existente entre estes elementos. Por outro lado os picos podem representar fases provenientes da degradação de fragmentos ósseos maiores que passaram por ciclos de maior umidade e acidez. De qualquer maneira ambas as formas de apatitas (biogênica ou neoformadas) estão presentes no solo, e tem sua origem ligada ao intenso processo de ocupação antrópica que se processou nestas áreas ao longo de milhares de anos. O DRX da Lapa Grande novamente permite uma visualização mais clara desta influência antrópica na presença deste material fosfático. Observando-se com cuidado esse DRX nota-se que os picos (0,28 e 0,38 nm) que indicam a presença apatitas, só aparecem nas camadas 2 e 4. Estas conforme descrito anteriormente são as que apresentam os aspectos mais claros da ocupação antrópica em suas características morfológicas, físicas e químicas.

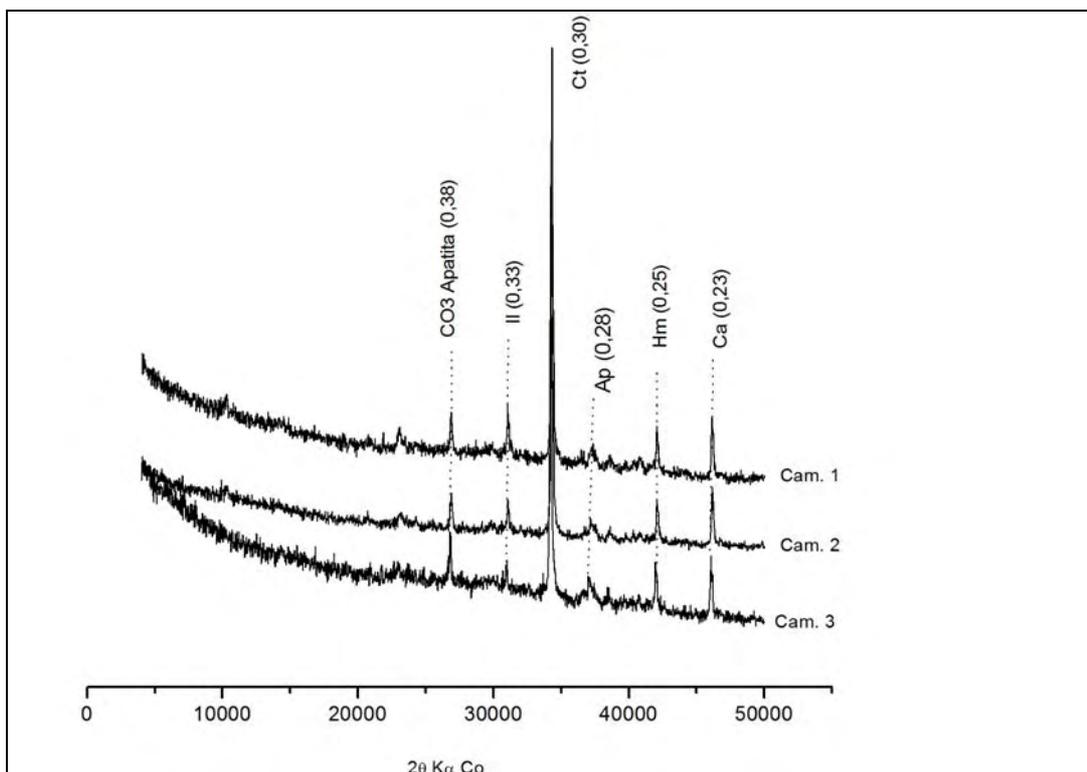


Figura 15. DRX da fração argila natural do solo da Lapa Pintada; Il: ilita; Ct: caulinita; Ca: calcita; Hm: hematita. Ap: Apatita.

#### 4.7.2. Fração Silte

No estudo mineralógico realizado na fração silte dos solos, observou-se a presença de minerais que apresentam maior resistência ao intemperismo químico como quartzo ( $SiO_2$ ) e rutilo ( $TiO_2$ ), ao lado de minerais que são mais susceptíveis à alterações químicas, como é o caso da calcita e principalmente da apatita, que representa a contribuição antrópica direta na mineralogia desta fração. Entre os minerais secundários, destaca-se a caulinita. Desta maneira a fração silte, que representa um estágio intermediário de alteração do material originário do solo, se apresenta certa heterogeneidade, característica marcante nos solos do presente estudo.

Os picos (0,25 - 0,34 - 0,42 nm) são referentes ao quartzo, que apareceu em todos os DRX analisados. A presença deste mineral nesta fração demonstra certa intensidade de alteração física do material de origem, que pode ter sido trabalhado em uma situação anterior à deposição no piso do abrigo. MOURA (1997) evidencia que os processos de formação da paisagem e, conseqüentemente, dos sedimentos envolvidos, em um clima tropical quente, com tendências ao semi árido, são predominantemente associados a

uma morfodinâmica onde predomina erosão mecânica. Além disso este mineral não é encontrado em grandes quantidades nas rochas do Grupo Bambuí que foram formadas em um contexto de águas rasas que apresentam uma sedimentação bem seletiva a partículas mais finas. Desta forma a presença do quartzo está associada ao intenso aporte de sedimentos provenientes de outras rochas, como arenitos, sillexitos, quartzito e calcedônia. Observa-se que os picos referentes ao quartzo são todos bem definidos, indicadores de boa cristalinidade.

O rutilo ( $\text{TiO}_2$ ) demonstra também uma herança residual, sendo representado pelo pico 0,24 nm. Este mineral encontra-se distribuído ao longo dos perfis de uma maneira não associada às camadas mais oxídicas. Na Lapa do Boquete (Figura 16), o rutilo se encontra mais aparente em camadas mais profundas, principalmente na camada 8, que é referente ao produto direto de alteração da brecha cimentada que constitui o piso desta Lapa. Por outro lado nos difratogramas correspondentes as demais Lapas (Figuras 17, 18 e 19) esse comportamento não é observado. Já no sítio Terra Brava (Figura 20) observa-se novamente a presença de picos pouco proeminentes na faixa dos 0,24 nm nas camadas mais profundas.

A calcita, que é o principal mineral constituinte dos calcários, é representada pelos picos 0,23 e 0,30 nm. A presença deste mineral na fração silte indica reserva química, sendo o mineral é facilmente solúvel. Por outro lado confirma intemperismo físico sob os abrigos que por ação mecânica vai reduzindo o tamanho das partículas. Reforçando esta idéia têm-se a forma dos picos referentes a calcita, que apresentam pouca espessura a meia altura e elevada intensidade, evidenciando a natureza cristalina do material, e maior resistência a alterações químicas. ao longo dos anos. Corroborando com o que foi descrito sobre a calcita, o DRX referente a fração silte do solo do Sítio Terra Brava apresenta apenas o pico de 0,23 nm, de menor intensidade, em todas as camadas, e o pico 0,30 nm de maior intensidade, apenas presente no horizonte C. Isso demonstra que no solo que se encontra a céu aberto a alteração da calcita é facilitada.

Os picos 0,36 – 0,72 nm se referem a caulinita, sugerindo a presença desse mineral em agregados de difícil dispersão, além de micas em estágios de alteração que provocam picos nestas posições, conforme diagnosticado por ALMEIDA (1979) e TORRES (2008). Quando se analisam os DRX's da fração

silte da Lapa Grande e do sítio Terra Brava, a segunda hipótese parece mais coerente, visto que ambas apresentam os picos 1,00 e 0,50 nm, referentes às micas, e também os picos 0,36 e 0,72 nm referentes à caulinita, com picos mais aparentes justamente nas camadas subsuperficiais, menos alteradas quimicamente.

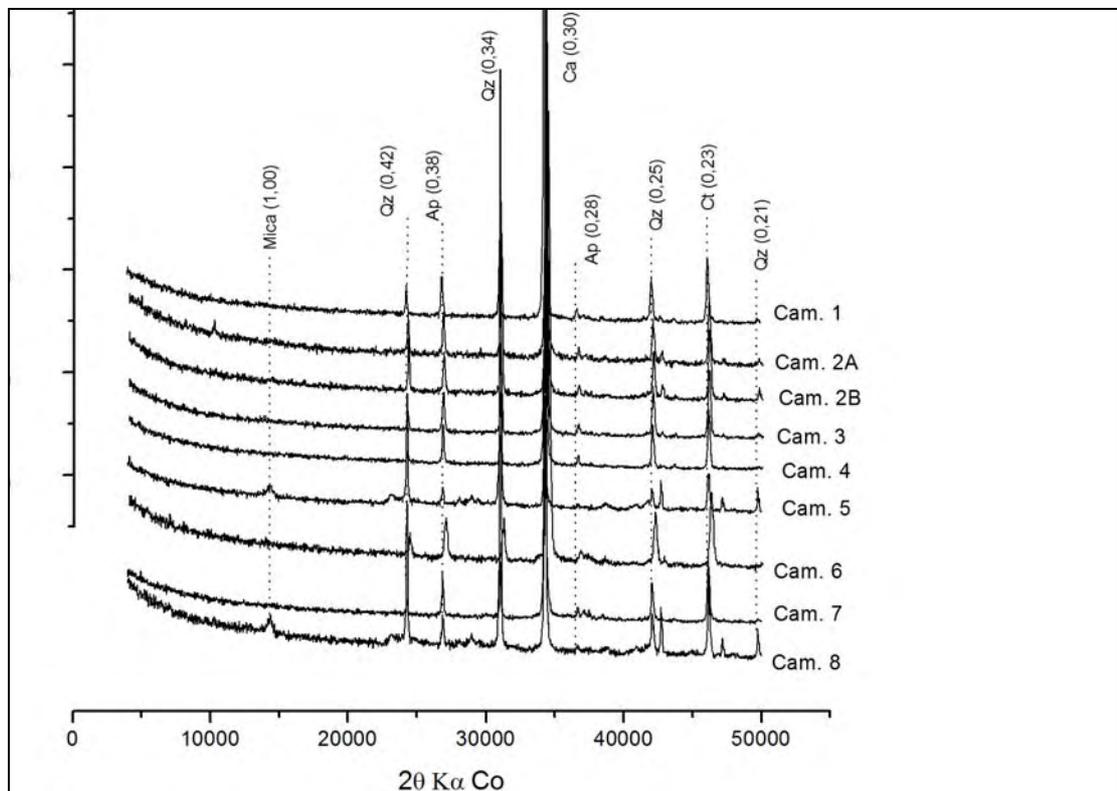


Figura 16. DRX da fração silte do solo da Lapa do Boquete. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

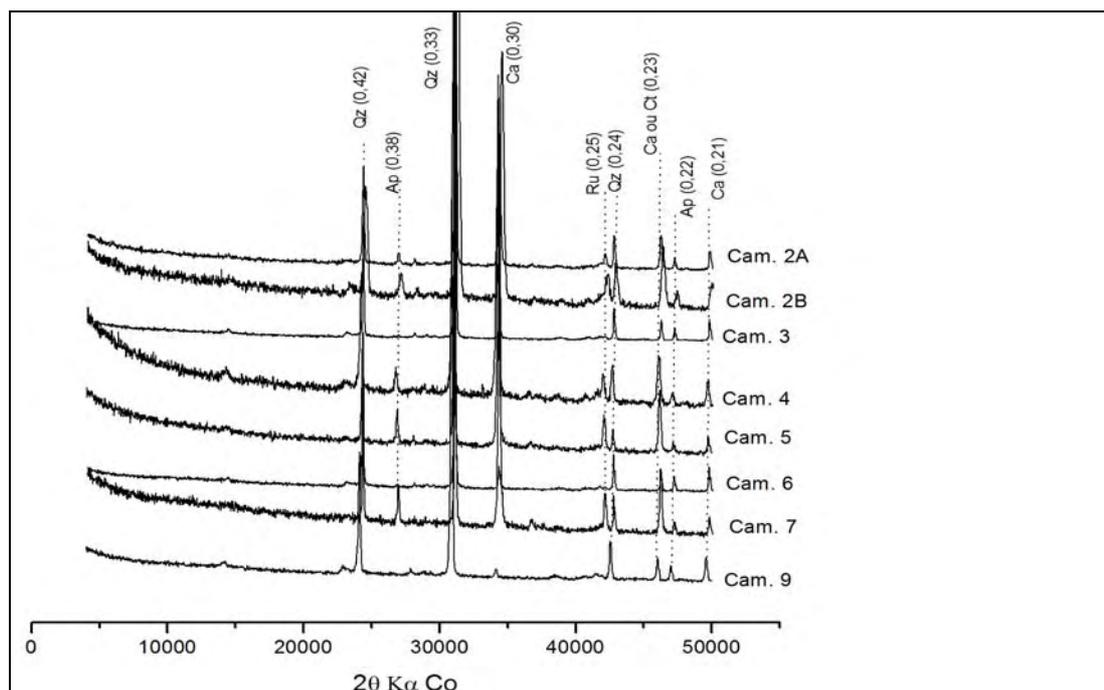


Figura 17. DRX da fração silte do solo da Lapa do Malhador. Qz: quartzo; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita; Ru: rutilo.

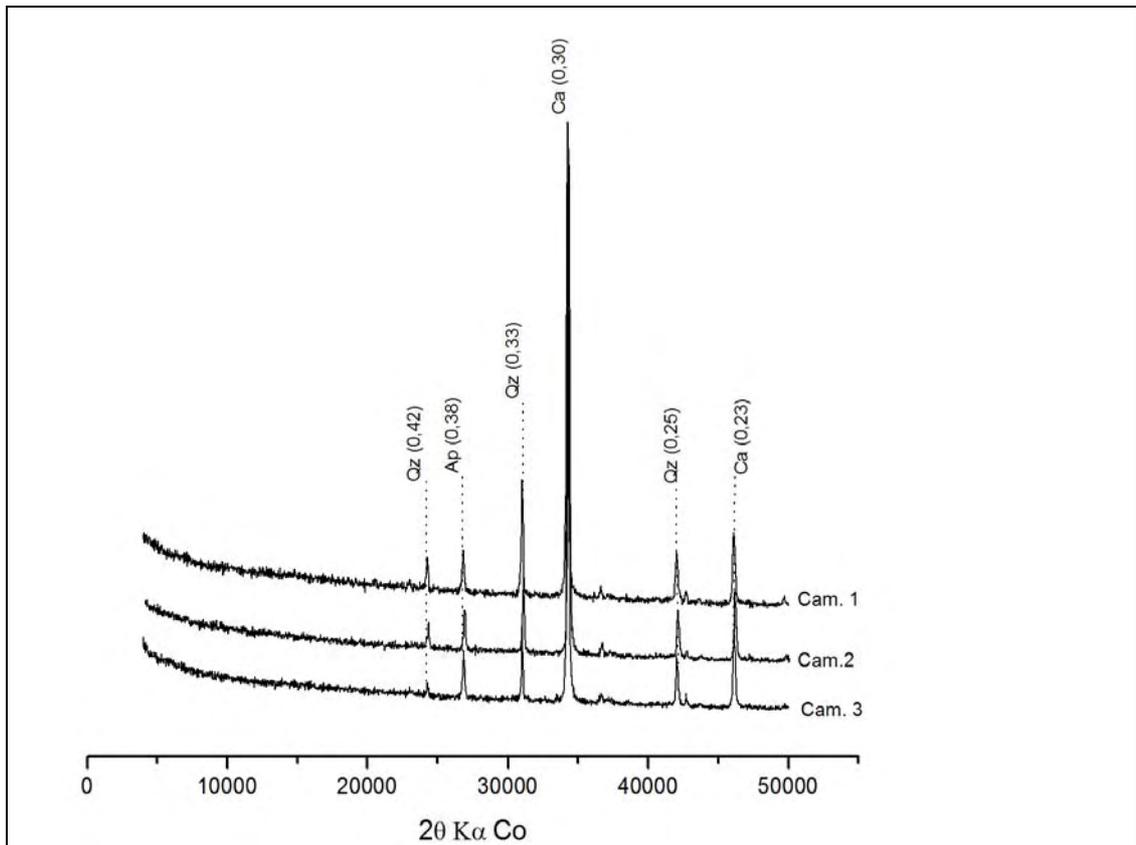


Figura 18. DRX da fração silte do solo da Lapa Pintada. Qz: quartzo; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita; Ru: rutilo.

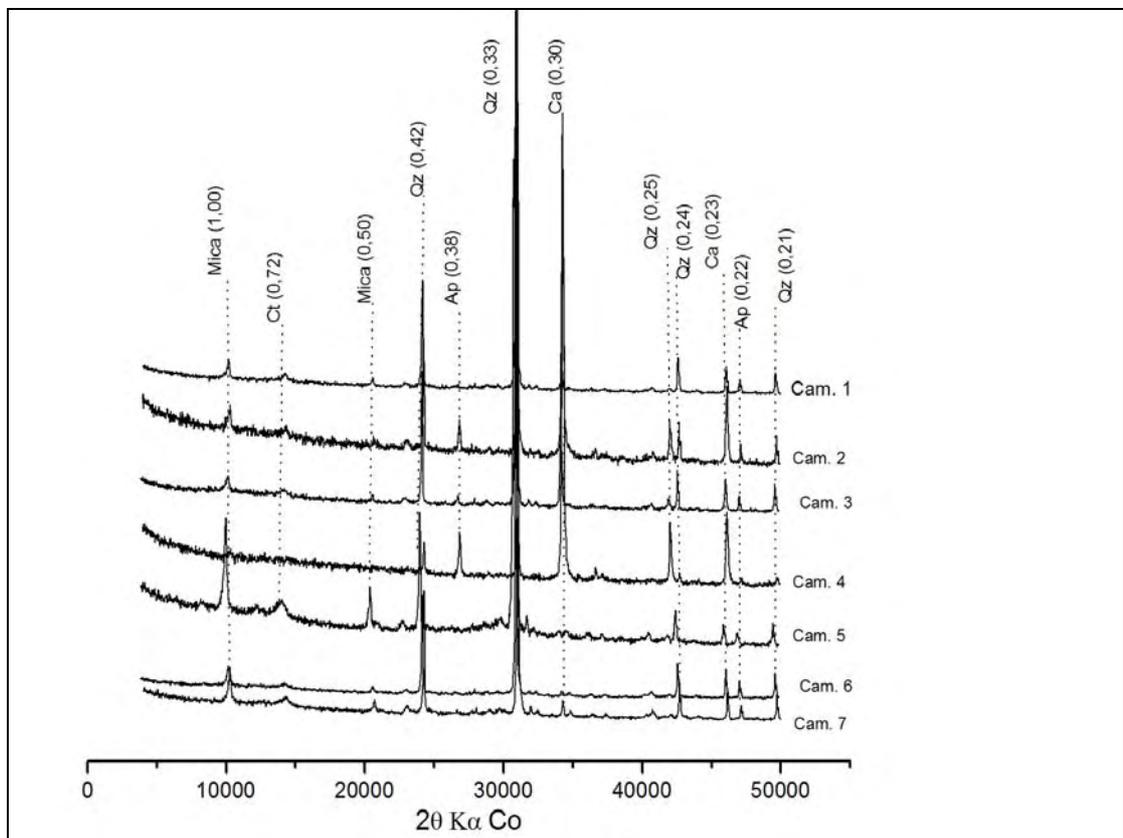


Figura 19. DRX da fração silte do solo da Lapa Grande. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

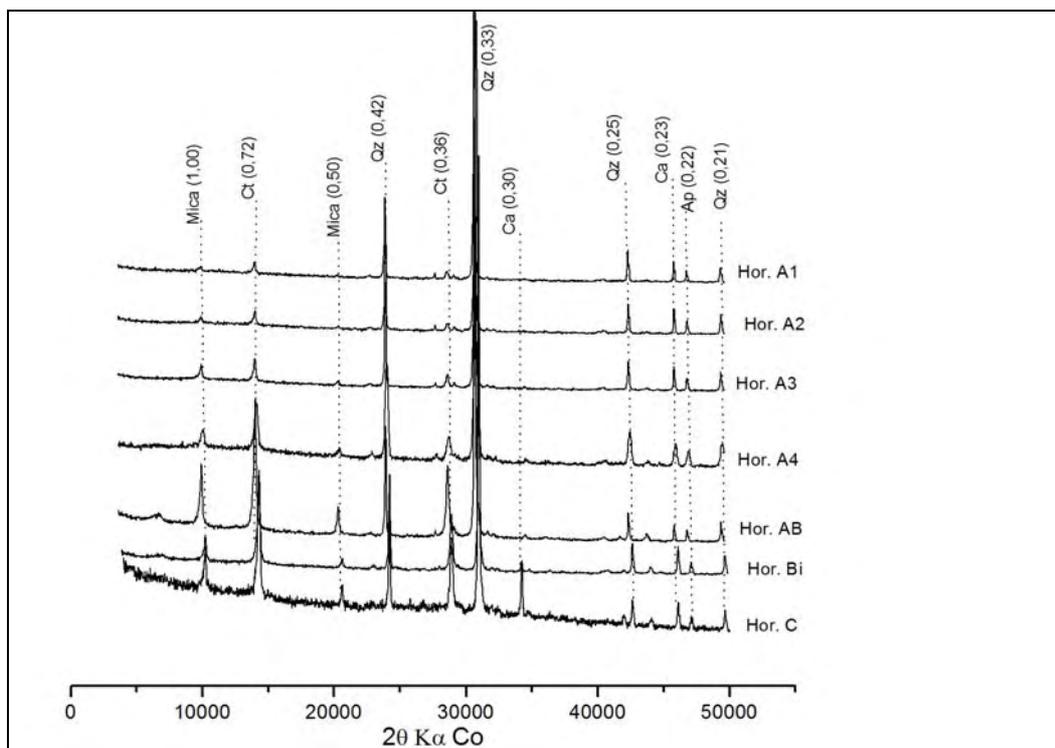


Figura 20. DRX da fração silte do solo do sítio a céu aberto Terra Brava. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

#### 4.7.3. Fração Areia

O quartzo é o mineral dominante nesta fração em todos os perfis e está representado pelos picos 0,24 – 0,34 – 0,42 nm, que sugerem formas cristalinas conforme identificado também na fração silte. Devido a escassez deste mineral em rochas calcárias e à dinâmica de formação dos solos sob abrigos, com intenso aporte de sedimentos alóctones (MOURA, 1997), acredita-se que boa parte do quartzo identificado na fração areia é proveniente do transporte de sedimentos localizados nas partes mais elevadas da paisagem, onde predominam os arenitos da Formação Urucuia que compõe o topo da geologia regional.

A calcita está representada pelos picos 0,23 – 0,30 - 0,21 e 0,28 nm, expressando cristalinidade bem definida. Porém os picos não ocorrem em todas as camadas e apresentam variações de intensidade. Na Lapa do Boquete (Figura 21), por exemplo, os picos 0,23 e 0,30 nm apresentam menores intensidades nas camadas mais oxídicas. Já na Lapa do Malhador (Figura 22) a presença destes picos é quase imperceptível, principalmente do 0,30 nm, que é notadamente o mais proeminente na maioria dos DRX's. No

sítio Terra Brava este pico não foi observado, porém se mantém presente o pico de menor intensidade 0,23 nm, confirmando a natureza mais transformada deste solo exposto.

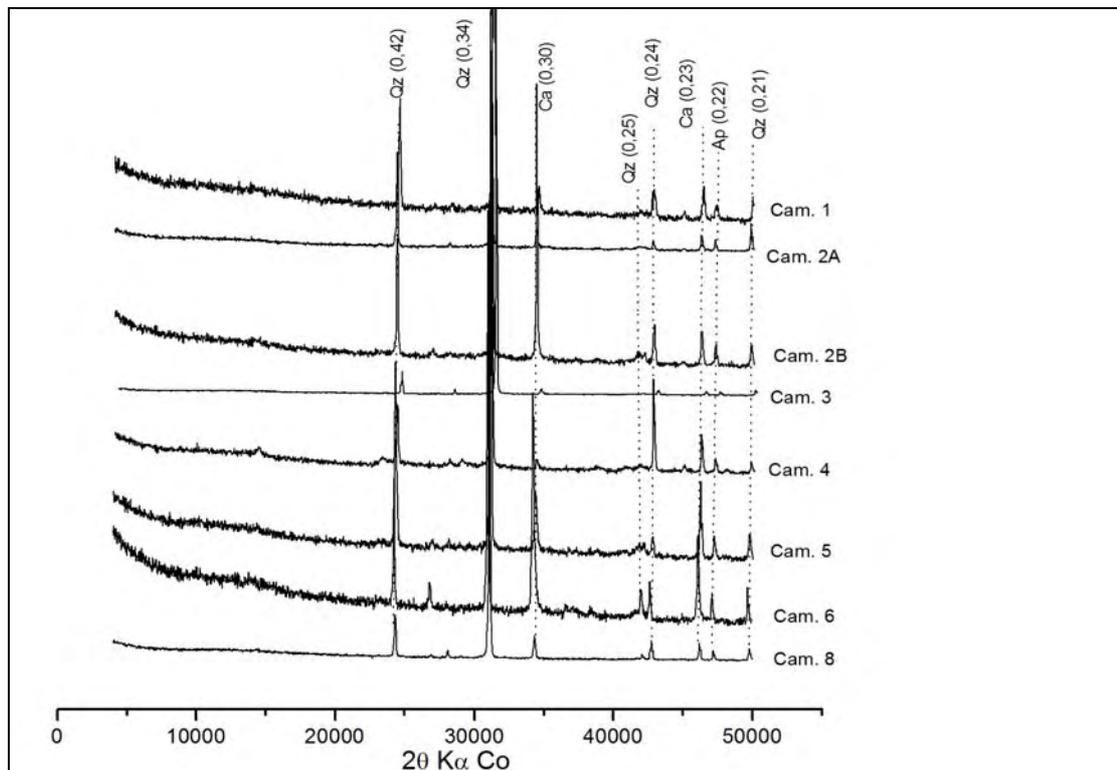


Figura 21. DRX da fração areia do solo da Lapa do Boquete. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

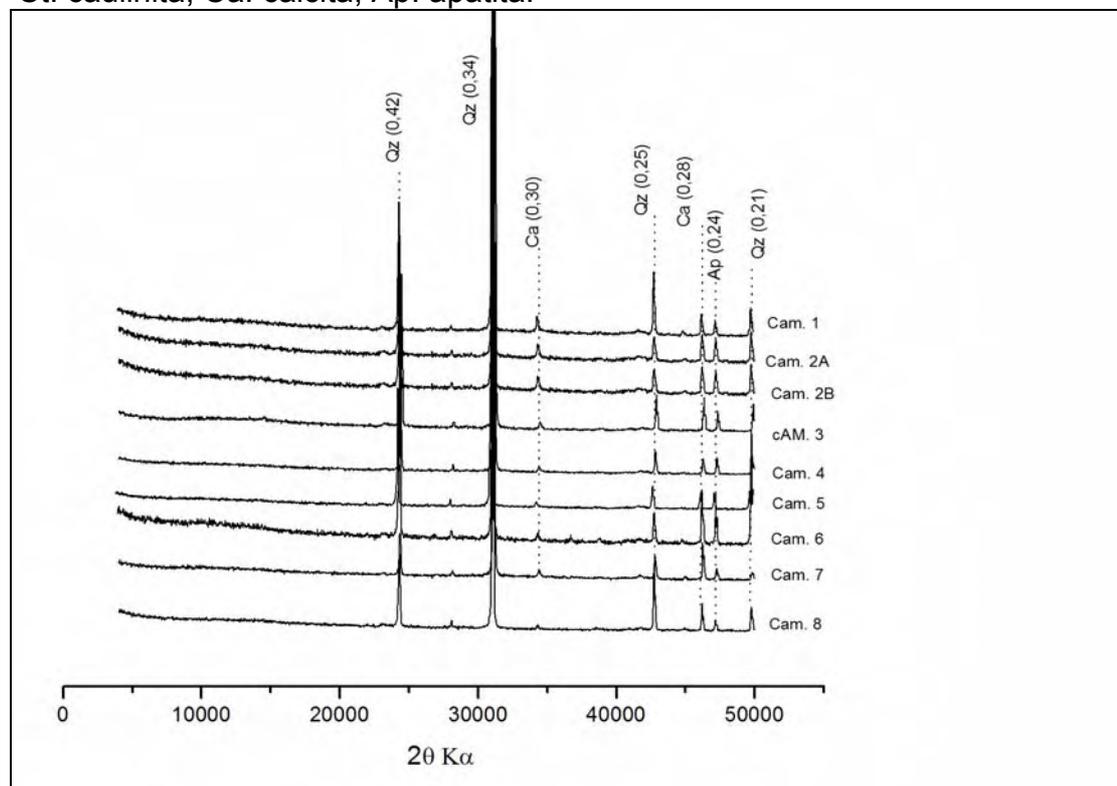


Figura 22. DRX da fração areia do solo da Lapa do Malhador. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

O pico 0,22 nm representa a apatita, da intensa atividade antrópica pré histórica, proveniente de restos depositados por estas populações ao longo do período de ocupação dos abrigos. Este fato é comprovado pelos estudos arqueológicos já realizados na área. KIPNIS (2009) encontrou em escavações realizadas na Lapa do Boquete aproximadamente 21.563 fragmentos ósseos. Deste total cerca de 50% foi identificado quanto à parte anatômica, e 32% destes foi classificado taxonomicamente, sendo a maioria identificada como osteodermos de tatus. Outros animais que apresentam uma frequência de ossos considerável no abrigo são o roedores (Mocó e o Preá). Além destas ocorrem também ossos de lagartos e gambás, e em menor quantidade de cervídeos, porcos do mato e antas sendo estes últimos extremamente raros (KIPNIS, 2009). Este autor sugere que outras lapas no vale do Peruaçu possam apresentar quantidades e tipos de ossos similares, pois segundo estudos arqueológicos e etnográficos, citados pelo autor, há evidências de que bandos de caçadores-coletores em regiões tropicais apresentariam um território de exploração que abrange um raio de 25 km de entorno.

Os ossos de cervídeo trazidos aos abrigos do vale do Rio Peruaçu eram quase exclusivamente aqueles que serviam para fazer instrumentos, e é bem provável que processos tafonômicos (processamento, fragmentação e preservação de carcaças) tenham sido similares em todas as lapas inseridas nesta área. Além de ossos provenientes de hábitos alimentares e culturais das populações pré-históricas, vários outros fragmentos eram trazidos até os abrigos como matérias primas para a elaboração de artefatos e instrumentos. PROUS (2009) afirma que a grande maioria dos artefatos ósseos foi feita com osso metapodial de veados. Portanto as apatitas, encontradas nos difratogramas, não tem origem mineral e sim biológica podendo-se empregar o termo apatita biogênica conforme utilizado por alguns autores que estudaram solos antrópicos como SCHAEFER et al., (2004) e CORRÊA (2007).

Destaca-se ainda na fração areia uma grande quantidade de material que apresenta atração magnética, não identificado nos DRX's da areia sem tratamento. Para elucidar o conteúdo desta fração magnética realizou-se uma concentração de óxidos utilizando NaOH 5 mol L<sup>-1</sup>, em amostras selecionadas que apresentaram maior quantidade de material magnético. O Quadro 9 mostra valores estimados do percentual de partículas com atração magnética presentes em cada camada dos solos estudados. Observa-se uma grande

variação nos valores que representam a porcentagem de material com atração magnética contido em um grama da fração areia de cada camada.

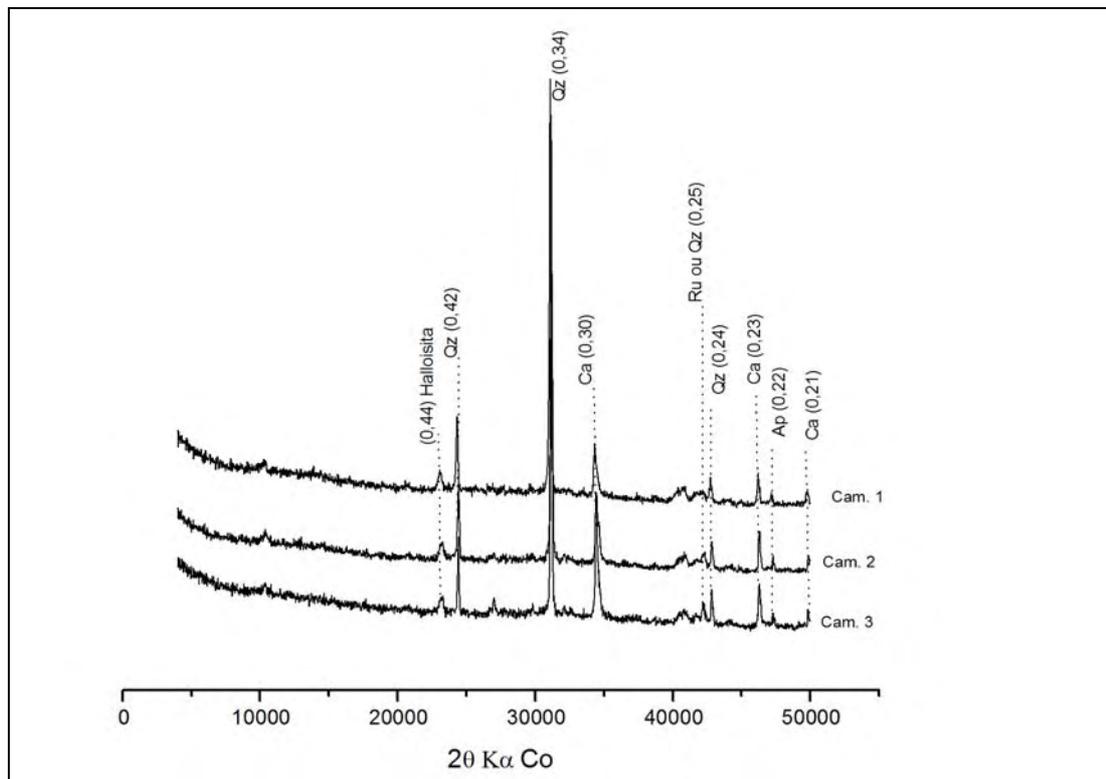


Figura 23. DRX da fração areia do solo da Lapa Pintada. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita. Ru: rutilo; halloisita.

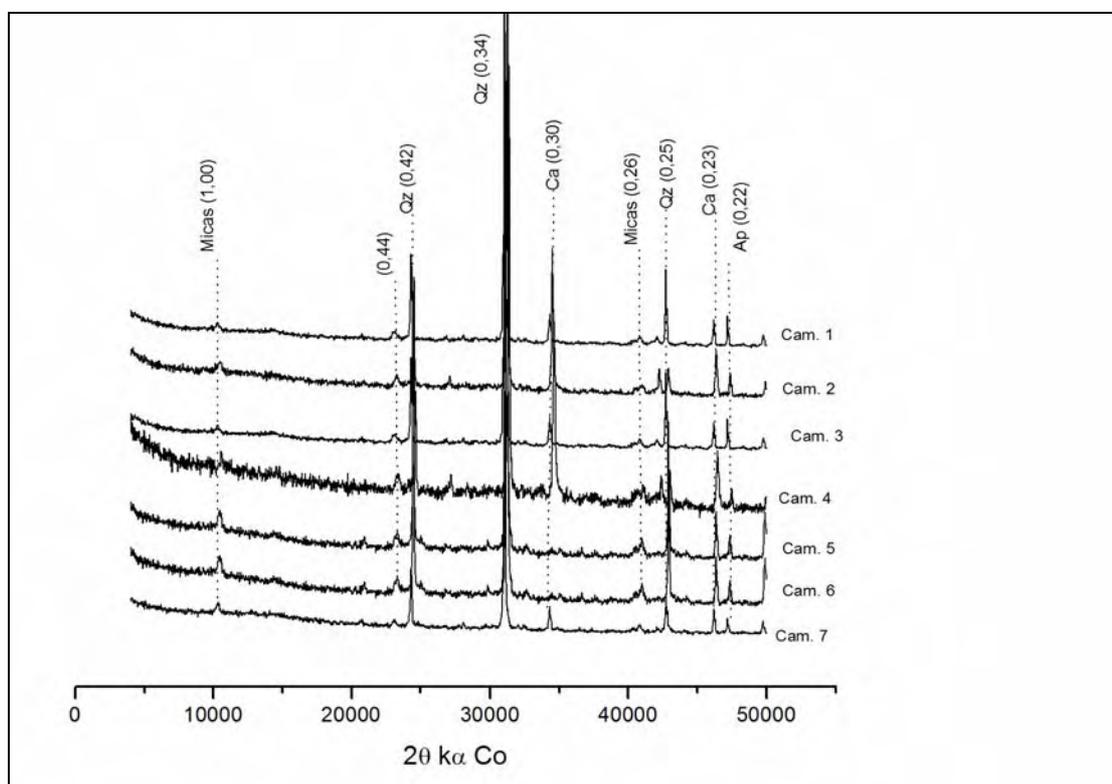


Figura 24. DRX da fração areia do solo da Lapa Grande. Qz: quartzo; mica; Ct: caulinita; Ca: calcita; Ap: apatita.

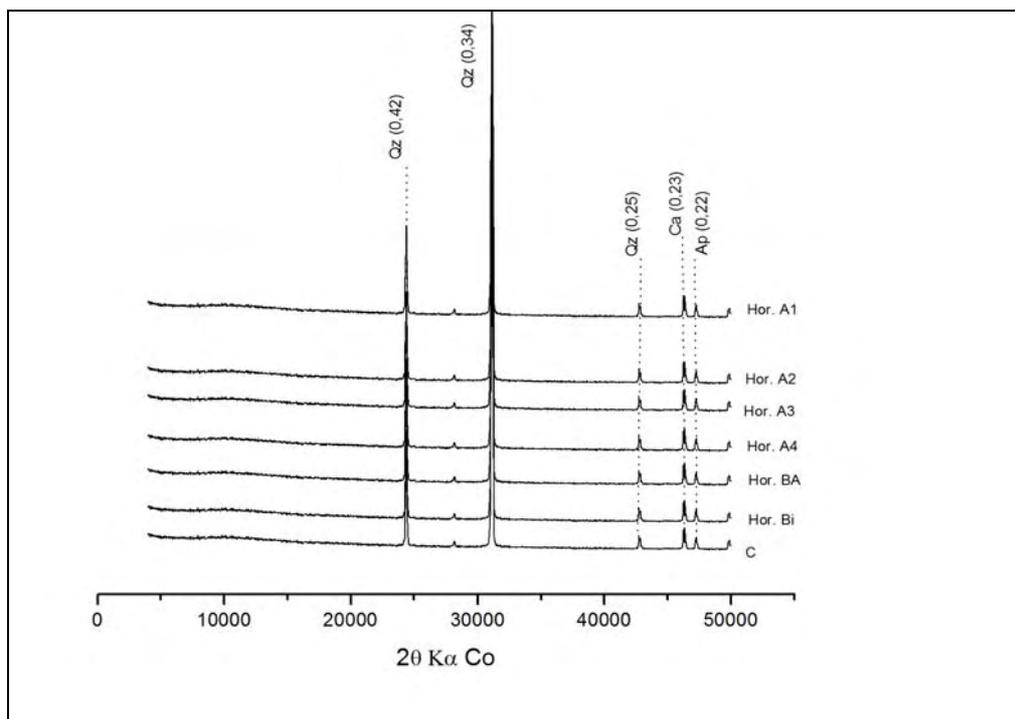


Figura 25. DRX da fração areia do solo do sítio a céu aberto Terra Brava. Qz: quartzo; Ca: calcita; Ap: apatita.

A presença de minerais com atração magnética nestes solos é extremamente significativa, por permitir inferências sobre aspectos culturais através de análise relativamente simples e direta. Com base na geologia, não se espera encontrar minerais com atração magnética nos solos sob abrigos calcários, devido à natureza da litologia (calcários, siltitos, dolomitos e arenitos), onde estes não ocorrem (VIANA et al., 2006). Contudo sua detecção não foi restrita apenas à fração areia, mas também nas frações silte e argila, que não tiveram a porcentagem deste material quantificada pela falta de praticidade em realizar este procedimento.

Vale ressaltar que não se pode refutar completamente a possibilidade de existir magnetita nos calcários do Grupo Bambuí, devido à natureza sedimentar deste material, e a forte contaminação por impurezas advinda deste processo, gerando assim uma heterogeneidade na composição do calcário dentro da sua área de ocorrência. Para exemplificar encontram-se na literatura, menções sobre a presença de magnetita em solos originados de calcários do Grupo Bambuí, evidenciando a presença de traços de magnetita e de concreções magnéticas na fração areia de Latossolos Vermelhos no estado de Goiás (EMBRAPA, 1983). Portanto a presença de magnetita nos solos pode ter alguma ligação com o material de origem, e por outro lado pode ter sua gênese ligada a processos de transformação de óxidos pela ação do fogo.

Quadro 10. Material magnético por grama de solo, separados por imã manual

Camada	(%) de material magnético por grama de solo
----- Lapa do Boquete -----	
1	33
2A	28
2B	20
3	19
4	20
5	9
6	12
7	9
8	0
----- Lapa do Malhador -----	
1	32
2A	44
2B	51
3	11
4	21
5	39
6	14
7	43
8	10
----- Lapa Pintada -----	
1	59
2	62
3	58
----- Lapa Grande -----	
1	0
2	8
3	0
4	28
5	0
6	2
7	0

Embora não exista um consenso na comunidade científica sobre a gênese de magnetita pela ação de elevadas temperaturas (fogo) em ambientes naturais, alguns estudos levantam esta hipótese. Estudos recentemente conduzidos por VIANA et al. (2006) em solo derivado de calcários do Grupo Bambuí, apontaram para a ocorrência de nódulos coalescidos, polifásicos de hematita-magnetita na fração areia dos horizontes A e Bw, e ausência completa de material magnético no horizonte C e no saprolito do calcário, material de origem. Neste caso, a explicação envolve a formação pedogenética desses nódulos *in situ* a partir de fontes abundantes de ferro, em um ambiente quimicamente redutor e em altas temperaturas (fogo), uma vez que as reações

de redução do ferro na superfície do solo podem ocorrer em temperaturas variáveis de 250° a 700° C, onde o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  é sucessivamente reduzido a  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ , e  $\text{Fe}$  metálico (BRAY, 1929, citado por VIANA et al., 2006). Os autores propuseram, a partir de simulação em laboratório, que a magnetita presente nos nódulos ricos em hematita se formou na superfície do solo pela influência dos regimes sazonais de queima da cobertura vegetal no domínio do Cerrado (ambiente anóxico e quente em torno dos nódulos).

No caso dos abrigos, a permanente presença de fogueiras, provenientes da ocupação antrópica dos abrigos calcários (PROUS, 2003), pode ter proporcionado um ambiente de elevadas temperaturas locais, com consumo do oxigênio pela combustão, amplamente favoráveis à gênese da magnetita. Os valores percentuais de material magnético por grama de solo (Quadro 9) obtidos para a Lapa Grande corroboram com a hipótese. Observa-se que quase todas as camadas não apresentam atração magnética, exceto as camadas 2 e 4, que como discutido anteriormente, são as duas que apresentam evidências mais fortes de influência antrópica em sua gênese, a porcentagem de material com atração magnética é alta. Para reforçar o modelo acima, ressalta-se que os valores de COT (Quadro 2) destas duas camadas (2 e 4) que, provém em grande parte de materiais semi carbonizados, são bem mais elevados do que os encontrados para as outras camadas. A camada 8 da Lapa do Boquete, que é praticamente produto de alteração da brecha ferruginosa que compõe o piso do abrigo (MOURA, 1997), não apresentou nenhuma atração magnética. Este fato permite inferir que os minerais com atração magnética não provém do material de origem.

O solo da Lapa do Malhador apresenta material com atração magnética em todas as camadas analisadas, e como observado para o solo da Lapa Grande, existe uma relação entre os maiores valores desta característica com os maiores valores de COT (Quadro 2), como observado para as camadas 2A, 2B, 5 e 7.

O solo da Lapa Pintada apresenta os maiores valores percentuais de material magnético dentre todas as lapas, e os valores de COT (Quadro 2) que apesar de não seguirem fielmente o mesmo padrão de grandeza, conforme comentado anteriormente para as Lapas Grande e do Malhador, estão entre os mais elevados. Os elevados percentuais de material magnético presentes no solo desta lapa, permitem dizer que mesmo que exista alguma contribuição do

material de origem na presença dos minerais magnéticos, provavelmente houve uma contribuição muito maior através da pirogênese, pois não se encontra traços de material magnético e sim valores que alcançam cerca de 60% do solo (Quadro 9). Outra característica interessante que deve ser enfatizada na discussão é o fato de que esta lapa não apresenta tanta mistura de sedimentos como observada para as demais lapas, e pelo material ser mais homogêneo, descarta-se a idéia de procedência alóctone dos minerais magnéticos, conforme sugerido para a Lapa do Boquete.

Os difratogramas abaixo apresentados (Figuras de 26 a 31) foram confeccionados para que os picos referentes à presença de magnetita e maghemita (óxidos com atração magnética) fossem melhores visualizados. A Figura 26, referente a fração argila da camada 2B da Lapa do Malhador, evidencia dentre outros, os picos (0,148 e 0,251 nm) que são referentes a presença da maghemita. O pico (0,209 nm) nesta fração pode ser atribuído tanto à maghemita, como à magnetita em frações mais grosseiras (silte e areia), conforme observado nas Figuras 27 e 28. Além deste pico, observou-se na fração areia o pico 0,253 nm que é um dos mais intensos da magnetita (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). Há, assim, a presença de óxidos que apresentam atração magnética, tanto maghemita quanto magnetita na camada 2B da Lapa do Malhador, que apresentou maior proporção de material magnético (51%) na fração areia (Quadro 9). Tal assembléia mineral só pode ter sido gerada através de pirogênese *in situ*, através do fogo, como processo recorrente.

A Figura 29 demonstra a presença dos picos (0,160 – 0,285 – 0,250 nm), referentes a maghemita, na fração argila da camada 2 da Lapa Pintada, sendo que o pico 0,250 nm é um dos de mais intensos para este mineral SCHWERTMANN & TAYLOR, (1989). Quando se analisa o difratograma da fração silte desta mesma camada (Figura 29), observa-se também a presença da maghemita, pela ocorrência dos picos 0,160 e 0,250 nm, e também do pico 0,148 nm que aparece neste difratograma. Além destes, ocorre o pico 0,209 nm que pode estar vinculado tanto à magnetita como a maghemita. Neste caso, apesar da provável maior presença da magnetita nesta camada, acredita-se que uma parte do material magnético presente seja constituída pelo mineral maghemita. Essa hipótese é baseada primeiramente em observações realizadas durante o manuseio do material, onde observou-se

que na fração areia magnética, separada fisicamente pelo imã, existiam grãos oxídicos de cor avermelhada que se desfaziam quando comprimidos entre os dedos, sugerindo a presença da maghemita. Outro fator que corrobora é a presença do pico 0,160 nm no difratograma de raio-X da fração areia da camada 2 desta Lapa (Figura 31). No entanto, como já sugerido acima, a magnetita está bastante presente na fração areia desta camada, conforme observado pela presença do pico 0,253 nm.

Com a confirmação da presença de minerais magnéticos nas Lapas, através dos DRX, permite-se aqui inferir sobre a influência da atividade antrópica pré-histórica na gênese deste minerais, conforme já explicitado anteriormente. Sugere-se que a magnetização deve constituir uma excelente ferramenta de aferição da intensidade e do tipo de ocupação antrópica pretérita em sítios sob abrigos calcários. Trata-se de uma técnica simples de ser aplicada no campo, e conforme os resultados apresentados neste trabalho, demonstra-se consideravelmente eficiente para elucidar aspectos arqueológicos correlatos.

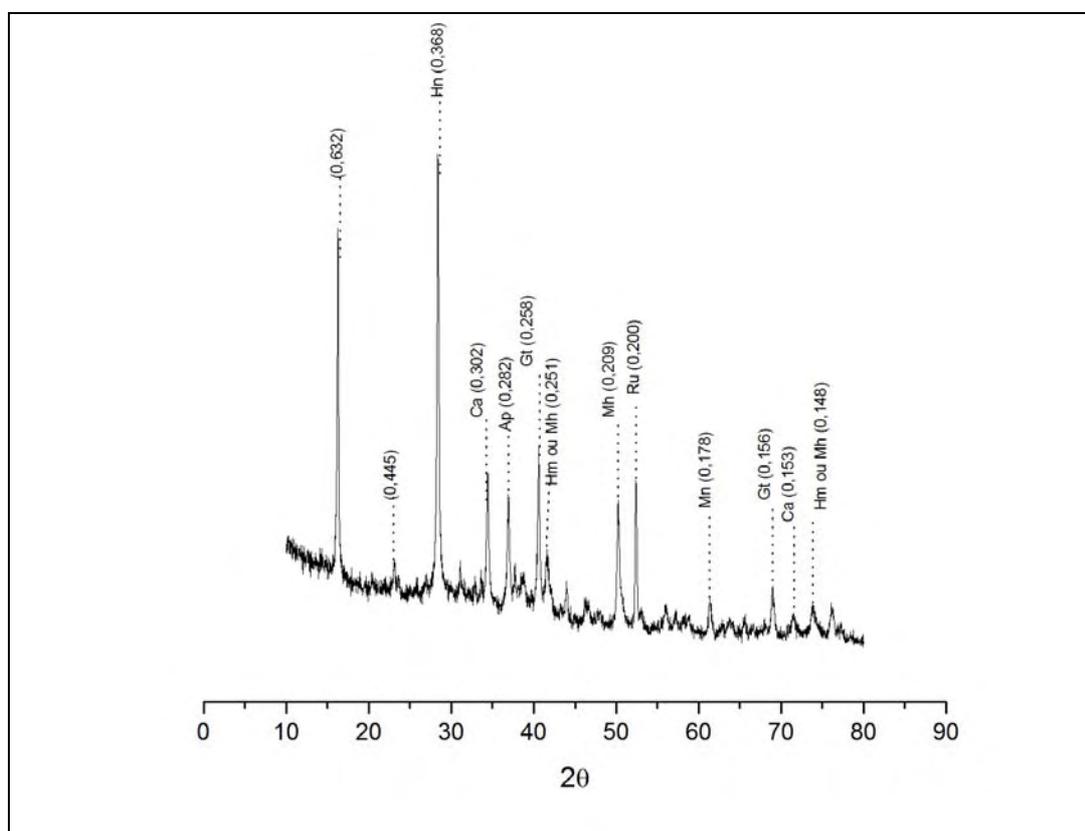


Figura 26. DRX da fração argila da camada 2B da Lapa do Malhador, após tratamento com solução de NaOH (5 mol L<sup>-1</sup>). Hm: hematita; Mh: maghemita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ru: rutilo. Ap: apatita.

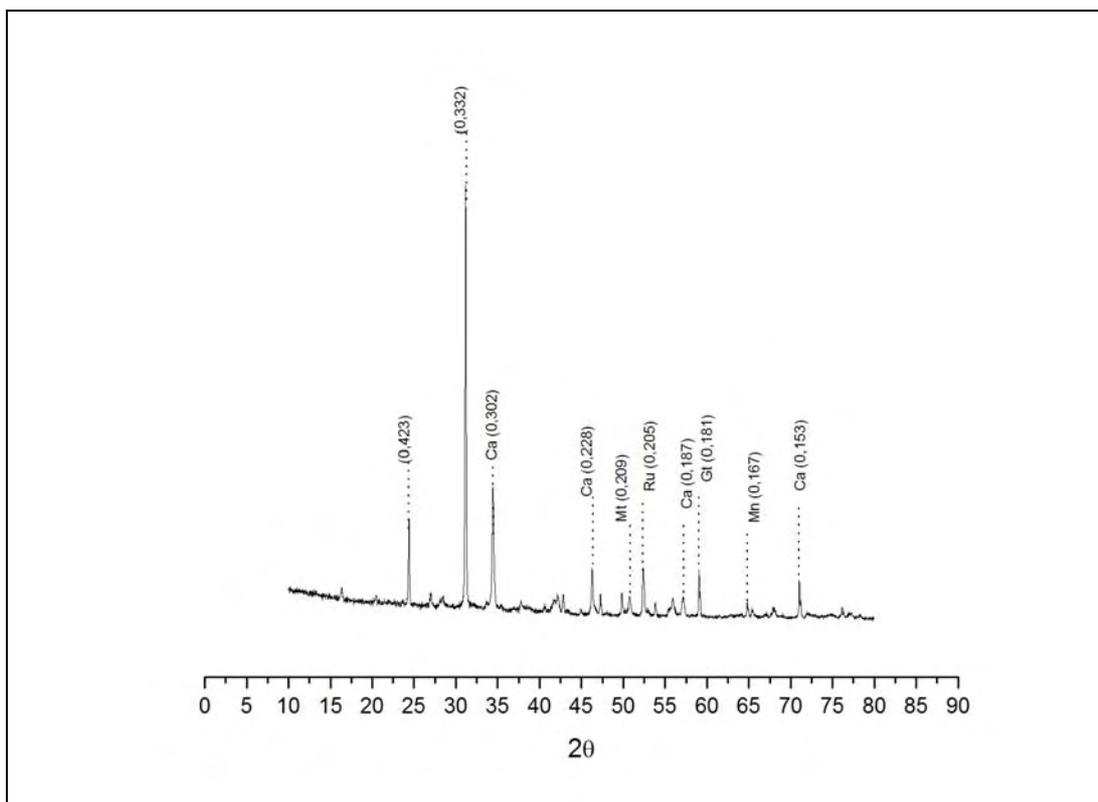


Figura 27. DRX da fração silte da camada 2B da Lapa do Malhador, após tratamento com solução de NaOH ( $5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Hm: hematita; Mt: magnetita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ru: rutilo.

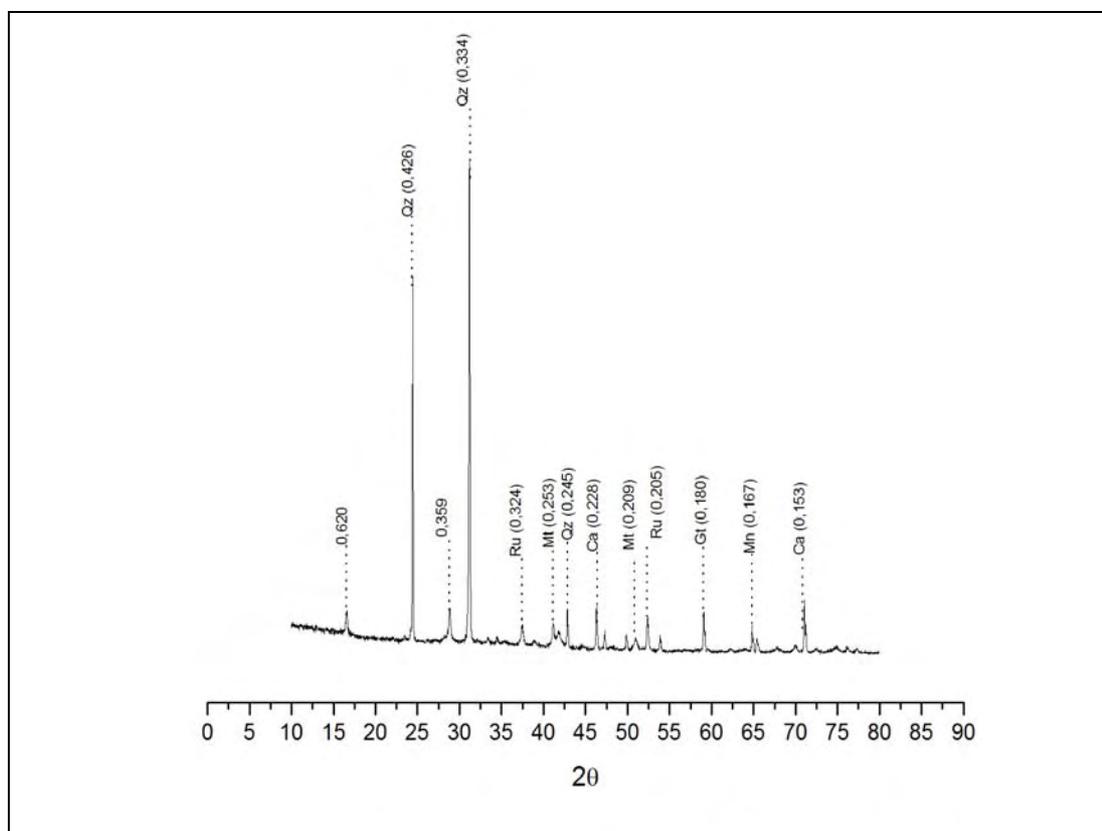


Figura 28. DRX da fração areia da camada 2B da Lapa do Malhador, após tratamento com solução de NaOH ( $5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Mt: magnetita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ru: rutilo.

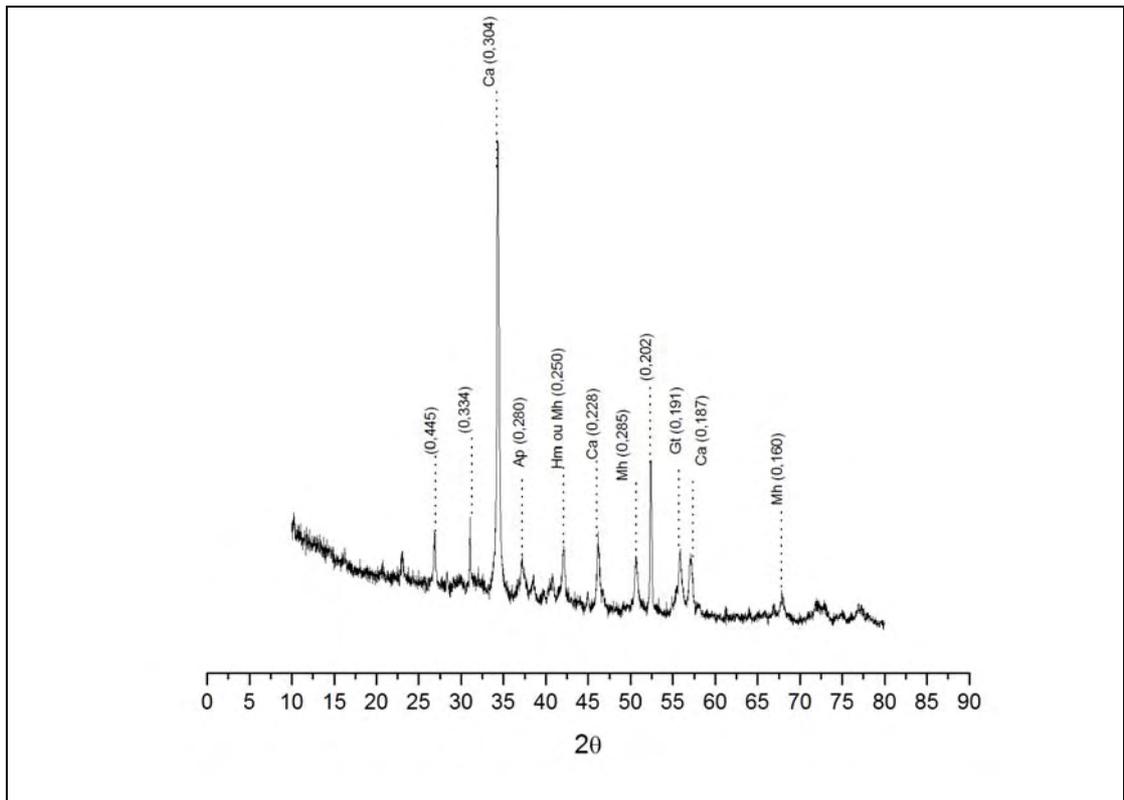


Figura 29. DRX da fração argila da camada 2 da Lapa Pintada, após tratamento com solução de NaOH ( $5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Mh: maghemita; Hm: hematita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ap: apatita.

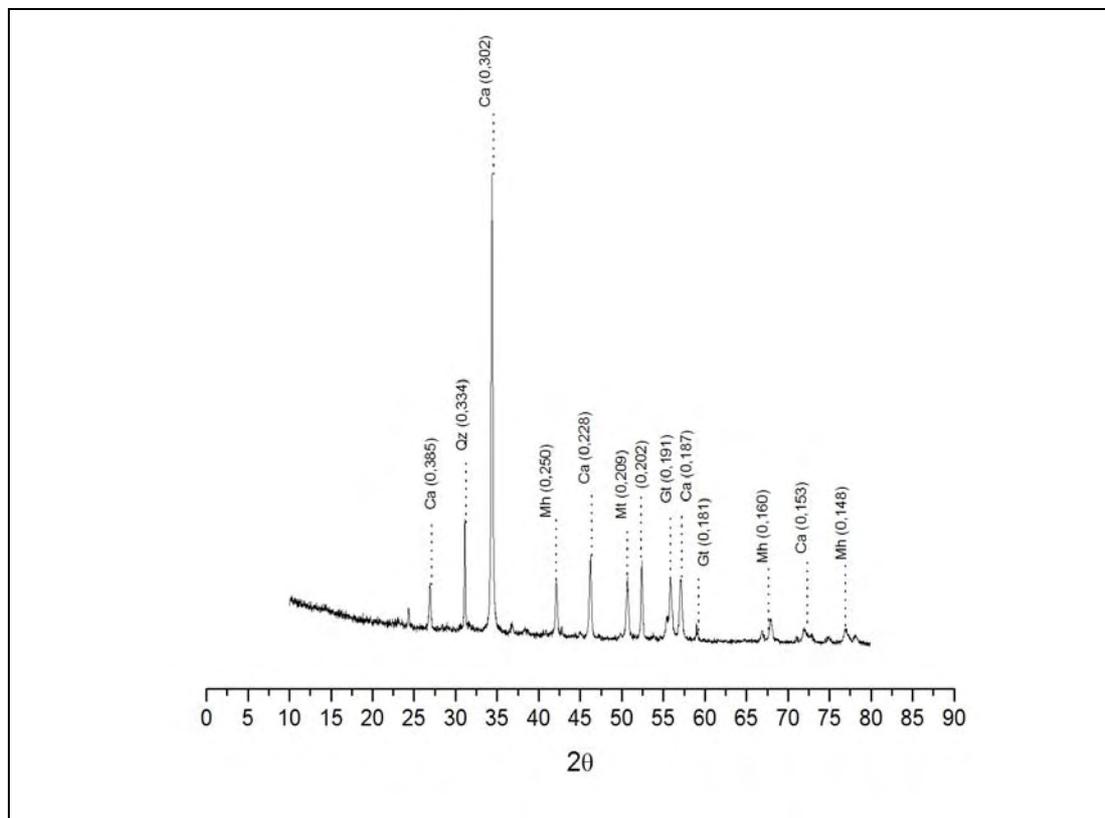


Figura 30. DRX da fração silte da camada 2 da Lapa Pintada, após tratamento com solução de NaOH ( $5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Mh: mahemita; Mt: magnetita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ap: apatita.

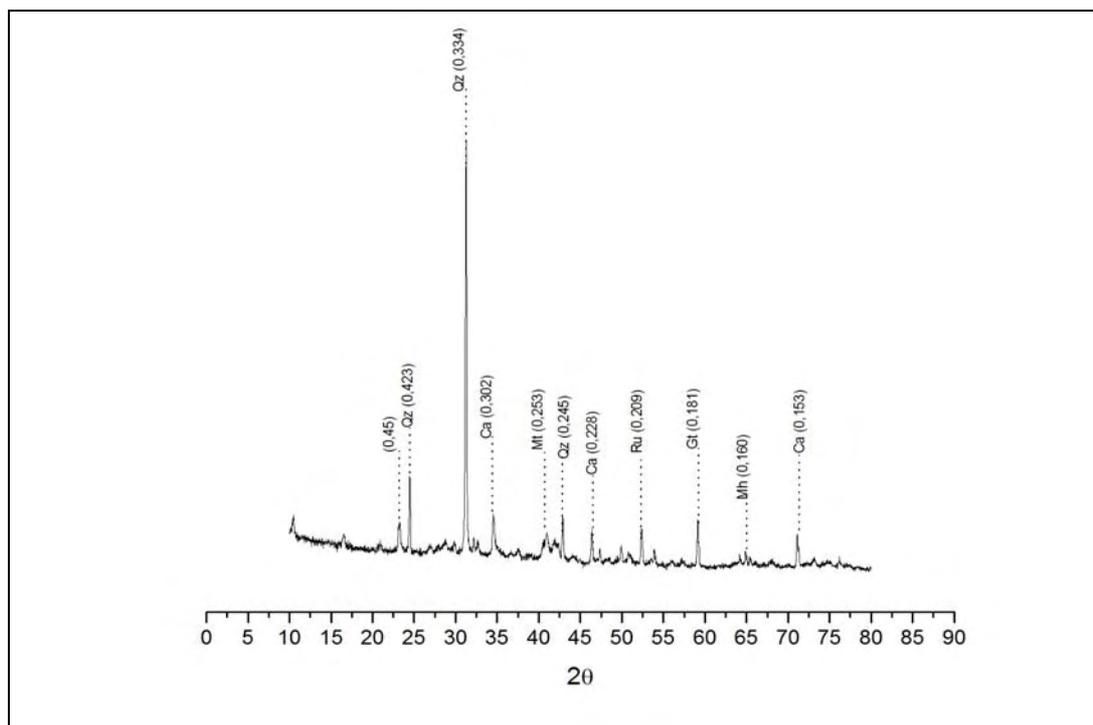


Figura 31. DRX da fração areia da camada 2 da Lapa Pintada, após tratamento com solução de NaOH ( $5 \text{ mol L}^{-1}$ ). Mh: maghemita; Hm: hematita; Ca: calcita; Gt: goethita; Mn: manganita; Ap: apatita.

#### 4.8. Micromorfologia e Características Microquímicas

As análises micromorfológicas permitiram observar um fragmento de concha calcária, (Figura 32 - Camada 2B da Lapa do Boquete), proveniente ou de bivalvas de água doce (*Diplodon Rhombeum* Spix), ou de gastrópodes do gênero *Megalobulimus*. Estes materiais eram utilizados pelos artesãos pré-históricos para a confecção de diversos artefatos, são mais comuns nas camadas que correspondem aos níveis de até 8.000 anos A.P. (PROUS, 2003 e PROUS, 2009) Estando mais concentradas nesta camada (2B) e nas camadas 2A e 5 do mesmo. Esse fragmento se assemelha bastante a um fragmento ósseo, porém a partir do mapa químico (Figura 32) observa-se que apenas o elemento cálcio se mostrou presente, e posteriormente com a análise da composição deste fragmento (Quadro 10) verifica-se a ausência do elemento P nos pontos 1 e 2, localizados no centro do fragmento. O ponto 3 do (Quadro 10) está localizado na borda do fragmento de concha e apresenta valores de Ca nulos, esse fato remete ao estado de conservação do fragmento, que em contato com a solução do solo saturada com Ca, permanece em

equilíbrio químico com a mesma mantendo o Ca estrutural praticamente intacto.

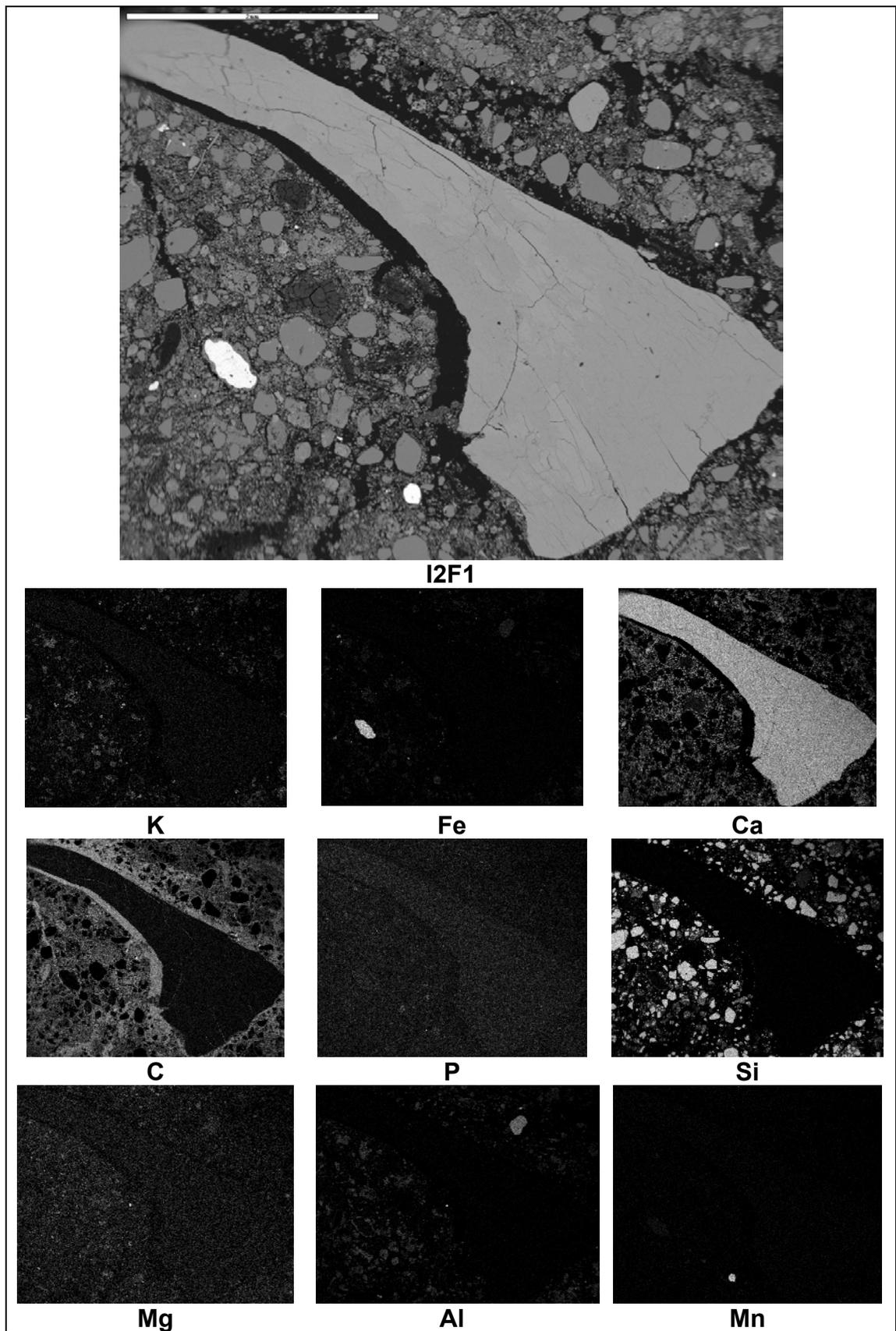


Figura 32. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e respectivos mapas microquímicos de EDS de um fragmento de concha presente na camada 2B da Lapa do Boquete.

Conforme evidenciado nos mapas microquímicos da (Figura 32), nota-se que o esqueleto desta camada é constituído basicamente de minerais silicatados, principalmente quartzo e em menores proporções feldspatos potássicos (sobreposição dos mapas de K e Al). Os grãos de quartzo mostram-se pouco arestados o que remete a algum processo de retrabalhamento. Esse quartzo retrabalhado parece ser de origem alóctone proveniente de materiais aportados pelas civilizações pré-históricas, já que o material de origem (rochas calcárias) destes solos só possui este mineral na forma de impurezas. RODET (2009) que realizou estudos sobre a indústria lítica na bacia do rio Peruaçu, destaca a presença de várias rochas (sílex e silexitas, granitos e granodioritos, arenitos) que contém quartzo, além deste mesmo mineral em formas diferentes (hialino, fumê e transparente), que estão presentes a montante e jusante do fluviocarste. Esta mesma autora considera que as fases iniciais de lascamento destes materiais foram realizadas nos sítios a céu aberto, próximo às jazidas, enquanto nos sítios de abrigos, dominam os vestígios das fases finais da produção de instrumentos. Além do aporte antrópico, cabe ressaltar a sedimentação por mecanismos naturais que ocorreu intensamente (MOURA, 1997), de material arenítico da Formação Urucuia, que é constituída de sedimentos arenosos depositados de forma flúvio-eólica.

O Al, o Si e o K apresentam mapas microquímicos com sobreposição, o que denuncia a presença de aluminossilicatos como K-Feldspatos, além de outras formas menos cristalinas, já que a pH's são elevados como os encontrados neste estudo o Al permanece com atividade próxima de zero, o Si por outro lado apresenta elevada atividade mantendo assim a solução saturada, e conseqüentemente favorecendo o equilíbrio químico no sentido da manutenção e na formação de estruturas cristalinas.

Diferentemente de outras lâminas analisadas, nos mapas químicos da Figura 33 o Fe aparece concentrado de maneira pontual. Com base no Quadro 11 que tem a composição química de alguns destes pontos, onde o Fe aparece concentrado, percebe-se presença de uma concreção ferruginosa com mais de 88% de  $Fe_2O_3$  (ponto 4), que pode ter sido formada através dos diversos ciclos de umedecimento e secagem aos quais este material foi submetido. Porém este ferro concentrado pode representar também um fragmento de um nódulo ferruginoso, encontrado em abundância nas cangas lateríticas que se formaram no contato entre os arenitos da Formação Urucuia e as rochas

pelíticas do Grupo Bambuí. Estes eram amplamente utilizados, brutos ou processados, pelos povos pré-colombianos como pigmentos (PROUS, 2003).

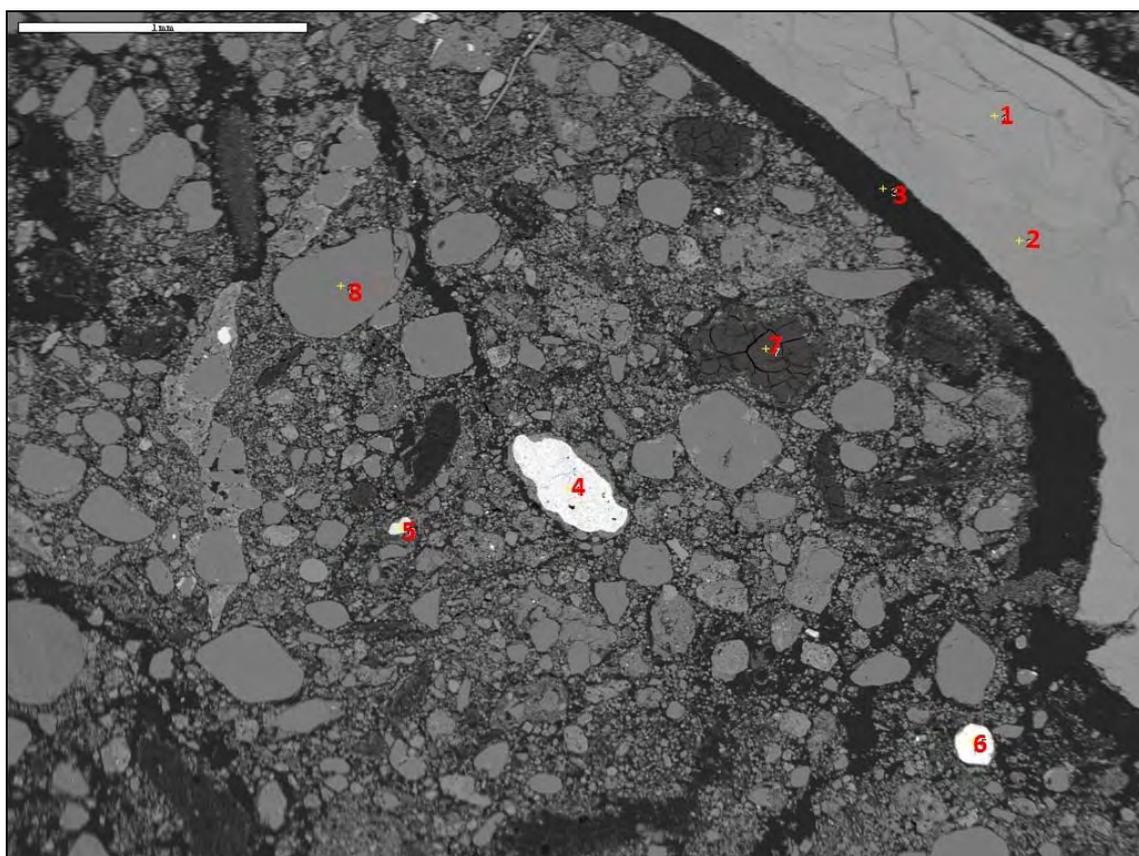


Figura 33. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análises da composição química por meio de EDS evidenciando componentes encontrados na camada 2B da Lapa do Boquete.

Quadro 10. Composição química de fragmento de concha, minerais silicatados e ferruginosos presentes na camada 2B da Lapa do Boquete

Análises localizadas	Óxidos (%)								BaO	TiO <sub>2</sub>	PbO
	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO			
1	-	-	56.61	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	56.81	-	-	-	0.80	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0.90	88,43	0.55	-	4.58	0.52	3.11	1.42	-	-	-
5	1.17	6.76	1.94	0.77	0.98	2.55	2.32	64.81	12.26	-	6.45
6	-	44.20	-	-	0.47	-	0.49	0.78	-	54.05	-
7	0.88	-	4.74	-	0.14	1.72	-	-	-	-	-
8	-	13.99	-	-	29.85	1.79	53.89	-	-	0.48	-

No Quadro 11 percebe-se a presença do ferro no ponto 6, que revela a presença do mineral Ilmenita, composto de Ti e Fe, este parece ter sido herdado do material de origem já que é extremamente resistente ao intemperismo. De maneira concentrada ocorre também o Mn, que está presente na forma do mineral Manganita, que também contém Pb e Ba em sua composição, conforme analisado no ponto 5 do Quadro 11. A presença deste mineral também foi identificada nos DRX já discutidos nas características mineralógicas do solo. PROUS (2003) também encontrou em suas escavações no vale Peruaçu a presença de nódulos de Mn, que também eram utilizados como pigmentos minerais.

Os elementos P, Mg, Ca e C se mostram distribuídos de maneira dispersa no plasma da camada, sendo que o Ca e o C, aparecem com mais intensidade. Este fato evidencia a natureza calcária do material, além do aporte de fragmentos ricos neste elemento, como blocos calcários que eram utilizados como suportes e o mineral calcita que era utilizado como matéria prima na confecção de artefatos (PROUS, 2009), saturando assim a solução e o complexo de trocas. A grande quantidade de carbono presente em formas estáveis é proveniente de materiais carbonizados, como os fragmentos de carvões abaixo (Figuras 34 e 35) que se mantém no solo em moléculas bem estáveis caracterizando huminas herdadas, que compõem grande parte desta fração (Fração Humina) da matéria orgânica do solo, conforme já discutido anteriormente nas análises de Carbono Orgânico Total e Fracionamento das Substâncias Húmicas.

O Quadro 11 expressa a composição química de um fragmento ósseo, de forma bastante peculiar (Figuras 36 e 37), presente na camada 2B da Lapa do Boquete. Os pontos 1, 2 e 3 localizados no interior do fragmento revelam uma composição homogênea dos elementos Ca e P com uma média de 54,60% para o primeiro e 43,00% para o segundo. O ponto 5 por sua vez está localizado mais na borda do fragmento e possui uma pequena quantidade de Al (0,34%) em sua composição, no entanto apresenta os mesmos valores dos elementos Ca e P, valores estes que atestam o estado de conservação no qual se encontra este osso que se encontra neste local a milhares de anos. Esse estado de conservação é perceptível até visualmente, pois ao se analisar as Figuras 33 e 34 percebe-se nitidamente como o contorno do fragmento está intacto, salvo a ponta direita quebrada por dano mecânico. Corrobora com essa

observação do estado de conservação o ponto 4, na Figura 37, que apresenta uma composição exclusivamente de carbono (99,92%).

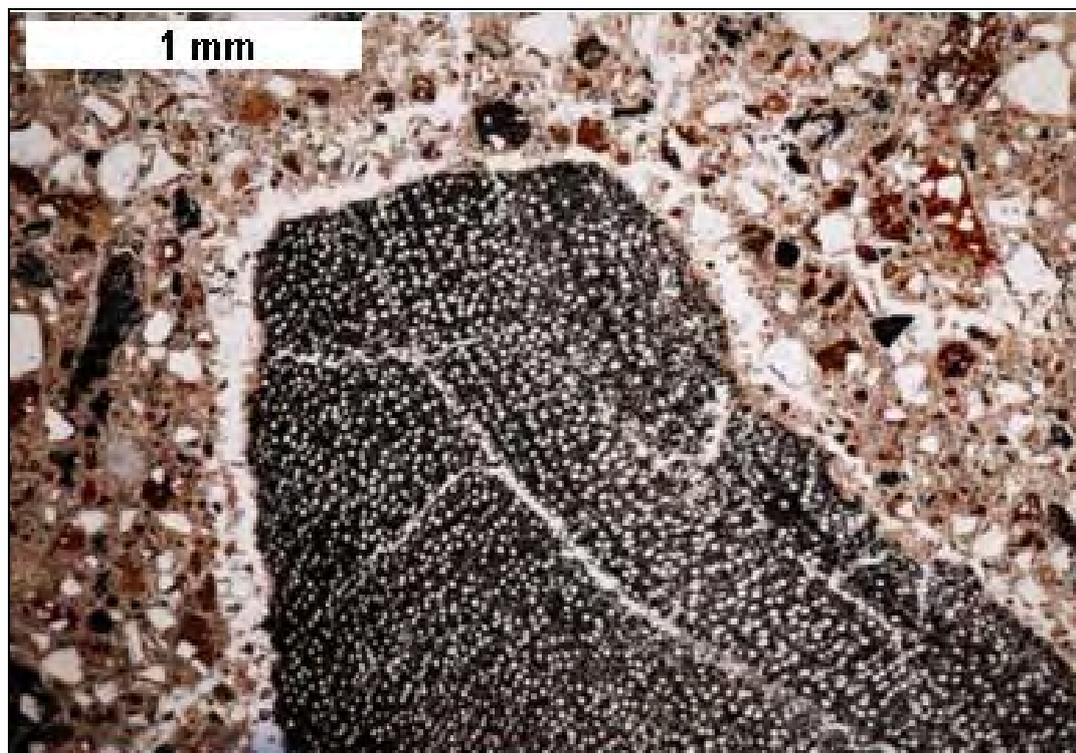


Figura 34. Partícula de carvão poroso na camada 2B da Lapa do Boquete.

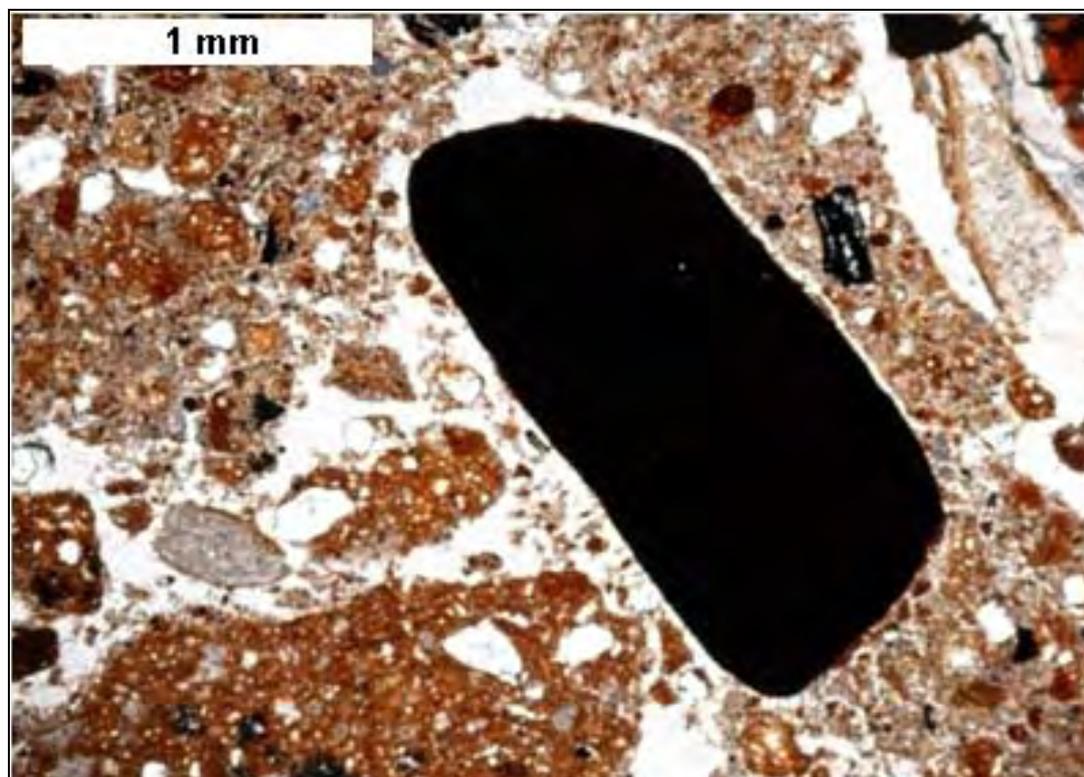


Figura 35. Partícula de carvão denso na camada 2B da Lapa do Boquete.



Figura 36: Fotografia em microscópio óptico do mesmo fragmento de osso apresentado na Figura 37 (Camada 2B da Lapa do Boquete).

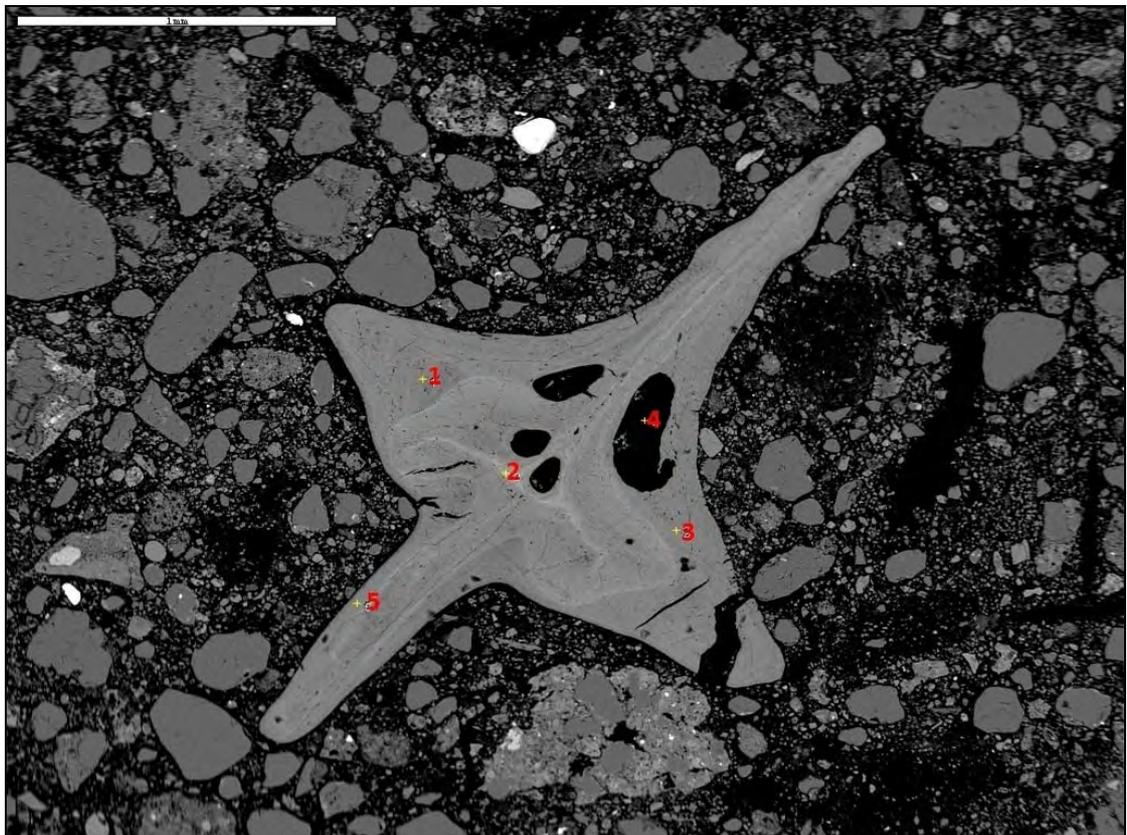


Figura 37. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análises da composição química por meio de EDS de um fragmento ósseo de forma peculiar presente na camada 2B da Lapa do Boquete.

Quadro 11. Composição química de fragmento ósseo presente na camada 2B da Lapa do Boquete

Análises Localizadas	Óxidos (%)						NaO	C
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	NiO		
1	43.19	54.55	0.72	-	1.22	-	-	-
2	42.80	54.30	0.61	-	1.27	-	0.68	-
3	42.80	54.97	0.33	-	1.11	0.43	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	99.92
5	43.29	54.66	-	0.31	1.24	-	-	-

A Figura 38 mostra uma concreção, presente na camada 5 da Lapa do Boquete, de composição bastante variada. Conforme demonstram os mapas químicos o núcleo interno da material é composto por Fe, que curiosamente não se mostra com forma arredondada e observando-se outros padrões de concreções não parece ser o início de uma concreção ferruginosa típica, como as que são encontradas em ambientes ricos em Fe descritas por RIBEIRO (2009). Associado a isto, ainda na parte mais interna dessa forma apresentada na Figura 37, envolvendo o Fe tem-se uma grande quantidade de Si, que além de concentrado no centro da esfera, localiza-se também nos círculos mais externos da mesma e nos grãos de minerais silicatados que compõem o esqueleto do solo na porção analisada.

O Al encontra-se envolvendo o Si do centro, onde não há sobreposição do mapa químico, e se mantém presente em grande quantidade (média de 25%), em todo o restante do diâmetro da estrutura esferoidal. Sobrepondo o mapa químico do Al encontram-se o K, e principalmente o Pb e o Mn concentrados em regiões bem definidas conforme ilustram os mapas. O K e o Mg encontram-se presentes de maneira mais dispersa, e o Ce aparece concentrado no canto direito superior da estrutura próximo a região preenchida mais intensamente pelo mapa microquímico do elemento Pb. O Ca não aparece no interior da estrutura, por outro lado domina o plasma do solo que envolve a mesma.

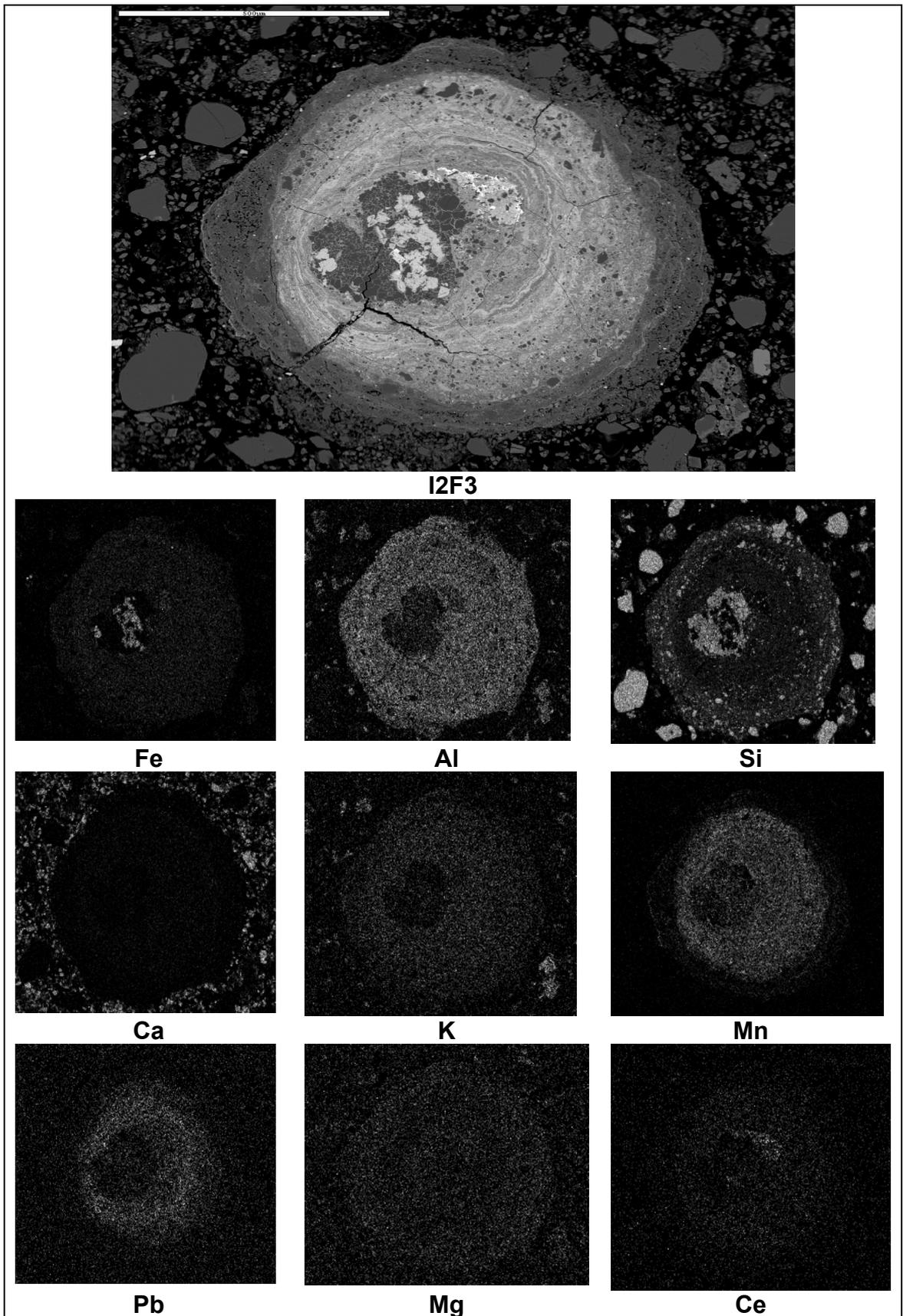


Figura 38. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e respectivos mapas microquímicos de EDS de uma formação de composição química variada (Camada 5 da Lapa do Boquete).

Analisando-se as composições químicas dessa estrutura pode-se ter uma idéia da concentração destes elementos de forma quantitativa. O Quadro 12 evidencia a concentração relativa dos elementos em posições distintas, onde elementos de densidades muito diferentes se encontram próximos sugerindo uma notável peculiaridade na formação desta estrutura. No centro da estrutura encontram-se valores de Fe próximos de 90% (Ponto 1), já no ponto 2 encontra-se concentrado o elemento Ce, participando com cerca de 71% da composição, este apresenta densidade próxima a do Fe, porém entre as áreas de concentração destes dois elementos existe uma massa de densidade menor composta por Si basicamente. Localizado próximo a área de concentração de Ce está a área de concentração de Mn com cerca de 50% deste elemento. A concentração do Mn vai decrescendo nas partes mais externas da estrutura, e apresentando comportamento contrário a isto encontra-se o Al que tem sua composição aumentando de dentro para fora chegando ao seu valor máximo (cerca da 30%) na região do ponto 6, localizado bem na borda da estrutura. Já o ponto 7 é marcado pela elevada quantidade de Si (59%), fato este relacionado com a elevada atividade do Si a pH's elevados como o deste material, portanto o ponto 7 já não caracteriza bem o conteúdo da estrutura mas sim uma região de alteração química a qual esta estrutura parece estar submetida. Ao se avaliar o mapa microquímico do Si parece que este elemento está envolvendo a estrutura estudada, onde as partículas provenientes da precipitação de sílica amorfa juntamente com estruturas cristalinas vão revestindo esta estrutura de composição química heterogênea.

A estrutura apresentada nas Figuras 37 e 38 parece ter sido originada do revestimento de um núcleo ferruginoso, porém com formato não nodular, por um material rico em sílica, que posteriormente foi recoberto por elementos de elevada densidade como o Mn e o Pb, misturados a elementos de menor densidade principalmente o Al, e que mais “recentemente” parece estar sendo recoberta de sílica novamente, sugerindo a dinâmica instável a qual está submetido este material. Esta diferença de deposição de elementos que se comportam de maneira tão distinta no ambiente está relacionada com condições físico-químicas bem distintas ao longo do período de formação deste material. Portanto nota-se que o caráter policíclico observado macroscopicamente nos solos estudados, se repete em escala microscópica. Permanecem as indagações sobre qual a relevância, e o quanto as atividades

antrópicas influenciaram nas características físico-químicas presentes nos diferentes ciclos pedogenéticos aos quais os materiais minerais e orgânicos presentes neste estudo foram submetidos. Associadas as variações climáticas que foram contínuas desde o final do Pleistoceno e durante os períodos subseqüentes.

Quadro 12. Composição química da estrutura esferoidal encontrada na camada 5 da Lapa do Boquete

Análises localizadas	Óxidos (%)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	2,58	0,87	0,35	2,04	4,34	89,83
2	2,00	2,68	-	4,71	11,93	2,88
3	7,16	2,95	-	15,24	48,73	7,67
4	27,42	1,61	-	27,56	21,50	10,43
5	24,44	1,71	0,42	23,98	22,60	15,64
6	38,00	1,93	0,58	29,06	11,34	13,15
7	59,07	1,14	0,71	17,16	7,88	9,42

Análises localizadas	MgO	Ce <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	BaO	PbO	NaO
1	-	-	-	-	-	-	-
2	1,22	71,13	2,57	0,88	-	-	-
3	0,62	-	0,87	2,64	2,91	11,22	-
4	0,84	-	-	3,72	2,38	3,21	1,32
5	0,75	-	-	3,22	1,28	4,87	1,09
6	2,41	-	-	3,56	-	-	-
7	2,31	-	-	2,09	-	-	-

Na Figura 39, que foi obtida de uma amostra coletada na camada 2A da Lapa do Malhador, também se nota a mesma natureza heterogênea e policíclica observada na Lapa do Boquete. Nesta figura, e em seus respectivos mapas microquímicos, encontram-se elementos de natureza muito distinta lado a lado, compondo um excelente cenário para a observação da influência da ocupação antrópica na pedogênese, associada a fatores pedogenéticos

intrínsecos ao ambiente estudado. Na porção inferior da figura têm-se um fragmento de arenito cujo os grãos de quartzo arredondados, encontram-se cimentados por um cimento ferruginoso. Este arenito pode ser proveniente tanto de um transporte de sedimentos ocorrido por agentes naturais, quanto ser um fragmento de uma rocha maior trazida pelas populações que freqüentaram o vale do Rio Peruaçu, já que estas usavam este material para confecção de artefatos, que embora fossem de qualidade inferior, em relação aos produzidos de sílex e quartzo. Os arenitos provavelmente eram retirados em afloramentos nas encostas das chapadas, e foram particularmente procurados nos períodos iniciais do povoamento, pois os homens do final do Pleistoceno utilizavam-no preferencialmente para fabricar seus robustos instrumentos plano-convexos (PROUS, 2003).

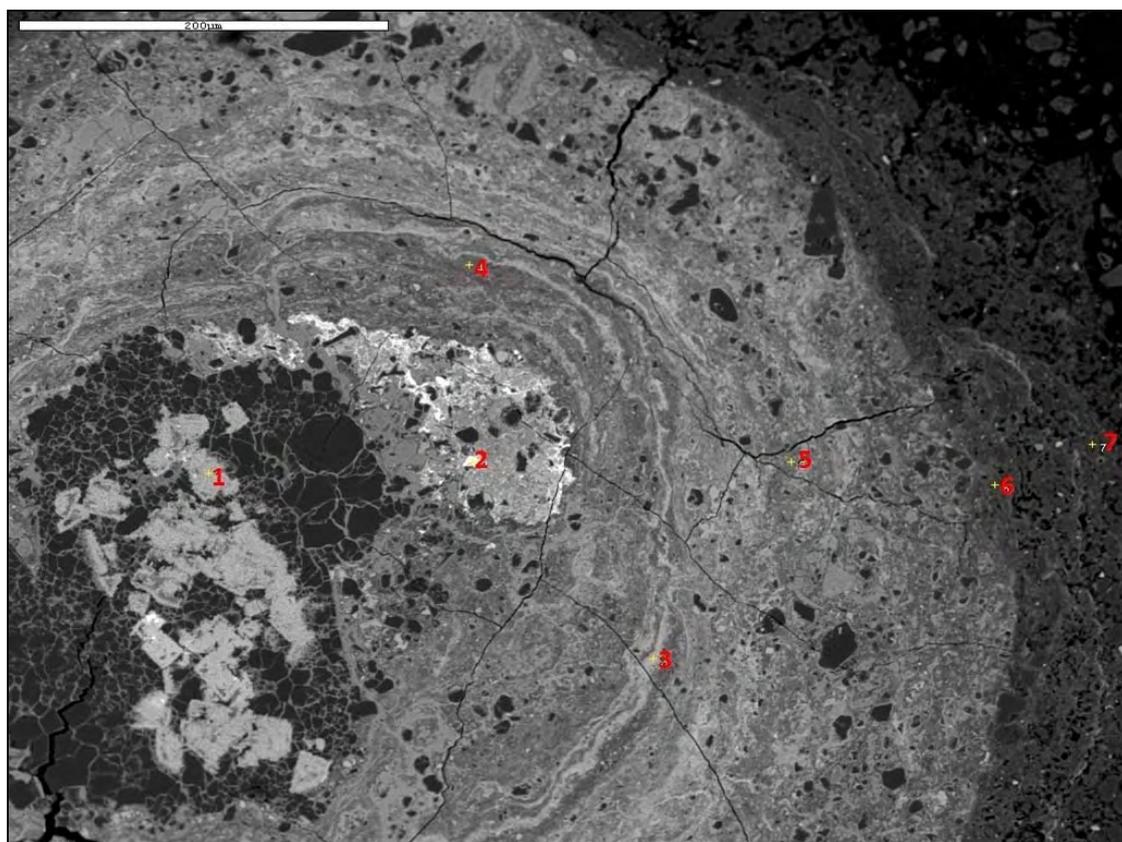


Figura 39. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análises da composição química por meio de EDS mostrando em maior detalhe a estrutura presente na Camada 5 da Lapa do Boquete.

No extremo canto direito da Figura 40 encontra-se um fragmento de carvão que é um vestígio comum em quase todas as camadas estudadas.

Observa-se no mapa referente ao carbono uma maior concentração deste elemento no ponto onde se localiza o pedaço de carvão, no entanto em todo o espaço referente ao plasma do solo, que envolve as partículas maiores, encontra-se grande quantidade de C, correspondente a resina de impregnação. Este elemento, conforme os estudos realizados na matéria orgânica desta camada, se encontra quase na sua totalidade representado pela fração humina que compreende a porção mais recalcitrante dos componentes orgânicos herdados da ocupação antrópica, conforme já discutido.

Compondo a diversidade de materiais diferentes, presentes nestes solos, encontra-se também na Figura 40 um fragmento de carapaça carbonática localizado na porção esquerda da figura e evidenciado pelo mapa microquímico do Ca. Esse fragmento pode ser proveniente de bivalvas de água doce, ou de gastrópodes terrestres como já discutido anteriormente. Vale ressaltar que estes últimos se enterram para hibernar nos abrigos mais profundos, durante a estação seca, aproveitando assim a umidade. PROUS (2009) destaca que próximo às paredes dos abrigos, chegam a formar acumulações com dezenas e até, centenas de exemplares destes indivíduos. Em certos casos, provavelmente durante ciclos com vários anos excepcionalmente secos, morrem nesta situação, formando lentes semelhantes às de sambaquis. Portanto a presença destes nos abrigos não pode ser totalmente atribuída a atividade antrópica pretérita, ainda que os povos pré-históricos foram responsáveis pela dispersão destas conchas calcárias no solo do abrigo, pois é destes animais a maior parte dos artefatos de concha identificadas no abrigo (PROUS, 2009).

A Figura 40, e seus respectivos mapas, permite uma análise valiosa da composição do esqueleto do solo, composto basicamente de grãos de quartzo associados a diversos fragmentos, já citados, aportados pelos antigos habitantes dos abrigos. Envolvendo o esqueleto encontra-se plasma de natureza carbonática, herança do material de origem, associado a aluminossilicatos, evidenciados pela sobreposição dos mapas do Si e do Al, bem como o carbono conforme já descrito anteriormente.

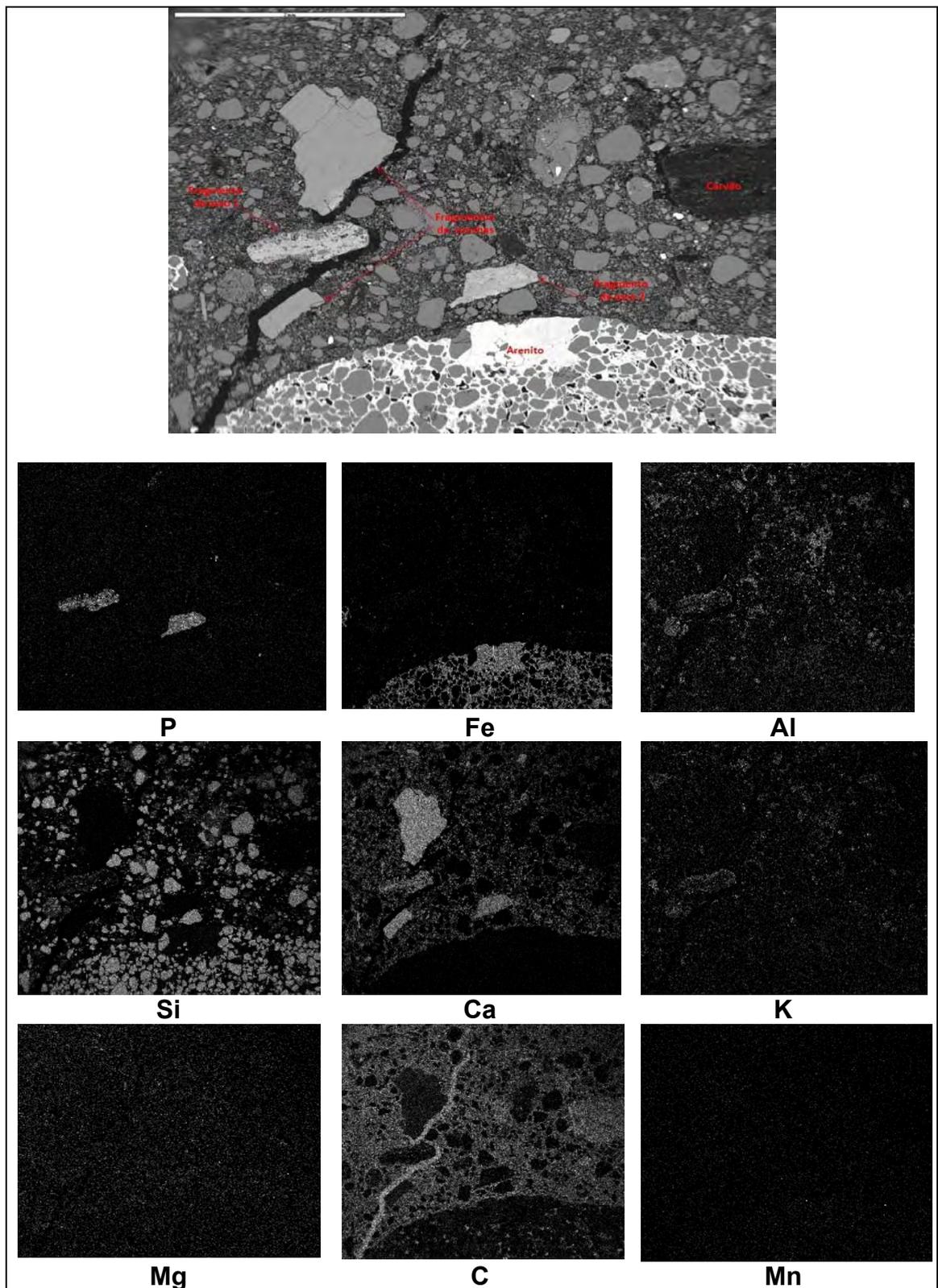


Figura 40. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e respectivos mapas microquímicos de EDS mostrando uma seção da camada 2A da Lapa do Malhador.

Evidenciados pelos mapas microquímicos de Ca e P identificaram-se dois fragmentos de osso que encontram-se em estados de conservação bem diferentes. O primeiro, localizado na região mais central da Figura 40, segue o

padrão da maioria dos demais fragmentos analisados que apresentam um bom estado de conservação, neste caso evidenciado pelos mapas microquímicos dos elementos P e Ca, a ausência de sobreposição dos outros mapas e pelos limites do fragmento que se encontram bem definidos. O segundo fragmento ósseo está localizado no canto esquerdo da Figura 41, e se encontra em avançado processo de degradação, evidente pela forma do osso que apresenta diversas reentrâncias, preenchidas com constituintes ricos em Al, K e Si. Na mesma região encontram-se lado a lado dois pedaços de mesmas características químicas e biológicas, apresentando condições de conservação bem diferentes, fato que comprova que a gênese destes solos não pode ser compreendida a partir de uma visão “*per descendum*” pedológica, aplicada a solos não antropogênicos. Tais ocorrências podem ser atribuídas à intensa atividade de revolvimento a qual este material foi submetido, aqui denominada “antropoturbação”, já que existem evidências de movimentação de terra, destinada a cravar postes e enterrar alimentos, promovida pelos povos que ocuparam a lapa em períodos posteriores (PROUS, 2003). Outro fator que pode ter contribuído para que estes fragmentos se encontrem em estágios de degradação diferenciado é a exposição ao fogo a qual cada um foi submetido.

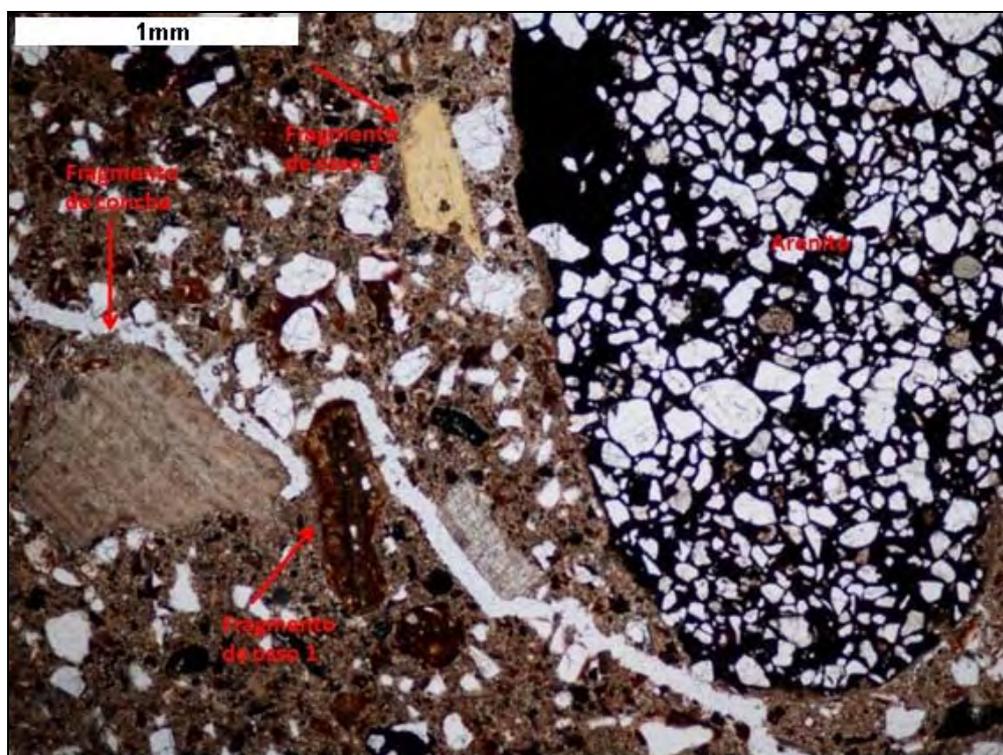


Figura 41. Fotografia em microscópio óptico do mesmo quadro apresentado na Figura 37 (porém em sentido diferente) evidenciando os dois fragmentos ósseos no centro, o arenito no canto direito e o fragmento de concha no canto esquerdo (Camada 2A da Lapa do Malhador).

Visando compreender melhor o processo de degradação do osso identificado na Figura 40, foi realizado na um detalhamento microquímico maior deste fragmento (Figura 42). Os resultados microquímicos evidenciam o estado de alteração do fragmento, com bordas que apresentam elementos como Al que não é constituinte químicos do tecido ósseo. O fragmento possui sua borda externa com quase total dissolução de P e o Ca, pouco a pouco substituídos, por elementos de alta atividade na solução do solo como o K e o Si, e também por Al, que tende a precipitar fosfatos secundários de P-Al, estabilizados pelas condições físicoquímicas do meio, durante as fases mais úmidas. A presença de formas secundárias de fosfatos de Al, foi confirmada no fracionamento de P, na forma do (P-Al), previamente discutido na caracterização química.

Observa-se também a presença de partículas de quartzo, evidenciadas pelo mapa do Si, presentes em cavidades na estrutura do osso. Essas cavidades preenchidas por quartzo atestam que este fragmento de apatita biogênica já passou por longo período sob degradação química mais intensa, provavelmente durante períodos mais úmidos, onde a degradação de estruturas orgânicas por processos químicos e biológicos foi favorecida. E posteriormente pela abrasão e contato físico com outras partículas estas cavidades foram preenchidas por partículas de quartzo que compõem a maior parte do material presente no esqueleto destes solos.

Analisando-se as Figuras 40 e 42, têm-se uma perspectiva do caráter policíclico dos solos, não só no que tange à ocupação dos abrigos pelas civilizações pré-históricas, mas também às mudanças climáticas associadas a todo o período de antropogênese ao qual este material foi submetido.

A Figura 43 ilustra com maior detalhe o osso estudado na Figura 42 (fragmento ósseo 2) e apresenta três pontos onde foram feitas análises pontuais quantitativas deste fragmento, cujos resultados estão expressos no Quadro 13. O ponto 1, localizado no interior do fragmento, representa uma constituição química inalterada, quase que exclusivamente representada pelo Ca e o P com valores respectivos de 55,02% e 41,40%. Este ponto representa uma porção do fragmento ainda não alterada significativamente, comparativamente aos valores encontrados para os outros fragmentos estudados. Por outro lado, os pontos 2 e 3 estão localizados na borda do fragmento, e conforme mencionado, apresentam baixos valores de Ca e P, e elevados teores de outros elementos co-precipitados, sendo os mais

abundantes Si (+- 50%) e Al (30 - 40%), além de aumentos dos teores de K, Na, Fe e Ti. Há forte depleção de P e Ca do interior para a borda do fragmento.

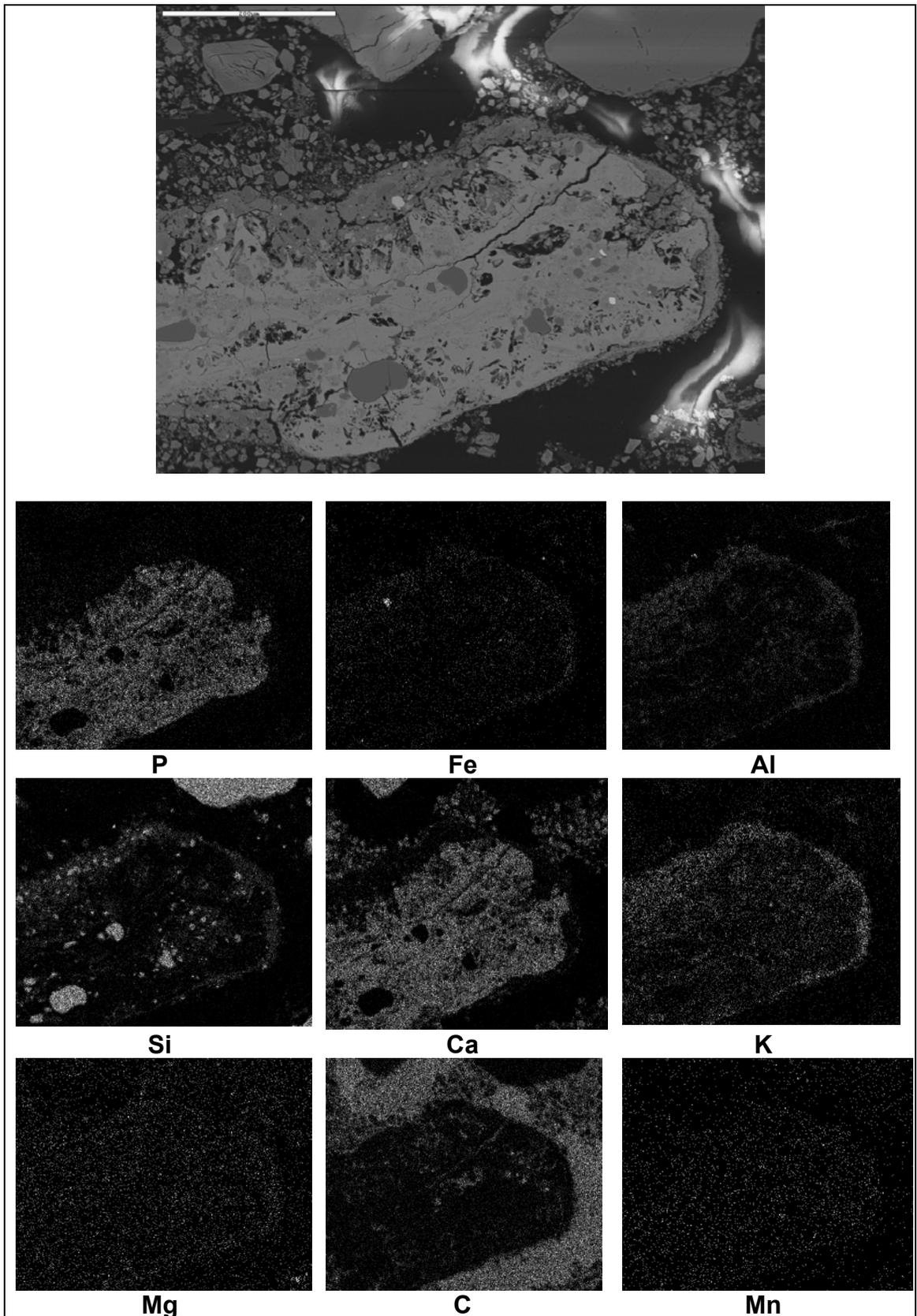


Figura 42. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e respectivos mapas microquímicos de EDS detalhando um fragmento de osso com intrusões de quartzo observado na Figura 41.

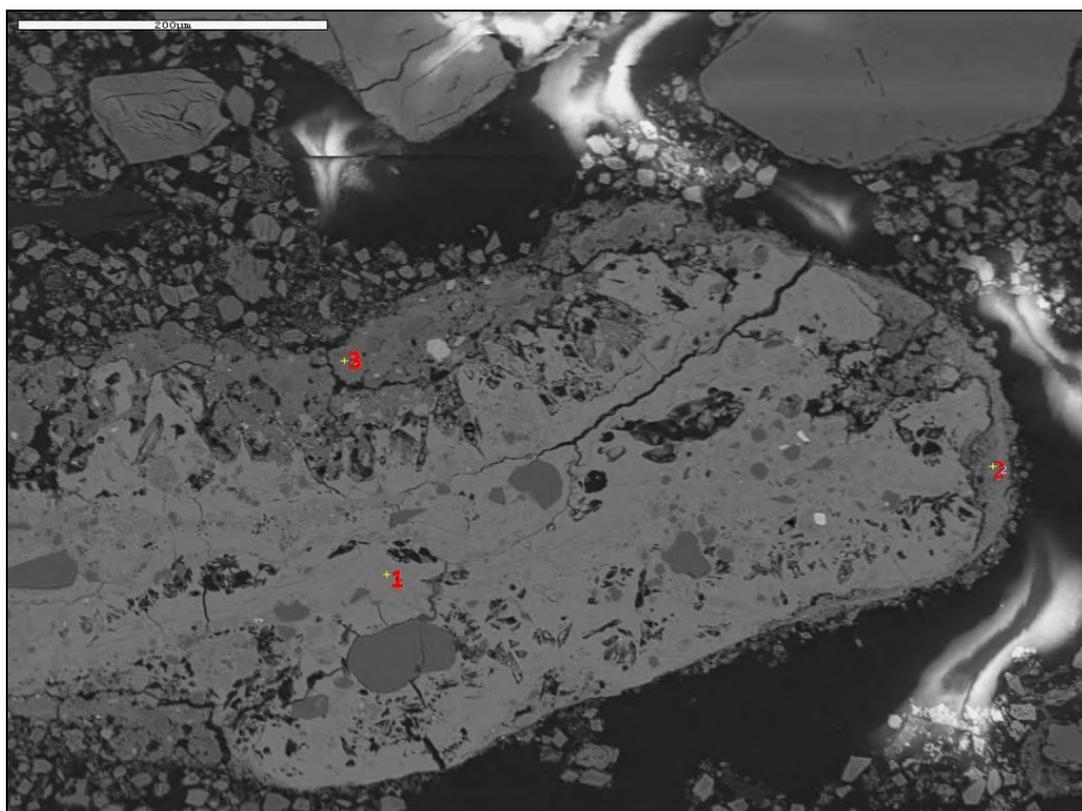


Figura 43. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS no fragmento ósseo 2 da Figura 41.

Quadro 13. Composição química do fragmento ósseo apresentado na Figura 10. Destacando-se a diferença da composição no centro e na borda do fragmento

Análises localizadas	Óxidos (%)									
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	P2O5	K2O	NaO
1	1,27	55,02	-	0,97	0,40	-	-	41,40	0,93	-
2	54,94	1,66	1,04	18,70	1,35	6,41	1,32	2,69	11,17	0,49
3	39,20	4,19	1,14	26,07	-	10,45	1,23	3,75	13,02	0,71

A Figura 44 mostra em detalhe outro fragmento ósseo (número 1) presente na Figura 40, referente a camada 2A da Lapa do Malhador. Este fragmento apesar de estar localizado ao lado do fragmento mostrado na Figura 42, encontra-se em bom estado de conservação, (Quadro 14), como comprova a composição química. Os valores de Ca e P são constantes no centro e na borda do fragmento (representadas pelos pontos 1 e 2). Apenas o ponto 3

localizado em um poro ósseo, não possui valores de Ca e P elevados, mas sim de C (resina impregnadora).

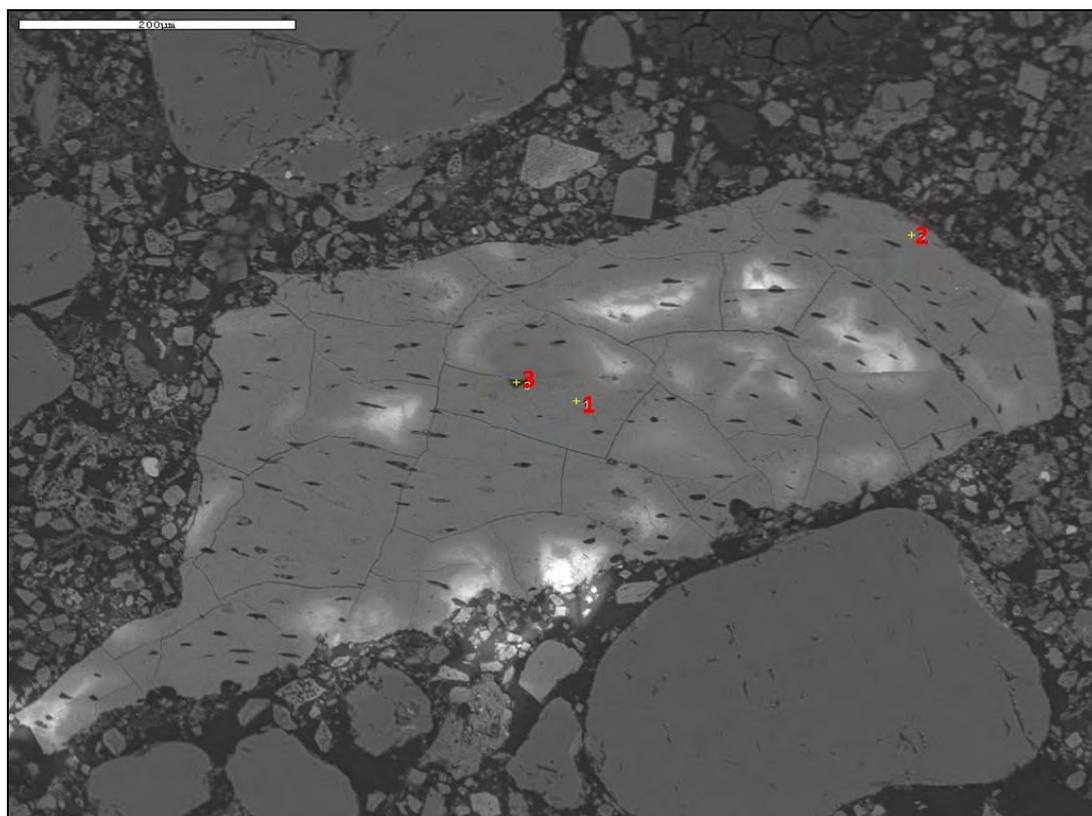


Figura 44. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS no fragmento ósseo 1 mais conservado apresentado na Figura 8.

Quadro 14. Composição química do fragmento ósseo que se apresenta mais conservado na Figura 8. Destaca-se a semelhança da composição química no centro e na borda do fragmento.

Análises localizadas	Óxidos (%)									
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NaO
1	0,35	54,29	-	0,26	0,30	-	-	42,08	0,87	-
2	1,94	51,63	-	0,90	-	-	0,32	39,75	1,17	0,21
3	2,20	4,19	-	0,07	-	0,42	-	0,68	3,02	0,54

A Figura 45 ilustra uma seção da camada 2B da Lapa do Malhador. Nesta figura encontram-se dois fragmentos ósseos diminutos no canto esquerdo da imagem, com comprimento próximos de 1 mm. Os fragmentos encontram-se em bom estado de conservação, como a maioria dos fragmentos

ósseos encontrados nas lâminas estudadas. Dentre outros fatores já comentados anteriormente como baixa umidade, elevado pH e baixa atividade biológica, que facilitam a conservação destes materiais, um dos mais significativos parece ser a existência de um plasma argilo-siltoso que favorece o equilíbrio químico no sentido da conservação das estruturas de apatita biogênica retardando ou impedindo sua dissolução. Pelo mapa do elemento Ca (referente à Figura 45) observa-se uma grande concentração deste elemento em todo o plasma do solo, mas principalmente ao redor dos dois fragmentos, que não apresentam limites claros no mapa de Ca. Da mesma forma, porém com menor intensidade, se encontra o elemento P que como fosfatos secundários aparecem de forma dispersa no plasma do solo, fato este também comprovado por outras análises químicas, apresentadas na caracterização química de rotina, onde os teores de P são extremamente elevados para os padrões de solos tropicais. Portanto o equilíbrio químico do elemento P também favorece a conservação dos ossos presentes. Tal fato permite inferir sobre o aporte polifásico (em vários momentos) de outros materiais orgânicos contendo P, que teriam sofrido dissolução e reprecipitação nos períodos úmidos intercalares. Assim, fosfatos secundários mantêm concentração elevada de P no solo, adsorvida aos colóides, ou em formas orgânicas menos estáveis do que os ossos presentes no solo.

Pela análise da Figura 45 têm-se o Al e o K distribuídos principalmente no plasma, e em menor quantidade no esqueleto. O Al na forma de óxidos e de aluminossilicatos secundários, principalmente caulinita, conforme identificado em análises mineralógicas. Já o K na forma de íon adsorvido no complexo de trocas do solo e na constituição de minerais que contém este elemento, como a illita. O esqueleto do solo é basicamente constituído de grãos de quartzo conforme mostrado pelo mapa de Si, fato observado na maioria das camadas estudadas. O elemento Fe encontra-se localizado em micropartículas concentradas representadas por minerais de Ti (ilmenita) ou Fe (concreções) conforme evidenciado também pelos respectivos pontos 5 e 7 do Quadro 15.

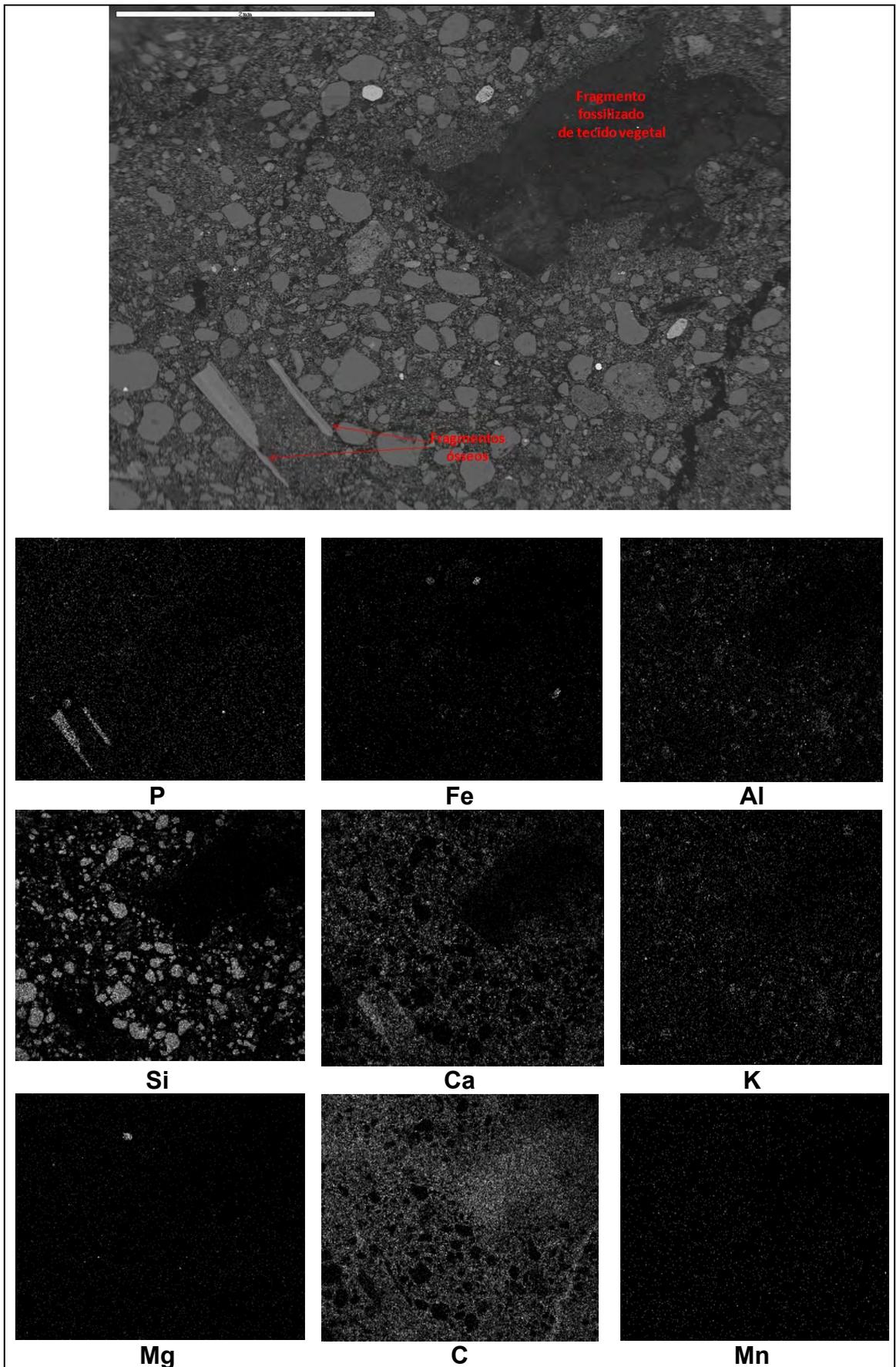


Figura 45. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e respectivos mapas microquímicos de EDS de uma seção da camada 2B da Lapa do Malhador.

A partir da Figura 46 foi confeccionado o Quadro 15 que mostra de maneira quantitativa a composição química de alguns dos componentes presentes nesta imagem. Os pontos 1, 2 e 3 estão localizados sobre os dois fragmentos ósseos, e demonstram novamente um excelente estado de conservação química dos mesmos. Apesar do tamanho muito pequeno (próximo de 1 mm), os valores de CaO e de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> são constantes e condizentes com os valores encontrados para ossos íntegros. Já o ponto 4 localizado sobre o plasma do solo em questão, apresenta valores elevados de SiO<sub>2</sub> (cerca de 44%) e também de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (cerca de 24%) compondo assim mais de 60% desse material, na forma de minerais secundários principalmente caulinita, seguidos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11%) e de K<sub>2</sub>O (8,4%) e CaO (6,07%). O ponto 5 e o ponto 7 representam respectivamente os minerais Ilmenita composto de Fe e Ti, e um grão de zircão impregnado de Fe, possivelmente pela pirogênese. Já o ponto 6 representa uma concentração de óxidos de Fe, proveniente de fontes naturais ou de nódulos aportados pelos grupos residentes, que recolhiam óxidos obtidos de concreções com o intuito de produzir pigmentos naturais utilizados nas pinturas rupestres. Esses micro nódulos oxídicos são encontrados em diversas profundidades referentes a diferentes períodos de ocupação, segundo estudos arqueológicos realizados por (PROUS, 2003).

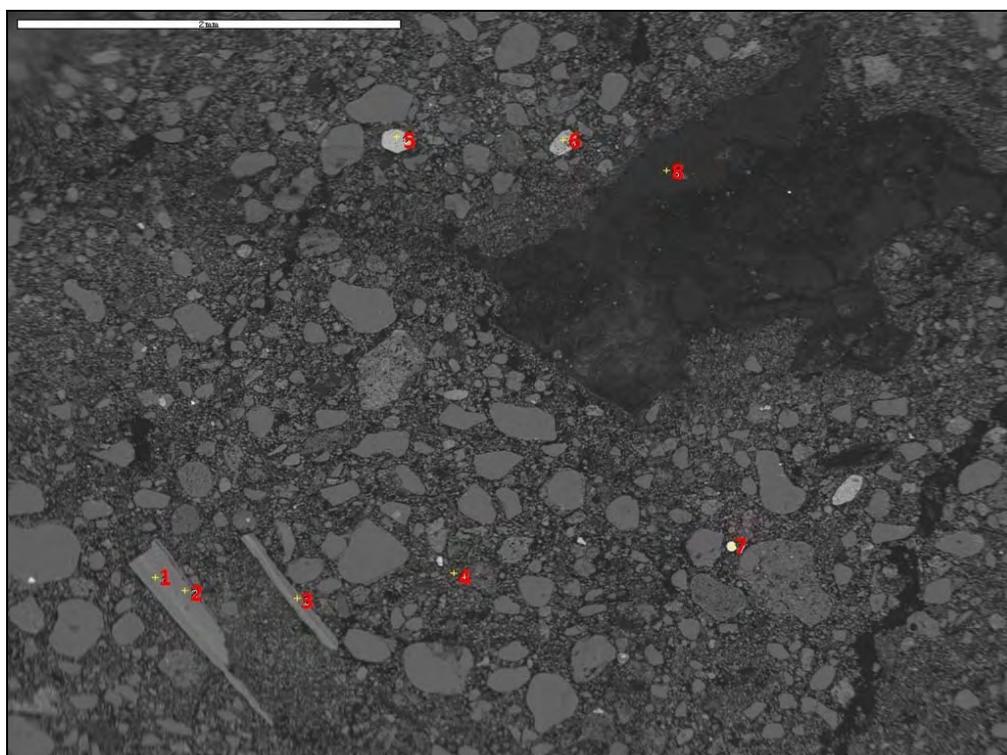


Figura 46. Fotomicrografia em retroespalhamento eletrônico (MEV) e pontos onde foram feitas análise da composição química por meio de EDS em uma seção da camada 2B da Lapa do Malhador (Referente a Figura 45).

Quadro 16. Composição química dos pontos identificados na Figura 45

Análises localizadas	Óxidos (%)					
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	-	53,00	-	-	-	-
2	-	53,30	-	-	-	-
3	-	52,50	-	-	-	-
4	43,99	6,07	0,92	23,88	-	10,99
5	1,34	-	61,72	0,81	1,48	34,26
6	4,72	1,09	-	2,57	-	85,70
7	31,86	-	-	-	-	-
8	-	2,05	-	-	-	-

Análises localizadas	MgO	ZnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	ZrO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
1	1,79	-	43,32	1,39	-	-
2	1,76	-	42,65	1,53	-	-
3	2,15	-	43,38	1,39	-	-
4	5,26	-	-	8,38	-	-
5	-	-	-	0,40	-	--
6	0,65	4,22	-	1,05	-	-
7	-	-	-	-	66,49	-
8	0,75	-	0,31	0,63	-	95,92

Há presença de pseudomorfo vegetal (canto direito superior da imagem), conservado nesta camada datada em aproximadamente 2000 anos A.P., tal constatação ilustra as condições excepcionais de conservação de materiais orgânicos semi-carbonizados deste ambiente. Quando-se analisa o ponto 8, que se refere a estes pseudomorfo, nota-se que a composição química do mesmo é praticamente só carbono (95,92%). Apesar do baixo valor de CaO expresso no Quadro 15, para o ponto 8 (2,05%), este elemento parece realizar um papel muito importante na conservação deste material, através de uma impregnação carbonática que se consolida de fora para dentro, onde o Ca na forma de carbonatos solúveis vai penetrando no tecido orgânico, se

reprecipitando e fossilizando o mesmo (MOURA, 1997). Associada aos carbonatos parece ter também a presença de óxidos de Fe, participando na formação de uma “carapaça” ou selante oxidico que protege o material orgânico. A inferência sobre a presença dos óxidos de Fe não provém das informações contidas no Quadro 15, pois na análise pontual realizada no ponto 8 não detectou-se a presença de Fe, porém analisando a Figura 476, que é uma fotografia do mesmo fragmento orgânico tirada em microscópio óptico, nota-se a cor do impregnante externo, indicando a presença de óxidos.

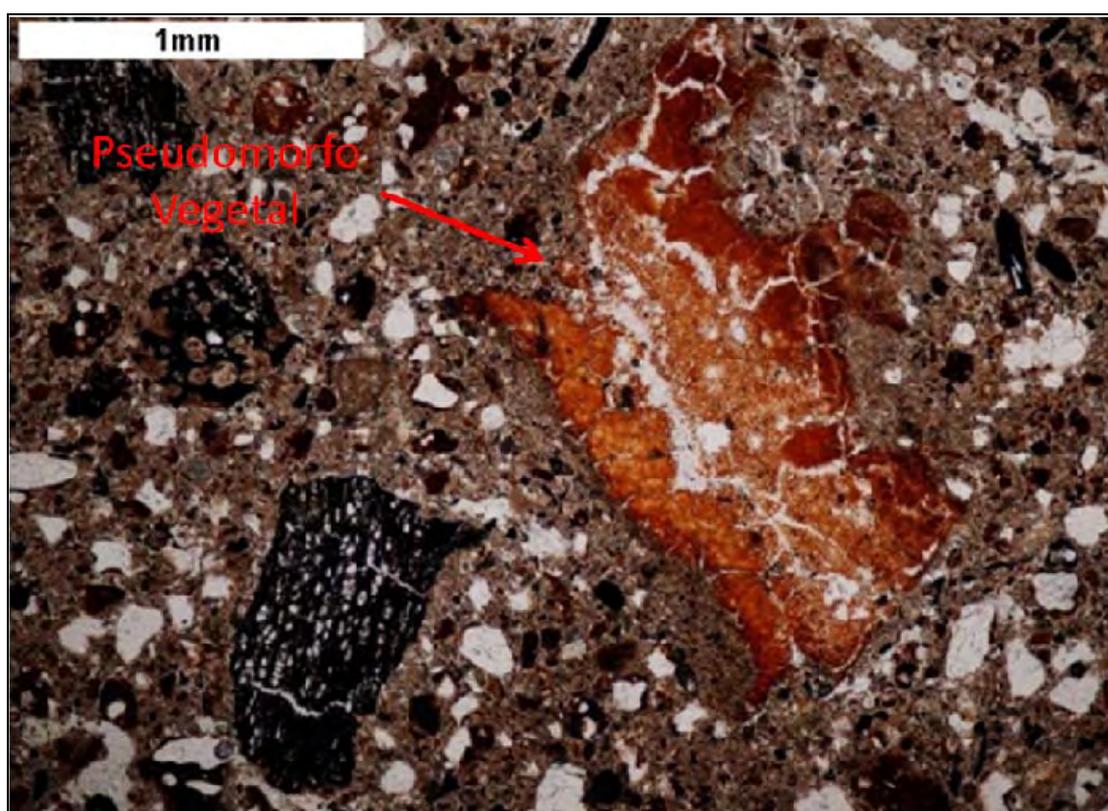


Figura 47. Fotomicrografia de pseudomorfo vegetal impregnado com carbonatos e óxidos (Camada 2B da Lapa do Malhador).

As Figuras 48 e 49 ilustram agregados de composição oxidica, devido a coloração que apresentam em seu interior, com fragmentos de carvão entremeados e oclusos. Como já discutido anteriormente este é um indício de que a queima contínua, promovida pelas fogueiras “diárias” nos abrigos, originou agregados organo-minerais pirogênicos, que mesclam em sua estrutura óxidos, muitas vezes magnéticos, com fragmentos de carvão.

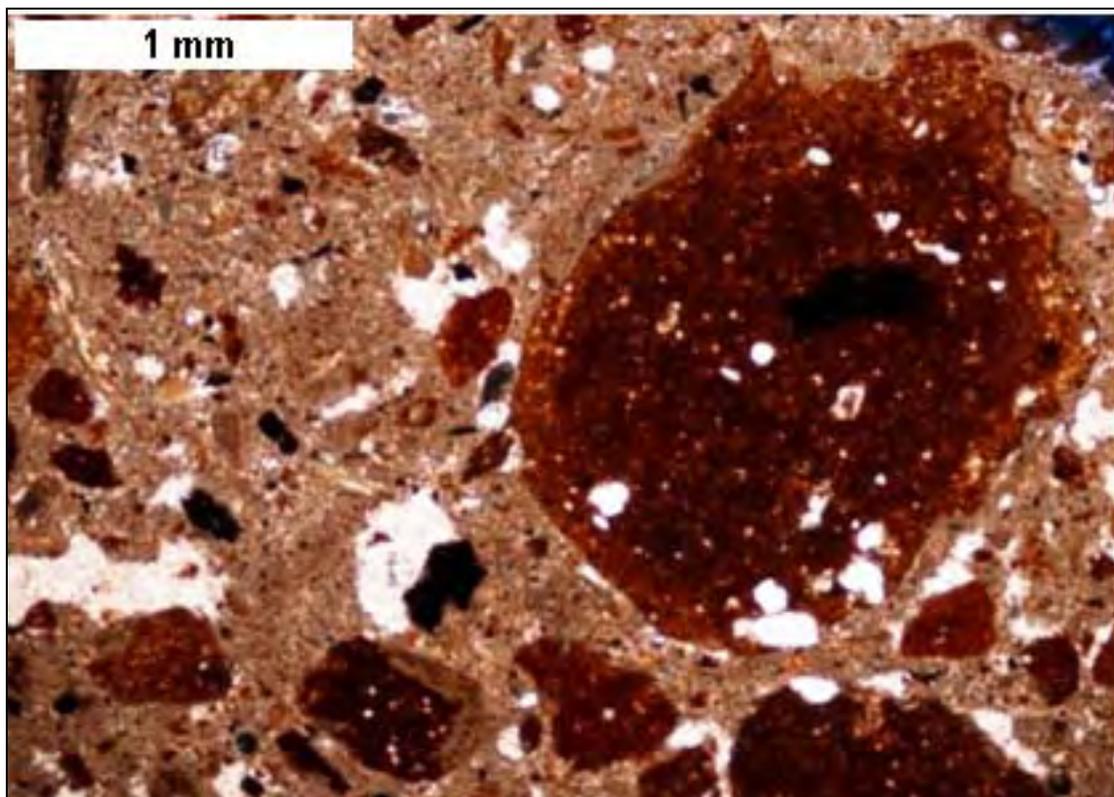


Figura 48. Fotomicrografia de agregado oxídico com fragmento de carvão na camada 2 da Lapa Pintada.

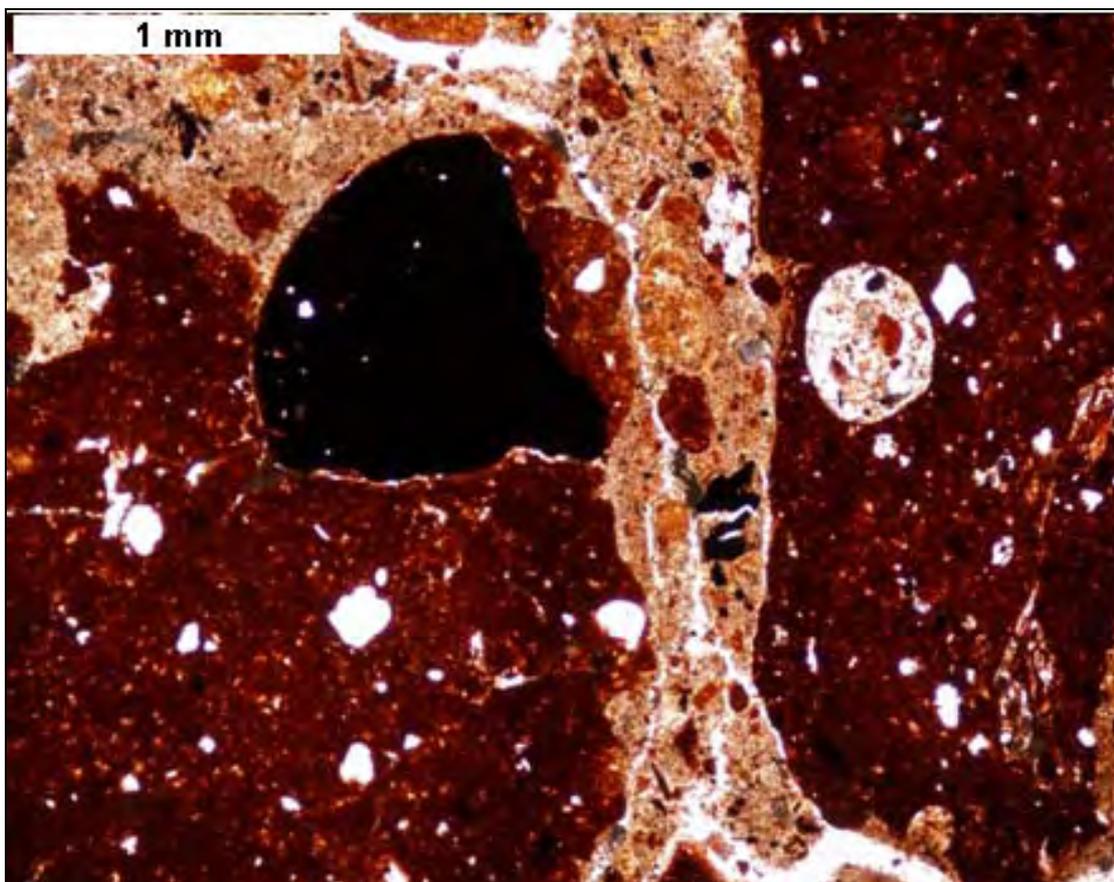


Figura 49. Fotomicrografia de agregado oxídico com fragmento de carvão em seu interior na camada 2 da Lapa Pintada.

A gênese destes agregados foi atribuída à atividade antrópica pretérita, pois a coexistência de altas temperaturas, proveniente das fogueiras, com materiais de natureza cimentante, como os óxidos e os carbonatos, pode promover a coalescência de partículas coloidais com outras mais grosseiras, pela expulsão das moléculas de água do sistema, aumentando assim a força de coesão entre as partículas sólidas, formando os agregados muito estáveis e hidrofóbicos. Assim, os fragmentos de carvão no interior dos agregados são indicadores dos agregados de natureza pirogênica.

## 5. CONCLUSÕES

– Os solos antropogênicos sob abrigos calcários apresentam características complexas que denotam a natureza policíclica da deposição. Não exibem sequência pedológica típica entre as camadas. São constituídos de mistura de sedimentos diferenciados, provenientes de fontes distintas, alóctones, e foram submetidos a períodos variados de ocupação antrópica pretérita, associados a variações climáticas, expressas por atributos químicos e morfológicos dos solos, tornando-os particularmente complexos.

– Os resultados da atividade antropogênica das populações pré-colombianas foram fortemente evidenciados em atributos, físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos em praticamente todas as camadas dos solos estudados.

– Os elementos que melhor se associaram a atividade antropogênica foram o fósforo, o carbono orgânico, além de Zn e Cu, os quais revelam distribuição relativamente homogênea ao longo dos perfis estudados. No entanto nuances observadas nos valores encontrados para estes elementos demonstram a existência de uma considerável variação no tipo e/ou intensidade de ocupação antrópica dos sítios.

– As análises realizadas na Lapa do Boquete permitiram inferir sobre o processo de ocupação do vale do Peruaçu, dando suporte às hipóteses levantadas por NEVES et al (2009). Sendo as camadas mais profundas desta Lapa, tendo a camada 5 como limite, referentes ao período de ocupação dos primeiros caçadores coletores (paleoíndios), e as demais, superiores a camada

5, desenvolvidas sob a ocupação da população “mongolóide” morfologicamente distinta da anterior “negróide”.

– A Lapa Grande mostrou-se relevante por ilustrar a capacidade da atividade antrópica em promover modificações nas características dos solos sob abrigos. Nesta lapa as camadas 2 e 4, apresentaram uma distinção marcante nas características pedológicas como, cor, teor de COT, teores de P disponível e presença de minerais magnéticos, representando uma assinatura típica associada à atividade antrópica.

– A confirmação por difratometria de raio-X da existência de minerais magnéticos (magnetita e maghemita) em todas as frações dos solos, em muitas das camadas das Lapas estudadas, indica a influência da atividade antrópica pré-histórica na pirogênese destes minerais, através do uso recorrente do fogo nos abrigos. Sugere-se que a magnetização do solo pode prover uma ferramenta rápida e eficiente para caracterizar a forma e intensidade da ocupação antrópica pretérita em sítios sobre abrigos calcários.

– Os solos estudados, apesar de apresentarem características que comprovam a antropopedogênese, e de conterem camadas que se enquadram dentro dos critérios estabelecidos para horizontes antrópicos de alguns sistemas de classificação de solos como, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), o sistema norte americano (Soil Taxonomy), e a Legenda de classificação da FAO (WRB-2006), apresentam singularidades que os tornam difíceis de enquadramento taxonômico.

– As características pedológicas analisadas se mostraram bem coerentes com os estudos arqueológicos já realizados na região, ressaltando o potencial de contribuição mútua entre as ciências da Pedologia e da Arqueologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEQUA. Publicação especial nº 2 (Roteiro das Excursões). 3º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Belo Horizonte – MG, 1991.
- ALMEIDA, F.F.M. & HASSUI, Y. O pré- cambriano do Brasil. São Paulo. Edgard Blucher, 1984.
- Arquivos do Museu de História Natural/UFMG, vol. III: 1978. 261-326p.
- BARBOSA, D.B. & DUDA, J. Sistematização e cartografia dos testemunhos pré- históricos dos pescadores, coletores e caçadores do Estado de Santa Catarina: um estudo de caso. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, sér. ciências da terra, Belém. 8. 1996. 80p.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. & SANTOS, G.F. dos. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.
- BRYAN, A. & GRUHN, R. Results of a test excavation at Lapa Pequena, MG, Brazil.
- BUENO, L. Resgatando coleções: A Lapa Pequena de Montes Claros revisitada. Manuscrito do setor de arqueologia do Museu de História da UFMG. 2008. 19p.
- BULLOCK, P.; FEDEROFF, N; JONGERIUS, A. Handbook for soil thin section description. Wolverthampton: Waine Research publications, 1985.
- CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM. Calcário e Dolomito. Capítulo 15. Ministério da Ciência e Tecnologia – Coordenação de Processos Mineraiis. Rio de Janeiro, 2005. 327-350p.
- CLAYTON, F.L. Cavernas o fascinante Brasil Subterrâneo. Ed. Gaia. São Paulo, 2001. 55-113p.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação/Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores – Viçosa, MG. 1999. 359p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. CESARINI, D.C.P. et al. São Paulo:CETESB, 2005. 73p.
- CORRÊA, G.R. Caracterização Pedológica de arqueo-antropossolos no Brasil: sambaquis da região dos Lagos (RJ) e terras pretas do índio na região do baixo rio Negro/Solimões (AM). Dissertação de Mestrado. Viçosa – MG, 2007.
- COSTA, M.L.; KERN D.C.; BEHLING, H. & BORGES, M.S. Geologia. In: LISBOA, P.L.B. (org.). Caxiuanã, populações tradicionais, meio físico & diversidade biológica. Belém, Pará. 2002. 734p.
- DNPM, CPRM, SIGEP. Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Editores Carlos Schobbenhaus et. Al. Brasília, DNPM, 2002.
- DYER, B. On the analytical determination of probable available mineral plant food in soils. Trans. Chem. Soc. ,65: 1984. 115-167p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos: 6ª Aproximação. Brasília: EMBRAPA: Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 209p.
- EPA 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Washington, USA: Revision, December, 1996. 20p.
- FAO-ISSS-ISRIC; World reference base for soil resources. A framework for international classification correlation and communication. Roma, 2006. 127p.
- FITZPATRICK, E.A. Soil microscopy and micromorphology. New York, John Wiley & Sons. 1993. 304p.
- FUNDEP – UFMG. Proposta de modelos de zoneamento ambiental, Recuperação e gestão sustentável, na Área de Proteção Ambiental (APA) do Peruaçu/MG. Belo Horizonte – MG, 1992.
- GLASER, B.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. & RUIVO, M. L. Soil organic matter stability in Amazonian Dark earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonia Dark earths: Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003a. 141-158p.

- KÄMPF, N. & KERN, D.C. O Solo como registro da ocupação humana Pré-Histórica na Amazônia. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, vol. 4. 2005. 207-320p.
- KÄMPF, N.; WOODS, W.I.; SOMBROEK, W.; KERN, D.C. & CUNHA, T.J.F. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient antropic soils. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. Amazonia Dark earths. Origin, properties and management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. 77-102p.
- KELLY, J.; LAMBERT, M.J.; TURNER, J. Available phosphorus forms in Forest soils and their possible ecological significance. Commum. In Soil ci. Plant Anal.,1983. 1217-1234p.
- KER, J.C. Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: 1995. 181p.
- KERN, D.C. & KÄMPF N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. R. Bras. Ci. Solo, v.13, 1989. 219-225p.
- KERN, D.C. & COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivado de lateritos. Geociências, v.16 n.1, 1999. 141-156p.
- KERN, D.C. Caracterização pedológica de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. Unpublished Master thesis. Porto Alegre, UFRGS. 1988.
- KIPNIS, R. Foraging societies eastern central brazil. Revista Brasileira de Geografia, 1956, v. 18, n. 2, 147-265p.
- KIPNIS, R. Padrões de subsistência dos povos forrageiros do vale do Peruaçu. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG.. Belo Horizonte: UFMG, 2009. Vol. 19. 291-320 p.
- KNEIP, L.M. Pré-história de Saquarema, RJ. In: TENÓRIO, M. C. (org). Pré-História da Terra Brasilis. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.
- KNEIP, L.M. Pré-história de Saquarema, RJ. In: TENÓRIO, M. C. (org). Pré-História da Terra Brasilis. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1999.
- LEHMANN, J.S. Jr.; STEINER, C.P.; NEHLS, T.; ZECH, W. & GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil, v.249,2003. 343-357p.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 92p.

- LEONARDOS, O.H. Concheiros naturais e sambaquis. Departamento Nacional da Produção Mineral; Serviço de Fomento da Produção Mineral. Avulso nº 37, 1938.
- LIMA, H.N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, (Tese de Doutorado), 2001. 176p.
- LIMA, H.N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J.; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthroisol" ("Indian Black earth") of Western Amazonia. *Geoderma*, v.100, 2002. 17p.
- LIMA, T.A. Em busca dos frutos do mar: os pescadores-coletores do litoral centrosul do Brasil. In: NEVES, W. A. (org). *Revista USP*, v.44. São Paulo: USP, 2000.
- LINDSAY, W.L. *Chemical Equilibria in Soils*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1979. 449p.
- MCKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 46, 1966. 13-22p.
- MEHRA, J.P. & JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, v.7, 1960. 317-327p.
- MOURA, M.T.T. *Evolução do Sítio Arqueológico Lap do Boquete na Paisagem do Vale do Rio Peruaçu – Januária, MG*. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 1998. 208p.
- MYERS, T. P.; DENEVAN, W. M.; WINKLERPRINS, A. & PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. 15-24p.
- NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N. & SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. 29-50p.
- NEVES, W.; BLUM, M.; HÜBBE, M.; WESOLOWSKI, V.; BARTOLOMUCCI, R. Os remanescentes ósseos humanos do Vale do Rio Peruaçu, Minas Gerais. *Cura, Caracterização geral e Afinidades biológicas*. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG. Vol. 19. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 187-230p.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa – MG. Universidade Federal de Viçosa. DPS, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, C.V. Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos, gênese e uso de solos do Projeto Jaíba, norte de Minas Gerais. Tese de doutorado. Viçosa, UFV. 1999. 161p.

- PABST, E. Critérios de distinção entre Terra Preta e Latossolo na região de Belterra e os seus significados para a discussão pedogenética. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série antropologia, v.7, n.1, 1991. 5-19p.
- PENNA, D. S. F. Breve Notícia Sobre os Sambaquis do Pará. In: Conselho Estadual de Cultura Belém-Pará. Obras completas de Domingos Soares Ferreira Penna. Belém, PA: [s.n.], 1973.
- PEREIRA, T.T.C. Gênese, classificação e mapeamento de solos desenvolvidos de rochas pelíticas em áreas cultivadas com eucalipto em Minas Gerais. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2008. 112p.
- PM-PNCP. Relatório preliminar do plano de manejo do PARNA Cavernas do Peruaçu. Documento digital. Setor de Arqueologia do Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2003.
- PROUS, A. Arqueologia Brasileira. Brasília: Editora da UNB, 1992. 613p.
- PROUS, A. Artefatos e adornos sobre suportes de origem animal, vegetal ou mineral (Conchas, Casca de ovo, Dente, Osso, Cera, Fibras Vegetais e Calcita). Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG. Vol. 19. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 371-402 p.
- PROUS, A. Relatório Preliminar do Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu. Meio Antrópico. 2003.1410-1476p.
- RESENDE, E.M.T. & CARDOSO, J.S. Vestígios vegetais: Arqueobotânica e técnicas de armazenamento. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG. Vol. 19. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 231-255p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S.B. Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 192p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2002. 322p.
- ROBERTSON, J.F. Geology of the Lead-Zinc Deposits in the Município de Januária State of Minas Gerais Brazil. Geological Survey Bulletin 1110-B. United States Government Printing Office. Washington, 1963.
- RODET, M.J. O estudo tecnológico das indústrias líticas da bacia do Rio Peruaçu: Cadeias operatórias, métodos de debitagem, técnicas de lascamento. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG. Vol. 19. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 415-437p.
- RUIZ, H.A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. 2005. Recife – PE. CD – ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005a.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, 2005b. 297-300p.

- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; GILKES, R.J.; MELLO, J.W.V. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an Indian Black Earth (IBE) Anthrosol from Western Amazonia. *Australian Journal of Soil Research*, v.42, 2004. 401-409p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE Jr.; MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações na paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, v. 12, 2000. 63-104p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; FABRIS, J.D.; KER, J.C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. *Clay Minerals*, v. 43, 2008. 137-154p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; VASCONCELOS, B.N.F.; CORRÊA, G.R.; SOUZA, E. Relatório do Meio Físico (Geologia, Geomorfologia e Solos) do PARNA Serra do Cipó-Subsídio ao Plano de Manejo. 2008. 135p.
- SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxides. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, B.A.; SCHWERTMANN, U. (Eds.) *Iron in soils and clay minerals*. Dordrecht: Reidel, 1988. 203-250p.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Eds.). *Minerals in soil environments*. 2ª ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. 789-824p.
- SEDA, P. Muito mais de 500: Desenvolvimento cultural na pré-história brasileira – breve panorama. *Boletim IAB n° 11*. São Paulo, 2001. 19p.
- SILVEIRA, I.M. da; KERN, D.C. & QUARESMA, H.D. Populações Tradicionais. In: LISBOA, P.L.B. (org.). *Caxiuanã, Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica*. Belém, Pará, 2002. 734p.
- SMITH, N; J; H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. *Anal of the Association of American Geographers*, 70, 1980. 553-566p.
- SOIL SURVEY STAFF. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Departamento of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Eighth Edition. EUA, 1998. 328p.
- SWIFT, R.S. Organic Matter characterization. In: SPARKS, D. L. et al. (eds.). *Methods of Soils Analysis. Part 3, Chemical Methods*. Madison, Soil Science Society of American, 1996. 1011-1069p.
- TENÓRIO, M.C. Identidade cultural e origem dos sambaquis. In: *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, v.14, São Paulo: USP, 2004.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Soil survey division. Soil conservation service. Soil Survey Staff. *Soil Survey Manual*. (USDA. Agriculture handbook, 18). Rev. Enlarg. Ed. Washington, 1993. 437p.

- VIANA, J.H.M. et al. Occurrence of magnetite in the sand fraction of an Oxisol in the Brazilian savanna ecosystem, developed from a magnetite-free litology. *Australian Journal of Soil Research*, 2006, v. 44, p.71-83.
- WOODS, W.I. Development of anthrosol research. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I., eds. *Amazonia Dark earths. Origin, properties and management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003.
- WOODS, W.L. & McCANN, J.M. The antropogenic origin and pesistence of Amazoniam dark earths. In. C. Caviedes (Ed). *Yarbook. Conference of Latin Americanist Geographers*. Vol. 25. p 7-14. Austin University of Texas Press. 1999.
- YEOMANS, J.C. & BREMER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, v. 19, 1988. 1467-1476p.