



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 420

**MINERALOGIA E QUÍMICA DE SOLO E FRAGMENTOS
CERÂMICOS DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS EM SALOBO,
CARAJÁS-PA**

Dissertação apresentada por:

Mônia Maria Carvalho da Silva

Orientador: Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA)

**BELÉM
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Silva, Mônia Maria Carvalho da, 1991-
Mineralogia e química de solo e fragmentos
cerâmicos de sítios arqueológicos em Salobo,
Carajás-PA. / Mônia Maria Carvalho da Silva. -
2012.

Orientador: Marcondes Lima da Costa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
do Pará, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém,
2012.

1. Geoquímica - Pará. 2. Mineralogia - Pará.
3. Ciência do solo na arqueologia - Pará. 4.
Geologia arqueológica - Pará. 5. Sítios
arqueológicos - Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 591.9098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**MINERALOGIA E QUÍMICA DE SOLO E FRAGMENTOS
CERÂMICOS DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS EM SALOBO,
CARAJÁS-PA**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

MÔNIA MARIA CARVALHO DA SILVA

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de aprovação: 31 / 07 / 2013

Banca Examinadora:

Prof. Marcondes Lima da Costa
(Orientador – UFPA)

Prof. Renato Kipnis
(Membro – Scientia Consultoria)

Prof. Dirse Clara Kern
(Membro – MPEG)

Dedico este trabalho a toda minha família cuja criação sempre me permitiu aprender com as dificuldades e seguir em frente sendo ela parte desta vitória e por tudo que nos uni com amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador, Professor Dr. Marcondes Lima da Costa, pela oportunidade concedida, pela orientação no decorrer desta pesquisa, pelas infinitas conversas seja nas reuniões semanais ou mesmo em comemorações onde temos oportunidades de conhecer ainda mais a respeito do trabalho de cada um e também de estarmos sempre bem informados de fatos importantes que acontecem no campo da pesquisa;

Às pesquisadoras do Museu Paraense Emilio Goeldi, Dra. Maura Imázio e M.Sc. Elisângela Regina por todo apoio, tanto material quanto intelectual, na realização deste trabalho;

Aos meus amados pais, Azenete Carvalho Silva e Francisco de Assis R. Silva e aos meus irmãos Simone Carvalho e Filipe Carvalho por todo amor, incentivo, paciência e acima de tudo compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho;

Ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida;

Aos grandes amigos que fiz no Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada da UFPA, Patrícia Pinheiro, Eliana Pantoja, Jucilene Amorim, Maria Ecilene, em especial a Glayce Silva e Uibirá Sena por toda ajuda e dicas que proporcionaram todas as condições para a realização deste trabalho;

Ao querido amigo que tanto me ajudou e incentivou no decorrer deste trabalho, M.Sc. Henrique Diniz;

Ao químico M.Sc. Natalino Valente por toda orientação e paciência na execução dos trabalhos laboratoriais, bem como no desenvolvimento dos cálculos dos simples aos mais complexos;

Aos colegas da UFPA que fiz no decorrer do mestrado a qual compartilhamos a mesma sala de estudo (sala 1): Thiago Costa, Claudia Oliveira, Camila Mendonça, Diomar Cavalcante, Antônio Maués, Maridalva Mendes, Luciana Oliveira e Milena Carvalho e Alessandro Sabá, pela amizade, conselhos e momentos maravilhosos de descontração.

"Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer."

Albert Einstein

RESUMO

Muitos sítios arqueológicos da Amazônia se caracterizam por apresentar solos tipo Terra Preta geralmente denominada de Terra Preta Arqueológica (TPA), em que os principais registros de ocupação humana pré-histórica estão representados pelos mais comuns materiais do seu cotidiano como fragmentos cerâmicos (FCs), artefatos líticos e carvão. Os solos TPA se destacam pela alta fertilidade conferida pelos teores elevados de nutrientes, como Ca, Mg, Na, K Mn, Zn e P, um destaque quando comparados com os solos predominantemente pobres da Amazônia. Entre as várias regiões ricas em sítios arqueológicos com TPA encontra-se a Província Mineral de Carajás, mais especificamente a área de domínio da mina de cobre de Salobo, os quais estão situados nas encostas de vales e até mesmo no topo da serra. Nesta região foram realizados estudos de campo por pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi, que delimitaram dois sítios arqueológicos, um denominado Cachorro Cego, contendo TPA, e o sítio Orlando, embora ricos em FCs apresenta-se desprovido de TPA na sua composição. Dentre os dois sítios, o Cachorro Cego foi selecionado para avaliar a contribuição dos FCs sobre os solos, em especial os TPA sobre a química dos fragmentos cerâmicos, principalmente no que concerne o conteúdo de fósforo. Para este fim foram selecionadas 14 amostras de FCs coletados nos dois sítios investigados, bem como seis amostras de solos restritos ao Cachorro Cego provenientes de cada ponto onde as cerâmicas foram extraídas. As cerâmicas coletadas foram previamente limpas, pulverizadas e posteriormente submetidas para análises mineralógicas por DRX e microscopia óptica, análise químicas totais por ICP-MS e ICP-OES via fusão alcalina, microscopia óptica de varredura e análise de fertilidade. Essas mesmas técnicas analíticas foram empregadas nas amostras de solo, com exceção da microscopia óptica e eletrônica. Os resultados obtidos indicam similaridade tanto na composição química quanto na mineralogia nos FCs dos dois sítios investigados. Os FCs são constituídos de quartzo, metacaulinita e albita como minerais principais, um fundo matricial representado por material amorfo, equivalente a metacaulinita, além de microclínio e muscovita como minerais acessórios. As análises destacam os teores elevados de SiO_2 , Al_2O_3 e Na_2O , além de MgO , CaO e K_2O em menores proporções. Os teores de Fe_2O_3 , de 5,26% no Cachorro Cego e 5,8% no Orlando não mostraram correspondência com óxido-hidróxidos de ferro (goethita e hematita, quiçá maghemita), encontrados em FCs de outros sítios. A concentração do P_2O_5 é inferior a 0,5%, igualmente nos dois sítios, contrastando com os valores observados na maioria dos sítios TPA. Dentre os elementos traço analisados, apenas Y, Zr, Th, Cu, Ga e U se destacam com valores acima da

média crustal, nos dois sítios estudados. Os elementos terras raras quando normalizados aos condritos apresentaram enriquecimento em ETRL com sutil anomalia positiva de Ce e negativa de Eu. Em termos de fertilidade os FCs de Cachorro Cego se destacam pelos altos níveis de $\text{Ca}_{\text{disponível}}$ e $\text{P}_{\text{disponível}}$ correspondendo a ($57,02 \text{ mg/dm}^3$ e $2,44 \text{ cmol/dm}^3$) contra Orlando ($13,47 \text{ mg/dm}^3$ e $1,79 \text{ cmol/dm}^3$). No entanto Orlando se destaca em $\text{K}_{\text{disponível}}$ ($0,77 \text{ cmol/dm}^3$) e $\text{Mg}_{\text{disponível}}$, ($1,05 \text{ cmol/dm}^3$) contra $0,42 \text{ cmol/dm}^3$ e $0,63 \text{ cmol/dm}^3$ respectivamente. Os solos de Cachorro Cego variam de textura de franco siltosa a franco arenosa, constituídos predominantemente por quartzo e caulinita, com anatásio e hematita em menor proporção, espelhando-se na abundância de SiO_2 e Al_2O_3 , com menor conteúdo de Fe_2O_3 e TiO_2 . O conteúdo de K_2O , Na_2O , MgO e CaO é muito baixo. A média dos nutrientes disponibilizado pelo solo foi de $33,49 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para P, $55,88 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Na^+ , $59,12 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para K^+ , $75,9 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Mg^{2+} e $835,7 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Ca^{2+} , dados que confirmam a assinatura TPA. Os FCs dos dois sítios são, portanto similares tanto na sua composição química quanto mineralogia, os teores de nutrientes como Ca, Mg, K, Na apresentaram conteúdos próximos exceto P, mais elevados na TPA. Os solos de Cachorro Cego são comparáveis a outros sítios Amazônicos, tanto na mineralogia, química, granulometria quanto na fertilidade. Aparentemente os FCs contribuíram com a fertilidade do solo TPA, a exemplo de Cachorro Cego.

Palavras- Chave: Terra Preta. Sítio Arqueológico. Cerâmica. Fósforo.

ABSTRACT

Many archaeological sites in the Amazon are characterized by presenting Dark Earth soils type commonly called Dark Earth Archaeological (ADE), in which the main records of prehistoric human occupation are represented by the most common materials of everyday life such as ceramic fragments (CFs), lithic artifacts and charcoal. The soils are characterized by high ADE fertility conferred by high levels of nutrients such as Ca, Mg, Na, K, Mn, Zn and P, a standout compared to predominantly poor soils of the Amazon. Among the several regions rich in archaeological sites with ADE is the Carajás Mineral Province, more specifically the area of the field of copper mine Solobo, which are situated on the slopes of valleys and even on top of the mountain. In this region, field studies were conducted by researchers at the Goeldi Museum, which delimit two archaeological sites, one called Cachorro Cego containing ADE, and the Orlando site, although rich in CFs is presented devoid of ADE in its composition. Of the two sites, the Cachorro Cego was selected to evaluate the contribution of CFs on soils, especially the ADE on the chemistry of ceramic fragments, particularly regarding the content of phosphorus. For this purpose 14 samples were selected CFs collected at the two sites investigated, as well as six soil samples restricted to Cachorro Cego from soil point where the ceramics were extracted. The ceramics were collected previously cleaned, sprayed and subsequently subjected to mineralogical analysis by XRD and optical microscopy, total chemical analysis by ICP-MS and ICP-OES via alkaline fusion, optical microscopy and scanning fertility analysis. These same analytical techniques were employed in soil samples, except for light and electron microscopy. The results indicate similarities in both chemical composition and mineralogy of the two sites in the CFs investigated. CFs are composed of quartz, albite and metakaolin as major minerals, a *background* matrix represented by amorphous material, equivalent to metakaolin, and microcline and muscovite as accessory minerals. The analysis emphasize the high content of SiO₂, Al₂O₃ and Na₂O, and MgO, CaO and K₂O in smaller proportions. The contents of Fe₂O₃, 5.26% in 5.8% and Cachorro Cego in Orlando showed no correspondence with oxide-hydroxides (goethite and hematite, perhaps maghemite), CFs found in other sites. The concentration of P₂O₅ is less than 0.5% also at the two sites, contrasting with values observed in most sites ADE. Among the trace elements analyzed, only Y, Zr, Th, Cu, Ga and U stand out with above average crustal values in the two sites studied. The rare earth elements when normalized to chondrites showed enrichment in LREE with subtle positive Ce anomalies and negative. In terms of fertility CFs of Cachorro Cego stand out by high levels of available Ca and available P

corresponding to ($57.02 \text{ mg} / \text{dm}^3$ and 2.44 cmol/dm^3) against Orlando (13.47 and $1.79 \text{ mg/dm}^3 \text{ cmol/dm}^3$). However Orlando stands out in available K (0.77 cmol/dm^3) and Mg available ($\text{cmol/dm}^3 \text{ } 1.05$) vs 0.42 and $0.63 \text{ cmol/dm}^3 \text{ cmol/dm}^3$ respectively. The soils vary in texture Cachorro Cego franco silty to sandy loam, consisting predominantly of quartz and kaolinite, anatase and hematite with a lesser proportion, mirroring themselves in the abundance of SiO_2 and Al_2O_3 , with lower contents of Fe_2O_3 and TiO_2 . The content of K_2O , Na_2O , CaO and MgO is very low. The average of the nutrients provided by the soil was 33.49 mg.Kg^{-1} to P to 55.88 mg.Kg Na^+ , $59.12 \text{ mg. Kg}^{-1} \text{ K}^+$, 75.9 mg.Kg^{-1} for Mg^{2+} and 835.7 mg.Kg^{-1} for Ca^{2+} , confirming the signature data ADE. CFs of the two sites are both so similar in their chemical composition and mineralogy, the levels of nutrients such as Ca, Mg, K, Na content presented next except P, higher in TPA. The Cachorro Cego soils are comparable to other Amazon sites, both in mineralogy, chemistry, particle size and in fertility. Apparently CFs contributed to soil fertility TPA, like Cachorro Cego.

Keywords: Black Earth. Archaeological Site. Ceramics. Phosphorus.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de Localização da área de estudo.....	7
Figura 2- (a) Imagens dos perfis de escavação; (b) e abertura de sondagem mostrando buraco de estaca e ou esteio no sítio Cachorro Cego	8
Figura 3- Imagens do sitio Orlando: material cerâmico em superfície e em sondagens.....	9
Figura 4- Mapa de amostragem de abertura de trincheira e sondagem dos setores E9 e E11 do sítio Cachorro Cego	10
Figura 5- Mapa de sondagem e de coleta de amostras do sítio Orlando	10
Figura 6- Fluxograma de atividades desempenhadas	12
Figura 7 - Difratogramas representativos dos FCs de Cachorro Cego: Qtz-quartzo; Ab-albita; Mc-Microclínio; Ms-muscovita.....	16
Figura 8 - Difratogramas representativos dos FCs de Orlando: Qtz-quartzo; Ab-albita; Kln-caulinita; Mc-Microclínio; Ms-muscovita.....	17
Figura 9 - (a e b) Imagens de fotomicrografia óptica de FCs do sítio Cachorro Cego mostrando a abundância de grãos grossos e finos de quartzo e albita e OH: óxihidróxido de Fe. Observação sob nicóis cruzados	18
Figura 10 - (a e b) Imagens de fotomicrografia óptica de FCs do sítio Orlando. Matriz impregnada de oxihidróxidos de Fe circundado grãos de quartzo. Observação sob nicóis cruzados.....	18
Figura 11 - Fotomicrografia de microscopia eletrônica de varredura e mapas químicos da matriz de FCs Amostra do sítio Orlando (OLD 417) mostrando booklet de metacaulinita segundo caulinita (pseudomorfo)	19
Figura 12- Diagramas ternários de dispersão química: a) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$; b) $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$; c) $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO}$ e d) $\text{Na}_2\text{O-CaO+MgO-K}_2\text{O}$ nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando	21
Figura 13 - Concentrações médias de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e Na_2O nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando comparadas a outros sítios.....	22
Figura 14 - Concentrações médias de P_2O_5 nos FCs de Cachorro Cego e Orlando comparado a outros sítios.....	23
Figura 15 - Diagramas das concentrações de V-Zn-As e Ba-Sr-Rb.....	27
Figura 16 - Dendrograma dos elementos e amostras nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.....	28

Figura 17 - Padrões de distribuição dos ETR nos FCS normalizados aos condritos para os dois sítios Cachorro Cego (a), Orlando (b), Cachorro Cego + Orlando (C) em relação aos condritos.....	30
Figura 18 - Comparação entre os teores de nutrientes e micronutrientes nos fragmentos cerâmicos pertencentes a este estudo com FCs do sítio Juruti, Barcarena 8 e da Mata	33
Figura 19 - Diagrama triangular para a classificação de textura do solo no sítio Cachorro Cego.....	35
Figura 20 - Minerais identificados por DRX nas amostras de solos do sítio Cachorro Cego: Qtz- quartzo; Kln- caulinita; Ant- anatásio; Hem- hematita	36
Figura 21- Correlação química (Al_2O_3 , Fe_2O_3 e P_2O_5) entre solos TPA estudados e outros da Amazônia.....	38
Figura 22 - Dendrograma dos elementos presentes nos solos do sítio Cachorro Cego.....	41
Figura 23 - Comparação entre a distribuição de ETR normalizados aos condritos para os FCs e solos do sítio Cachorro Cego, mostrando nenhuma afinidade entre os dois materiais.....	43
Figura 24- Correlação entre as concentrações de (K, Ca e Mg) e micronutrientes $P_{disponível}$ entre os solos Cachorro Cego e os sítios Onça Puma 3, Mata e Bom Jesus	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de amostras trabalhadas por sítio arqueológico	11
Tabela 2- Parâmetros de fertilidade de solos e FCs analisados e respectivos extratores	14
Tabela 3 - Composição mineralógica dos FCs nos sítios Cachorro Cego e Orlando	15
Tabela 4 - Composição química dos elementos maiores dos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando	20
Tabela 5- Concentrações dos elementos-traço dos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando .	24
Tabela 6 - Concentrações médias dos elementos-traço nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando comparados com aqueles dos sítios Juriti e Barcarena 8 (Pará) e da Mata (Maranhão), além da média crustal e folhelhos.....	26
Tabela 7 - Concentrações médias dos ETR nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.....	29
Tabela 8- Valores de nutrientes e micronutrientes presentes nos FCs do Cachorro Cego e Orlando comparado a outros sítios	32
Tabela 9- Valores médios da distribuição granulométrica nos solos Cachorro Cego	34
Tabela 10 - Composição química dos solos do sítio Cachorro Cego	37
Tabela 11 - Comparação entre a composição química de solos TPA com os do sítio Cachorro Cego e média da crosta terrestre.....	38
Tabela 12- Composição química dos elementos traço nos solos do sítio Cachorro Cego comparados a outros sítios TPA, média crustal e folhelhos	40
Tabela 13 - Concentrações dos ETR nos solos Cachorro Cego comparados com a média crustal	42
Tabela 14- Parâmetros de fertilidade para os solos Cachorro Cego comparados com as classes de fertilidade do solo.....	44

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	iv
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA (TPA) NA AMAZÔNIA	3
3.2 CERÂMICA ARQUEOLÓGICA	5
4 MATERIAIS E MÉTODOS	6
4.1 ÁREA DE ESTUDO	6
4.1.1 Aspecto Fisiográfico	6
4.1.2 Sítio Cachorro Cego	8
4.1.3 Sítio Orlando	8
4.2 COLETA DE AMOSTRA DE FCs	9
4.3 PREPARAÇÃO DE AMOSTRA	11
4.4 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	12
4.5 ANÁLISE MINERALÓGICA (DRX)	13
4.6 ANÁLISES QUÍMICA TOTAL (AQT) E DE FERTILIDADE	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
5.1 FRAGMENTOS CERÂMICOS	14
5.1.1 Mineralogia	14
5.1.2 Composição Química	19
5.1.2.1 Elementos Maiores	20
5.1.2.2 Elementos Traço	22
5.1.2.3 Elementos Terra Rara	28
5.1.4 Fertilidade	30
5.2 SOLO	34
5.2.1 Granulometria	34
5.2.2 Mineralogia	36
5.2.3 Composição Química	37

5.3.2.1 Elementos Maiores	37
5.3.2.2 Elementos Traço.....	38
5.3.2.3 Elementos Terra Rara.....	41
5.2.4 Fertilidade	43
6 CONCLUSÃO.....	46
7 REFERÊNCIA.....	47

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia existem áreas de ocorrência de solos que foram modificadas por populações pretéritas, denominadas de Terra Preta da Amazônia (TPA), Terra Preta Arqueológica (TPA), Terra Preta de Índio (TPI) ou simplesmente Terra Preta (TP). Em geral, elas apresentam alta fertilidade, espelhadas nos seus elevados teores nutrientes, tais como: P, Ca, Mg, Na, K, Zn, Mn e de matéria orgânica estável (Kern & Kampf, 1989). Estes solos veem atraindo a atenção de pesquisadores como uma solução possível para a questão da agricultura sustentável em solos pobres que cobrem extensas áreas dos trópicos (Glaser *et al.*, 2001; Madari *et al.*, 2009).

Os primeiros registros que se tem a respeito das TPA foram feitos pelos geólogos Charles Hartt e Joseph Beal Steere em 1870 a 1871 (Wood & Denevan, 2006). Hartt, em uma de suas pesquisas na região do baixo Tapajós descreve as escavações realizadas no sítio Taperinha em Santarém (Kern *et al.*, 2010), e Steere em carta datada em 1871, relata uma imensa mancha negra com horizontes profundos e com presença de materiais cerâmicos deduzindo que fossem solos resultantes de antigos assentamentos, o qual os denominou de “sítios de vilarejos indijinas”. Atribuiu a sua coloração escura ao descarte do lixo deixado por essa população incluindo os resíduos de folhas de palmeiras usadas para cobertura e parede das tribos (Kern *et al.*, 2010).

As TPA desde então veem sendo constantemente estudadas por diversos pesquisadores no mundo com objetivo de melhor entender a gênese destes solos e posteriormente caracterizá-los pedologicamente, a exemplo dos geólogos James Orton, Herbert H. Smith, C. Barrington Broun e Friedrich Katzer, os quais fizeram observações semelhantes acerca da fertilidade, atribuindo suas características a ação antrópica (Woods 2003). Por ser um solo de elevada fertilidade, é procurado para prática de agricultura de subsistência (Kern *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2009).

Novos estudos quanto a gênese foram realizados por James Orton, Herbert H. Smith, C. Barrington Broun e Friedrich Katzer (Woods 2003), comprovadamente de elevada fertilidade e empregados na agricultura de subsistência (Kern *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2010).

Os sítios TPA estão em geral localizados em posições estratégicas, próximos às margens de rios (Kern *et al.*, 2003; German, 2004), bem como nas proximidades dos cursos d'água (Franco 1962; Kern *et al.*, 2003; German, 2004).

Os solos TPA são em geral ricos em FCs, se estendendo da superfície até o horizonte AB. Esses registros arqueológicos, no entanto não são estáveis às intempéries tropicais causadas pelo clima quente e úmido da Amazônia (Costa *et al.*, 2004a e 2009).

Pesquisas mineralógicas e químicas recentes concentraram-se sobre os FCs com o objetivo de contribuir para os estudos de análises do avanço tecnológico das populações que as produziram (Coelho *et al.*, 1996; Jacome, 2006; Nunes *et al.*, 2007, Costa *et al.*, 2009) e químicos (Latini *et al.*, 2001); principalmente sobre a procedência de sua matéria-prima e do conteúdo de fósforo e sua importância para a fertilidade das TPA (Costa *et al.*, 2010), já que em geral são constituídos de quartzo, metacaulinita, feldspato e diferentes tipos antiplásticos (fragmentos de rochas, cariapé, cauixi, cacos de cerâmicas e carvão) (Coelho *et al.*, 1995 e 1996; Kern & Costa 2001; Costa *et al.*, 2004a; Costa *et al.*, 2004b; Costa *et al.*, 2010; Silva 2010; Rodrigues 2011).

Estudos realizados em FCs proveniente de TPA, ainda que restritos, já revelaram um aspecto muito característico destas cerâmicas. Enquanto que vasos cerâmicos encontrados em sítios arqueológicos sem ocorrência de TPA na Europa, Norte da África e Extremo Oriente apresentam teores de P_2O_5 em torno de 0,09 a 0,6 % (Duma, 1972; Bollong *et al.*, 1993; Freestone *et al.*, 1994), cerâmicas arqueológicas identificadas na Amazônia apresentam conteúdos de fósforo que variam de 1 a 2% podendo elevar-se até a 9%, como descrito por Costa *et al.*, 2004a, 2004b e 2010, bem como nas cerâmicas descrita por (Silva, 2010) nos sítios Terra Preta 1 e 2 no município de Juruti, com média 3,58% em P_2O_5 . No caso das cerâmicas de TPA, a origem do fósforo pode estar relacionada aos hábitos alimentares dos povos pré-históricos, cuja inclusão do fósforo às cerâmicas teria ocorrido durante o ato do cozimento (Costa *et al.*, 2004), uma vez que, os teores de fósforo identificados nas TPAs estão sempre abaixo de 0,1%, parece difícil elucidar concentrações tão elevadas de fósforo nas cerâmicas a partir desses solos (Costa *et al.*, 2010). Contudo, Freestone *et al.*, 1994, sugerem que o elevado teor não está apenas ligado ao uso cotidiano, mas sim ao tipo de ambiente em que os FCs foram depositados, assim como a sua microestrutura, que fundamentalmente é adsorvida através dos solos adjacentes, e não necessariamente através do ato do cozimento.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Identificar os contrastes entre os sítios Arqueológicos Cachorro Cego e Orlando, ambos situados na província do Salobo em Carajás, quanto à composição química e mineralógica e fertilidade presentes nos solos e em seus respectivos fragmentos cerâmicos, buscando melhor compreender o comportamento dos nutrientes, em particular o fósforo, nos solos de TPA e sua relação com FCs .

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterização Química e Mineralógica do solo assim como dos fragmentos cerâmicos, a fim de identificar os tipos de matérias-primas usadas na confecção dos vasos cerâmicos;
- Caracterização dos parâmetros de fertilidade dos solos bem como dos FCs e com isso verificar a possível contribuição destes materiais para a manutenção da fertilidade dos solos tipo TPA.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA (TPA) NA AMAZÔNIA

A maioria dos solos da região Amazônica segundo Madari *et al.*, 2004, são solos ácidos, com baixa CTC, pobre em nutrientes, e por conseguinte, de baixa fertilidade, ao contrario das TPAs.

A alta fertilidade das TPAs despertou o interesse em se entender a sua origem e em especial da própria TPA. Até meados do século XX, acreditava-se que a TPA seria produto da deposição de cinzas vulcânicas ou acúmulo de material orgânico em fundos de lagos antigos (Camargo, 1941; Faria, 1946; Cunha Franco, 1962; Falesi, 1972 e 1974). A origem mais aceita é que sejam de origem antropogênica, como resultado do manejo intensivo do solo comum para a agricultura (Ranzani *et al.*, 1962; Andrade, 1986); mais simplesmente como de origem antrópica, mas não intencional, com acúmulo de resíduos de origem animal e vegetal, de cerâmica, ao longo do período de ocupação dos

assentamentos pré-históricos (Ranzani *et al.*, 1962; Sombroek 1966; Smith 1980, Woods 1995; Woods & McCann 1999; Neves *et al.*, 2003).

As TPAs ocorrem tanto no Brasil, como Venezuela, Peru, Colômbia, Equador e Guiana (Kern & Kampf 1989; Kampf & Kern 2005; Kampf *et al.*, 2010; Kern *et al.*, 2010). Em geral as TPAs desenvolveram sobre Latossolos (Oxisols), Argissolos (Ultisols), Espodossolos, Nitossolos e Pintossolos Pétricos, com maior frequência nos dois primeiros que juntos representam cerca de 70% dos solos da Amazônia (Kampf *et al.*, 2003; Sombroek *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003).

De acordo (Smith, 1980; Kern & Costa, 1997; Sombroek, 2002; Lehmann *et al.*, 2004, Kampf & Kern, 2005; Costa *et al.*, 2010 e Souza *et al.*, 2009) além do fósforo, vários outros nutrientes são identificados em sítios arqueológicos contendo TPA, a exemplo do Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, onde a maior concentração desses elementos e um indicativo que nessa área houve um maior impacto ocasionado pelo homem devido ao descarte contendo grandes quantidades de resíduos vegetais (folhas e talos de palmeiras diversas, cascas de mandioca e sementes); rochas e minerais aflorantes ou manipulados no sítio; bem como de resíduos orgânicos, de origem animal (sangue, gordura, fezes, conchas e carapaças de quelônios) e restos mortais (ossos e dentes humanos sepultados) (Smith, 1980; Kern, 1996). Associações geoquímicas como P_2O_5 -MgO-CaO- K_2O -Ba-Cu-Cl-Mn-Sr-Zn e Fe_2O_3 - Na_2O -As-Cd-Co-Cr-F-Ga-Pb-V-B-Hg-Nb-Sc-Y-Zr são capazes de identificar áreas de TPA daquelas adjacente a mesma (Kern, 1996; Kern & Costa, 2009 e Costa, 2011).

Em certas regiões de TPAs são encontrados ao seu redor solos semelhantes, no critério coloração, conteúdo de matéria orgânica, mas divergindo nos teores de P, de baixa concentração bem como a escassez de material arqueológico (Sombroek, 1966; Glaser *et al.*, 2001; Denevan, 2010). Esses solos são denominados de Terra Mulata (TM), pois apresentam coloração bruno acinzentado em vez de preto como e observado nas TPAs. As TM foram inicialmente descritas por Sombroek (1966), na localidade de Belterra ao sul de Santarém. Woods & McCann (1999) reconheceram em Arapinus (Santarém), Kern (1996) em Caxiuanã e Costa (2011) em Juruti. São consideradas como áreas agrícolas Pré- Colombianas, haja vista que elas inicialmente formaram em áreas próximas de assentamentos, em locais onde se concentravam os resíduos da cozinha (lixeiros), bem como, através de solo não alterado de florestas, usado somente para

compostagem, representando um produto da aplicação intencional de resíduos da atividade humana (Kern *et al.*, 2003; Danevan 2010; Sombroek *et al.*, 2010).

3.2. CERÂMICA ARQUEOLÓGICA

Artefatos em cerâmicas e seus fragmentos (FCs) são abundantes em sítios arqueológicos, aparentemente duradouros, haja vista que existem peças (estatuetas) produzidas à base de argila descoberta nas Tchecoslováquia com 30.000 AP (Kirch 2001).

Além de ser um importante registro cultural, os FCs têm colaborado para o avanço dos estudos arqueológicos, ao permitir a identificação dos aspectos tecnológicos de confecção, como temperatura de queima envolvendo pigmentos e antiplásticos, matérias-primas e suas procedências (Ruvalcaba-Sil *et al.*, 1999; Alves 2002; Tomazetti 2003; Cardoso *et al.*, 2005; Hardy 2006; Jácome 2006; Santos *et al.* 2006; Vaughn *et al.*, 2006; Warner 2007; Barreto 2008; Guerra 2008). A presença de fosfatos nos FCs tem levantado questionamentos a respeito da origem do fósforo (Duma 1972; Freestone *et al.*, 1994; Costa *et al.*, 2004a, 2004b, 2009, 2010). As altas concentrações de fósforo em cerâmica arqueológica têm sido objetos de estudo de vários pesquisadores através dos tempos. Bollong *et al.*, (1993), ao estudarem cerâmicas da tribo Bushmen na África do Sul, determinaram através de fluorescência de raios X concentrações elevadas de Ca e P, o qual atribuiu à presença de ossos, conchas para Ca e relacionou os valores de P₂O₅ ao processo de queima das cerâmicas utilizando excremento animal. Maritan *et al.*, 2009 descrevem análises realizadas de fragmentos cerâmicos proveniente do assentamento Frattesina, Norte da Itália, com a presença de fósforo secundário, a partir da interação entre fosforo primário e condições específicas (Eh e pH) em que esses FCs encontrava-se no solo. Rodrigues (2010) ao analisar FCs provenientes da Zona do Salgado, identificou a formação da serie crandallita-goyazita.

Estudos texturais, mineralógicos e químicos sistemáticos de FCs da Amazônia constituem-se nos objetos de pesquisas conduzidos pela equipe do prof. Marcondes Lima da Costa com objetivos de compreender os distintos processos tecnológicos de produção, as diferentes matérias-primas e sua relação com a região e a cultura dominante, bem como os diferentes usos dos artefatos cerâmicos representados pelos

FCs. Esses resultados parciais encontram-se em Costa *et al.*, (2004a, 2004b, 2006, 2010), Silva (2010), Rodrigues (2010), Silva (2012).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

4.1.1. Aspectos Fisiográficos

A região dos sítios arqueológicos investigados se enquadra em clima tipicamente tropical, quente e úmido, com variações termais de 24 °C a 28 °C, e nelas são marcantes duas estações distintas: uma chuvosa e outra seca. A estação seca se estende de julho a novembro e o período de maior pluviosidade corresponde dezembro a junho, com umidade elevada, superior a 80% (Silva, 1991).

A vegetação é representada por Floresta Tropical Pluvial, e também campo Rupestre, também conhecida Vegetação de canga, que se restringe ao domínio de crostas ferruginosas (cangas) situadas no topo dos platôs e transição para as encostas.

Os solos dominantes são Latossolos e Pdzolicos (Brandt, 1988). Nos sítios estudados os solos são areno-argilosos com variações de marrom escuro (Munsell 10YR 3/3 Dark Brown) a marrom escuro amarelado (Munsell 10YR 4/4 ou 10YR 3/4 Dark Yellowish Brown) no Cachorro Cego e marrom (10YR 4/3 Brown) ao marrom amarelado (10YR 4/4 Dark Yellowish Brown) no Orlando.

Como informado anteriormente foram selecionados dois sítios arqueológicos, dos quais foram investigados FCs e apenas um deles solos. Ambos os sítios encontram-se na Província de Mineral de Carajás, em área do Salobo, situados na Floresta Nacional Tapirapé-Aquiri (FLONATA), no município de Marabá (Figura 1): Cachorro Cego e Orlando. Esses sítios foram investigados de forma sistemática pelos pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), sob a orientação científica da Dra. Maura Imázio da Silveira e Daniel F. Lopes, do Museu Goeldi, a convite da Salobo Metais S/A, cujos resultados se encontram em (Silveira *et al.*, 2008a).

Todos os sítios arqueológicos identificados estão cadastrados no banco de dados do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) através das fichas de Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA).

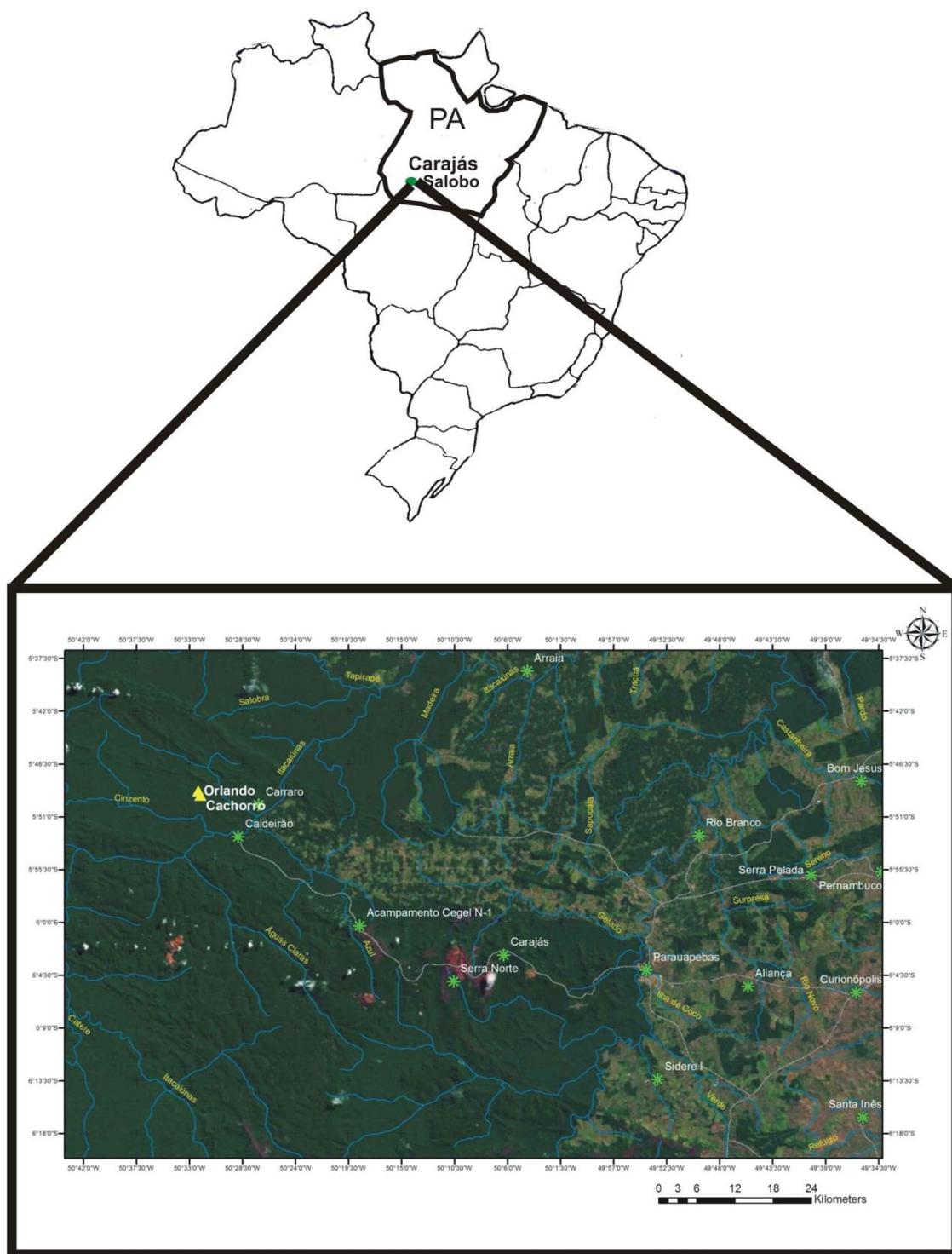


Figura 1-Mapa de localização da área de estudo.

4.1.2. Sítio Cachorro Cego

O sítio arqueológico Cachorro Cego (coordenadas: 22M 0551487 / 9356711 - margem de erro 4 m) foi identificado durante a prospecção sistemática na área de pilha estéril do Salobo, pois dispunha de grande quantidade de FCs, líticos e solo de coloração escura até a profundidade de 60 cm (Figura 2a) (Silveira *et al.*, 2005a).

O sítio envolve área de 550 x 375 metros, a céu aberto, situado à margem esquerda do igarapé do Cachorro Cego. É um sítio habitação, do tipo multicomponencial, com FCs do século XI e XIX da era cristã, além da presença de buracos de esteio e/ou estaca (Figura 2b), fogueiras, carvão, sementes, piso de ocupação e solo de terra preta arqueológica (TPA) (Silveira *et al.*, 2008a).



Figura 2- (a) Imagens dos perfis de escavação; (b) e abertura de sondagem mostrando buraco de estaca e ou esteio no sítio Cachorro Cego.

Fonte: 6º relatório final do salvamento arqueológico na área do projeto Salobo, 2008.

4.1.3. Sítio Orlando

O sítio Orlando (coordenadas: 22M 0551159 / 9357393 - margem de erro 6 m) com FCs tanto em superfície (Figura 3a) quanto em profundidades (Silveira, Machado & Rodrigues 2005a). É um sítio a céu aberto, 320 x 240 metros, em que a maior concentração de vestígios arqueológicos próximos a curso d'água, a 150m da margem direita do igarapé Cachorro Cego. Classifica-se como um sítio acampamento ou

habitação temporária, pois apresentou poucos vestígios arqueológicos, com FCs até < 20 cm de profundidade e ausência de solo não TPA (Figura 3b).

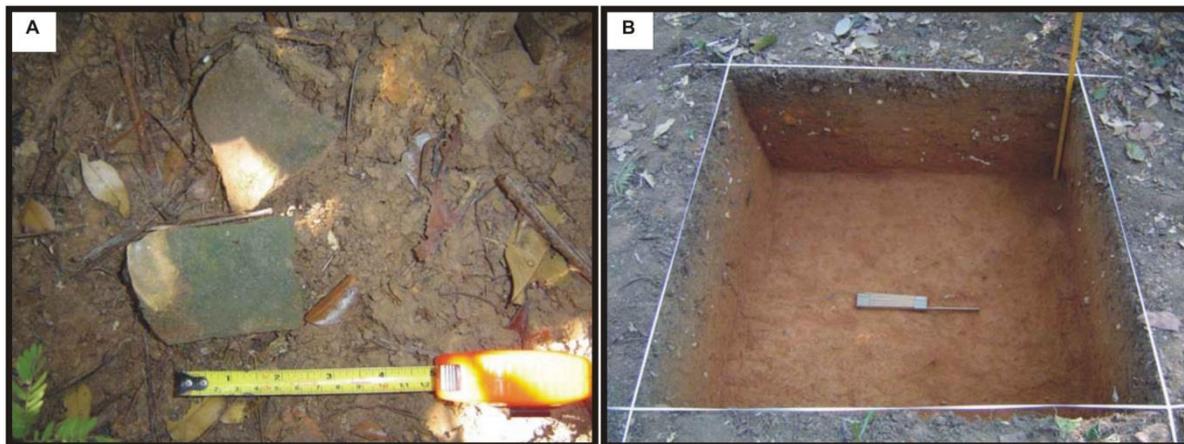


Figura 3- Imagens do sítio Orlando: material cerâmico em superfície (a) e em sondagens (b).

Fonte: 6º relatório final do salvamento arqueológico na área do projeto Salobo, 2008.

4.2. COLETA DE AMOSTRAS DE FCs

A coleta foi feita através de escavação com quadriculamento em malhas de 1x1m, de forma sistemática. Além das escavações, no sítio Cachorro Cego foram abertas trincheiras no setor E9, com a finalidade de melhor entender a ocupação do sítio. A escavação ocorreu entre 6 e 10 níveis naturais, dos 4 setores delimitados na E11 (Figura 4), que revelaram vestígios de sítio habitação (Silveira *et al.*, 2006, 2008a, 2009).

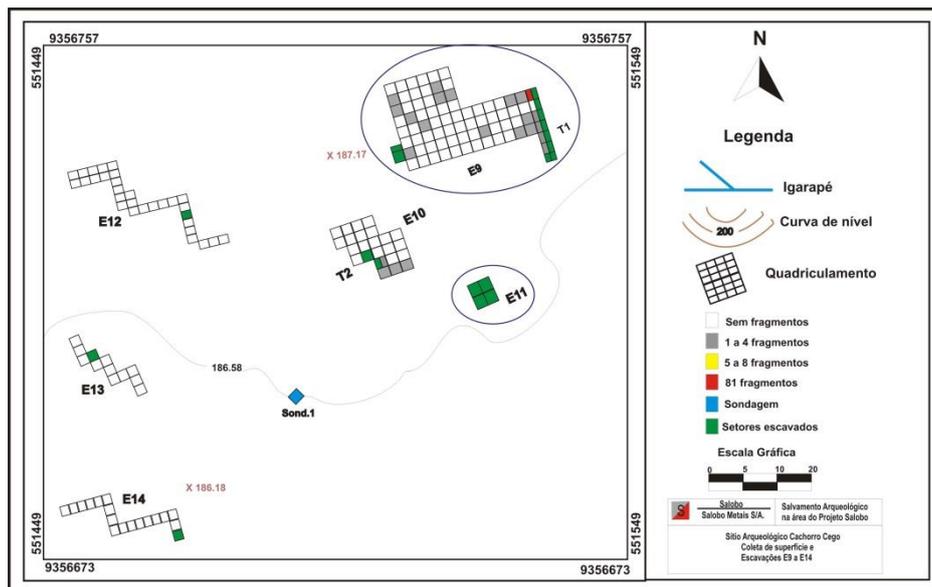


Figura 4- Mapa de amostragem de abertura de trincheira e sondagem dos setores E9 e E11 do sítio Cachorro Cego.

Fonte: 6º relatório final do salvamento arqueológico na área do projeto Salobo, 2008.

No sítio Orlando foi realizado também sondagens (1x1m) em duas áreas: porção sul (sondagem 1) e norte (sondagem 2) (Figura 5).

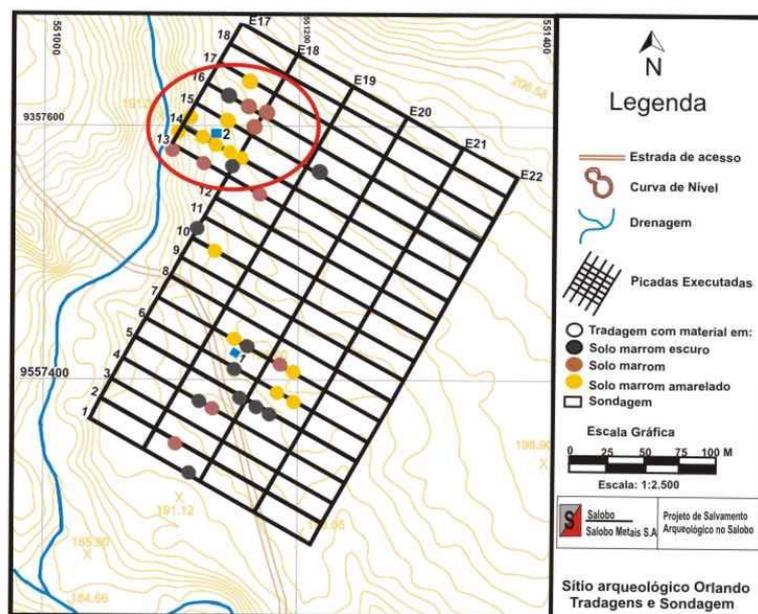


Figura 5- Mapa de sondagem e de coleta de amostras do sítio Orlando.

Fonte: 6º relatório final do salvamento arqueológico na área do projeto Salobo, 2008.

Os trabalhos de campo foram realizados por Maura Imázio da Silveira e Elisângela Regina de Oliveira do Museu Goeldi, dos quais não participou a autora do presente estudo. Entre as amostras de FCs e solos coletados, foram selecionadas 14 amostras de FCs nos dois sítios e 6 amostras de solo no Cachorro Cego.

4.3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de solo foram inicialmente secas ao ar livre, destorroadas e quarteadas e então peneiradas (< 2 mm); a amostra correspondente foi denominada de terra fina seca ao ar (TFSA). Uma alíquota foi pulverizada em gral de ágata para realização de análises químicas, mineralógicas e de fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantidade de amostras trabalhadas por sítio arqueológico.

Sítio	Quantidades	
	Solo	Cerâmica
Cachorro Cego	6	6
Orlando	*	8
Total	6	14

Os FCs foram previamente higienizados para a retirada do material aderido a sua superfície (solo) em seguida seca em temperatura ambiente. Uma fração foi encaminhada para a confecção de lâminas delgadas (microscopia ótica), MEV/EDS e outra para pulverização em gral de ágata para análises mineralógicas por DRX, químicas totais e de fertilidade.

O fluxograma (Figura 6) a seguir ilustra as etapas de preparação das amostras de solo e de FCs e as respectivas análises.

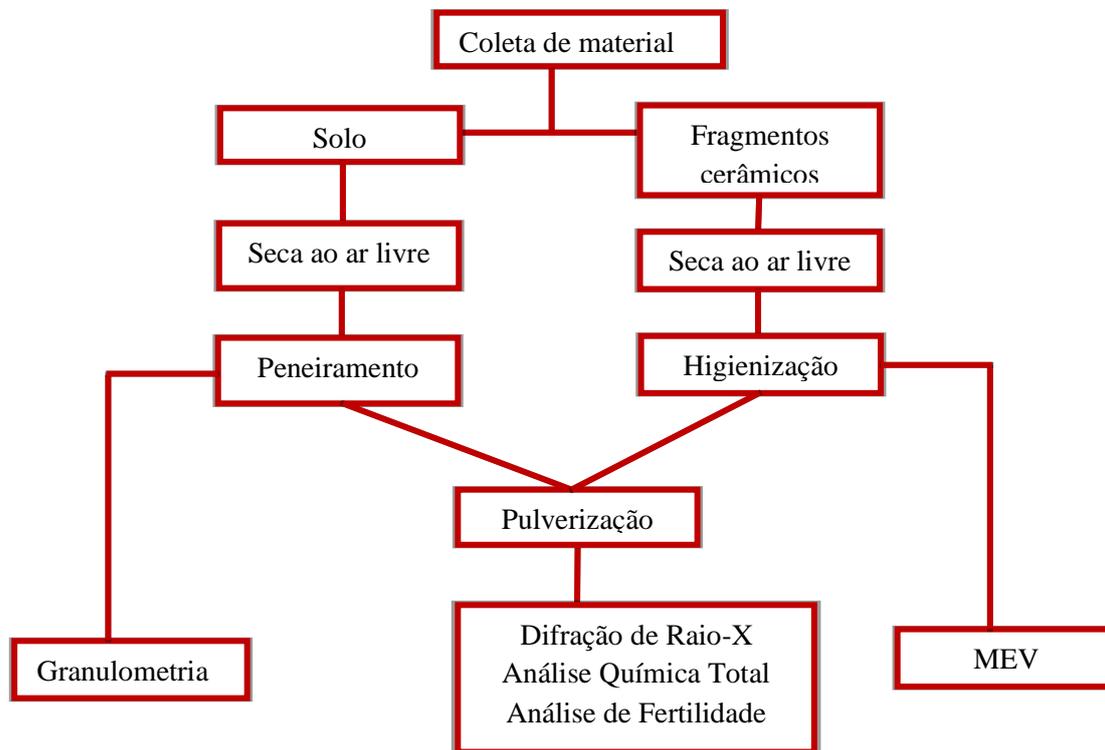


Figura 6- Fluxograma de atividades desempenhadas.

4.4. ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

As análises granulométricas foram realizadas nas amostras de solos do sítio Cachorro Cego com auxílio do Analisador de Partículas por Difração a Laser Analysette 22 MicroTec Plus com Unidade de Dispersão Úmida, da empresa Fritsch GmbH - Milling and Sizing. A cada grama de amostra adicionou-se 5 mL de água e 5 mL de solução dispersante de pirofosfato de sódio a 0,09 g L⁻¹ (Na₄P₂O₇ 0,09 g L⁻¹), que após agitação por 1h ficou em repouso por 24 horas. Em seguida a amostra foi inserida na unidade de dispersão úmida, para obtenção da análise do tamanho das partículas no intervalo 0,08 µm a 2000 µm. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (LaMiGA) do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada da Universidade Federal do Pará (GMGA-UFGA).

4.5. ANÁLISES MINERALÓGICAS

As determinações mineralógicas foram obtidas através da combinação da técnica de Difração de Raios X (DRX), Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectrometria de Energia Dispersiva (MEV/EED).

As análises DRX foram realizadas no Laboratório de Caracterização Mineralógica (LCM), do Instituto de Geociências da UFPA. O difratômetro utilizado foi o X'PERT PRO MPD, equipado com goniômetro PW 3040/60 (theta-theta) da PANalytical, com anodo de cobre ($\lambda_{\text{CuK}\alpha 1} = 1,5406 \text{ \AA}$), filtro $\text{K}\beta$, gerador de tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. O intervalo de varredura foi de 5° a $75^\circ 2\theta$, com passo de $0,02^\circ 2\theta$ e duração do passo de 5 segundos, aproximadamente. Os difratogramas obtidos foram interpretados com auxílio do software X'PERT HIGHSCORE, e por comparação com as fichas PDF (Powder diffraction files) através do software PCPDFWIN do ICDD (International Centre for Diffraction Data).

As análises de MO foram realizadas em 10 lâminas delgadas de FCs. Como o material cerâmico já se encontrava fragilizado pelas intempéries, o mesmo foi impregnado com resina Haraldite da série 750 e álcool endurecedor da série HY951 por um período de 24h. Em seguida foi preparada a lâmina delgada. As análises foram realizadas com auxílio do microscópio Zeiss Axiolab 450910 e lentes de aumento de 10, 20 e 50 vezes no laboratório de Gemologia do Museu de Geociências na Universidade Federal do Pará. Esta técnica foi importante para auxiliar as identificações por DRX, mas também avaliar os padrões texturais e os temperos presentes como carvão, cariapé, cauxi.

As análises de MEV/EED foram utilizadas também para auxiliar as identificações por MO e DRX, principalmente os antiplásticos e possíveis fosfatos. As análises foram realizadas com auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura Hitachi, modelo TM 3000 e Detector SwiftED 3000 e software SwiftED 3000. As análises foram realizadas no laboratório LaMiGA, junto ao Museu de Geociências da UFPA.

4.6. ANÁLISES QUÍMICAS TOTAIS (AQT) E DE FERTILIDADE

As análises AQT em solos e FCs foram realizadas na AcmeLabs Ltda. As amostras foram abertas através de fusão com tetraborato e metaborato de lítio, e

respectivas pastilhas dissolvidas com ácido nítrico e as leituras por ICP-MS e ICP-OES. A perda ao fogo (PF) foi obtida por calcinação a 1000°C e gravimetria.

As análises de fertilidade dos solos e FCs segundo o Manual de Métodos de Análise de Solos da Embrapa (1997) (Tabela 2) foram realizadas através da solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 M e H₂SO₄ 0,0125 M) também conhecida como duplo-ácida ou Carolina do Norte, a partir da mistura de ácido clorídrico 36,5% pureza e ácido sulfúrico 98% pureza.

O fósforo disponível foi determinado espectrofotometricamente em aparelho de marca DU-Spectrophotometer por meio de leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, no Laboratório de Análise Química (IG/UFPA). Os demais componentes químicos (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Zn, Fe, Mn e Cu) por espectrofotometria de Absorção Atômica e de Via Úmida do IG/UFPA.

Tabela 2- Parâmetros de fertilidade de solos e FCs analisados e respectivos extratores.

Análise de Fertilidade	
P Na ⁺ K ⁺	Extrator mehlich 1
Ca ²⁺ Mg ²⁺	Extrator KCl 1M
Zn Fe Mn Cu	Extrator mehlich 1

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. FRAGMENTOS CERÂMICOS (FCs)

5.1.1. Mineralogia

Os FCs do sítio Cachorro Cego são constituídos de quartzo, albita e metacaulinita como fases minerais principais. Como acessórios ocorrem microclínio e muscovita (Tabela 3). Nas figuras 7 e 8 é observada a elevação do background que pode ser explicado devido à presença de fases amorfas ou de baixa ordem cristalina relacionada ao argilomineral do tipo 1:1 (caulinita), principal constituinte da pasta cerâmica, que sofreu desidroxilação a partir da queima que foram submetidos estes FCS, tornando-se amorfos a DRX (metacaulinita).

Tabela 3 - Composição mineralógica dos FCs nos sítios Cachorro Cego e Orlando.

Minerais/Sítios	Cerâmica Cahorro Cego (6)	Solo Cachorro Cego (6)	Cerâmica Orlando (8)
Quartzo	XXX	XXX	XXX
Feldspato	XX(Ab); X (MC)	n.i	XX(Ab); X (Mc)
Caulinita	n.i	n.i	X
Metacaulinita *	XX	n.i	XX
Muscovita	XX	XXX	XX
Hematita	n.i	X	n.i
Anatásio	n.i	XX	n.i

* Caulinita Calcinada

Qtz (Quartzo); Ab (Albita); Mc (Microclínio); Ms (Muscovita); Hem (Hematita); Ant (Anatásio)

n.i não identificado

(6) (8) n° de amostras

Caulinita foi identificada apenas em um único FC (OLD 417), indicando possível neoformação durante a pedogênese ou então temperatura de queima inferior a 550°C (Figura 8) e/ou reação incompleta, temperatura de colapso deste mineral (Santos, 1989). A composição mineralógica desses FCs assemelha-se parcial ou totalmente àqueles de vários sítios TPA da Amazônia (Costa *et al.*, 2010; Silva 2010; Silva 2012). Metacaulinita em FCs da Amazônia vem sendo demonstrado por Costa *et al.*, 2004a 2009b, 2011a ; Silva 2010; Rodrigues 2011, que empregam essas características difratométricas para avaliar a temperatura de queima dos vasos cerâmicos, que é da ordem de 550°.

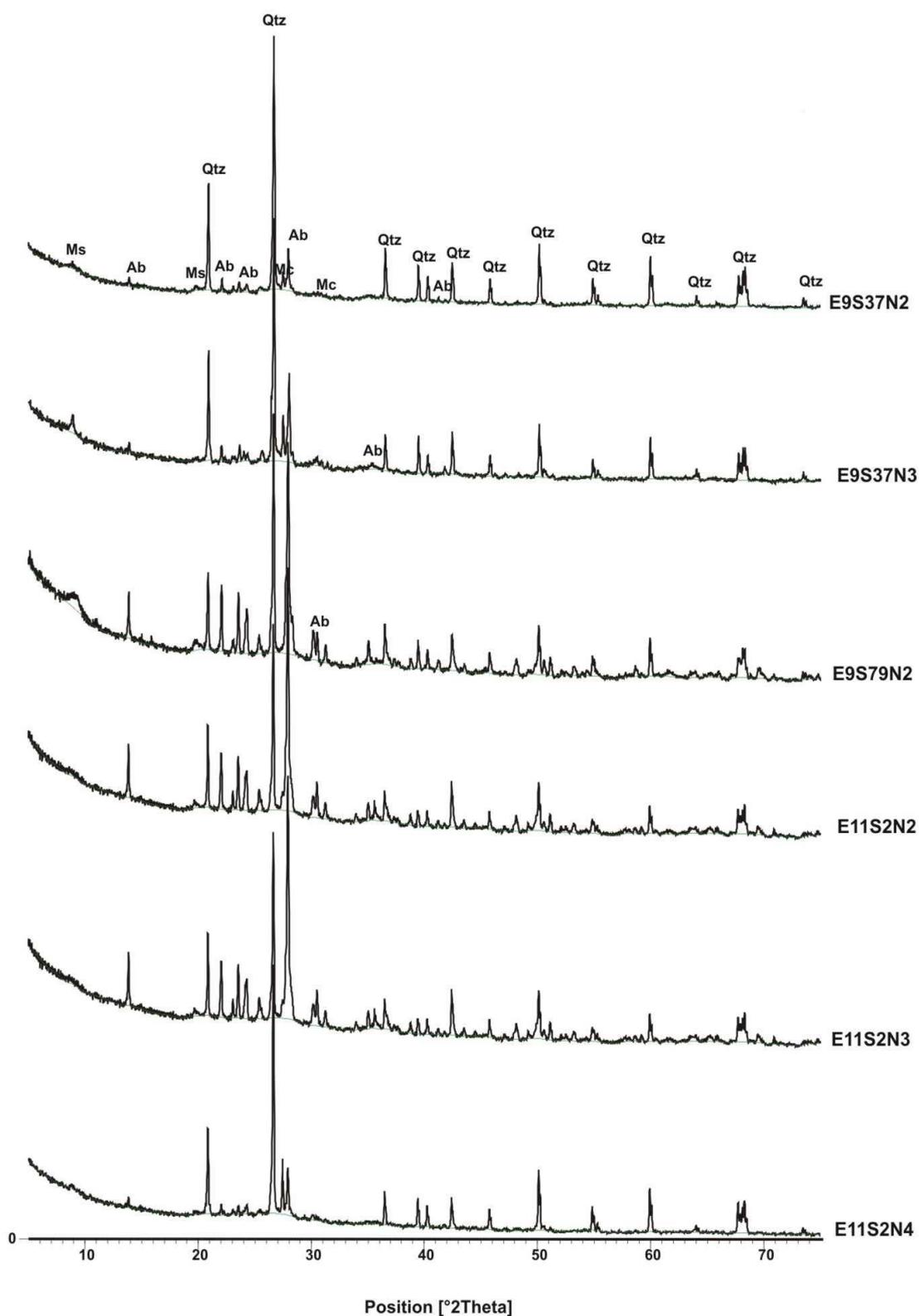


Figura 7 - Minerais identificados por DRX nas amostras de FCs do sítio Cachorro Cego: quartzo :Qtz; albita: Ab; Microclínio: Mc e muscovita: Ms.

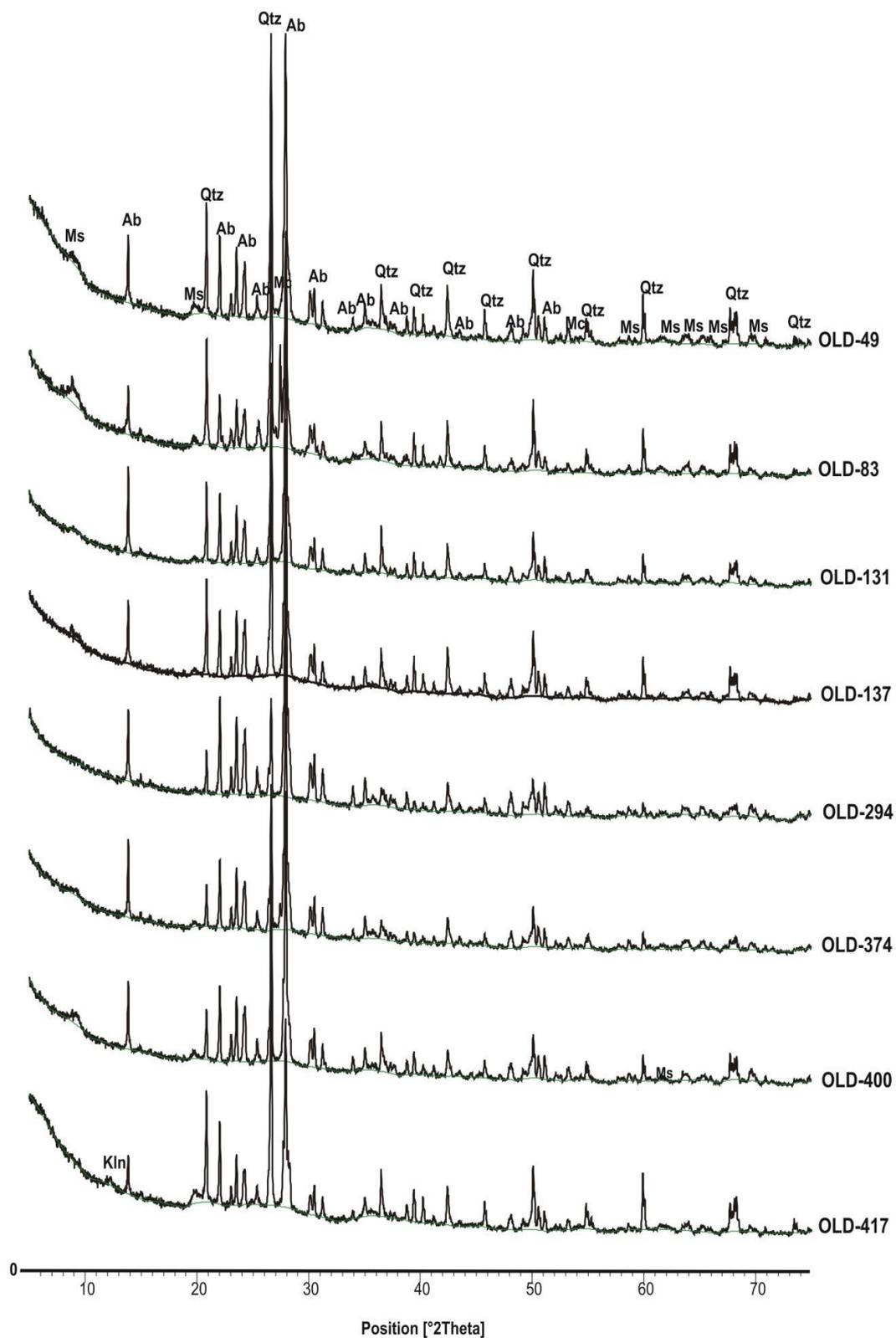


Figura 8 - Minerais identificados por DRX nas amostras de FCs no sítio Orlando: quatzo: Qtz; albita: Ab; caulinita: Kln; Mc: Microclínio e Ms: muscovita.

5.1.2. Aspectos Micromorfológicos dos FCs

Os FCs apresentam pouca diversidade em antiplástico, porém distinções entre si. Os FCs Cachorro Cego são constituídos por matriz marrom criptocristalina, microporosa, envolvendo os grãos de quartzo e de feldspatos e de temperos orgânicos (cauxi e cariapé) com ocorrências de manchas de óxido de ferro (Figura 9) dispersas. Estas manchas apresentam diferentes tamanhos, $< 10 \mu\text{m}$. Certamente, óxidos e hidróxidos de Fe constituíam fases minerais das matérias primas argilosas empregadas para confecção das peças cerâmicas. Também foi observada presença de minerais identificados como albita com tamanho aproximado de $2,5 \mu\text{m}$ (Figura 10). Os FCs do sítio Orlando apresentam uma matriz similar, porém mais acentuadas em manchas marrons. A mica ocorre como finas lamelas dispersas na matriz.

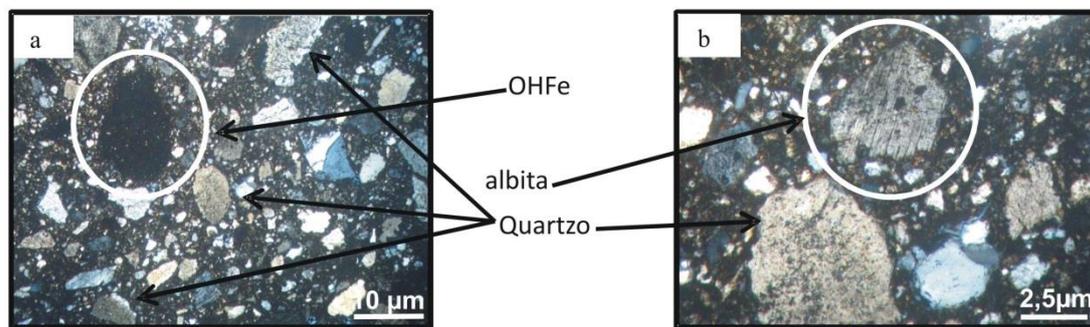


Figura 9 - (a e b) Fotomicrografia óptica de FCs do sítio Cachorro Cego mostrando a abundância de grãos grossos e finos de quartzo e albita e OH: óxihidróxido de Fe. Observação sob nicóis cruzados.

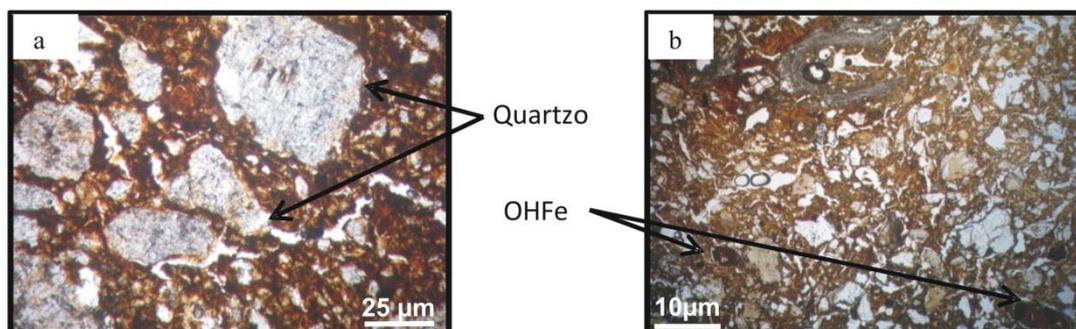


Figura 10 - (a e b) Fotomicrografia óptica de FCs do sítio Orlando. Matriz impregnada de oxihidróxidos de Fe circundado grãos de quartzo. Observação sob nicóis cruzados.

A origem da metacaulinita a partir de caulinita é demonstrada pelos *booklets*, pseudomorfos deste mineral (Figura 11) e pelas análises químicas semiquantitativas (MEV/EED) indicando o domínio de Al e Si. As pequenas concentrações de K e Mg sugerem a muscovita/illita, enquanto as de oxihidróxidos de Fe (hematita e/ou goethita, esta neoformada durante o descarte dos FCs), que dão a cor marrom dispersa da matriz. Embora não identificado claramente por DRX o anatásio deve estar presente em baixo teor, indicado pelas análises MEV/EED (Figura 11), uma fase acessória comum nos FCs da Amazônia.

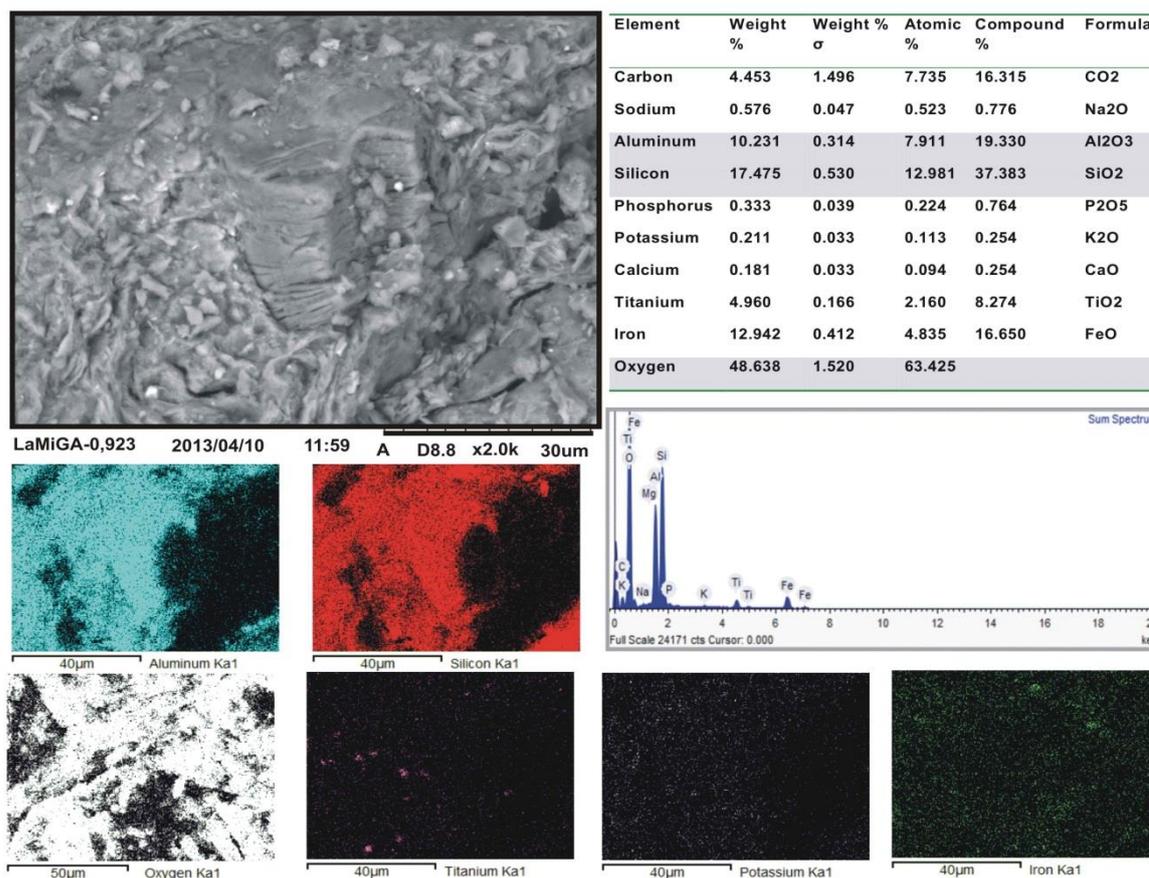


Figura 11 - Fotomicrografia de microscopia eletrônica de varredura e mapas químicos da matriz de FCs Amostra do sítio Orlando (OLD 417) mostrando *booklet* de metacaulinita segundo caulinita (pseudomorfo).

5.1.3. Composição Química

5.1.3.1. Elementos Maiores

A composição química dos fragmentos cerâmicos dos sítios Cachorro Cego e Orlando (Tabela 4) mostra que os principais componentes químicos são: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e Na_2O , cujas concentrações médias são comuns aos dois sítios e retratam seus minerais principais: quartzo, metacaulinita, albita e goethita/hematita. Os minerais de ferro não foram identificados por DRX, possivelmente amorfos. A albita como mineral principal é reforçada pelos diagramas ternários da Figura 12 abaixo, em que as amostras tendem para o campo do Na_2O , da mesma forma que quartzo, para o vértice de SiO_2 . Elementos como MgO , CaO , TiO_2 , MnO , K_2O e P_2O_5 estão presentes em quase todos FCs, em concentração média inferior a 1%, com exceção K_2O em três amostras de FCs de Cachorro Cego e duas de Orlando, na ordem de 1,2 % em Cachorro Cego e 1,1% em Orlando. K_2O corresponde ao microclíneo e $\text{K}_2\text{O} + \text{MgO}$ a muscovita/illita. A semelhança química entre os dois sítios é enaltecida pelos diagramas ternários da Figura 12, com dispersão química idêntica entre eles.

Os teores de P_2O_5 encontra-se com valores relativamente baixos nos dois sítios, sendo muito mais baixos em Orlando (média de 0,07%) do que em Cachorro Cego (média de 0,24%), próximos dos níveis crustais, mesmo assim inferior quando comparados com a maioria dos FCs da Amazônia (Kern 1996; Costa *et al.*, 2004, 2006 e 2009b; 2011), mais semelhante aos de Barcarena (Silva 2010)

Tabela 4 - Composição química dos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.

Amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF
Cerâmicas	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Cachorro Cego										
E9S37N2	58,63	18,39	4,97	0,60	0,19	4,84	0,28	0,46	0,16	11,3
E9S37N3	59,00	15,73	7,27	0,58	0,51	3,95	0,88	0,64	0,32	10,9
E9S79N2	64,97	14,77	5,08	0,47	0,63	3,19	1,10	0,86	0,22	8,5
E11S2N3	62,08	17,51	4,70	0,47	0,20	3,66	1,26	0,42	0,17	9,4
E11S2N4	63,21	16,03	4,60	0,35	0,35	2,29	1,27	0,45	0,14	11,2
E11S2N5	64,13	15,25	4,94	0,35	0,16	2,58	0,42	0,72	0,41	10,9
Média	62,00	16,28	5,26	0,47	0,34	3,42	3,42	0,87	0,59	10,37
Orlando										
OLD 49	60,84	15,69	7,57	0,53	1,51	3,15	1,16	0,52	0,05	8,8
OLD 83	61,96	16,32	6,23	0,45	0,81	3,27	1,13	0,57	0,08	9,0
OLD 131	64,20	16,83	5,10	0,37	0,21	4,56	0,35	0,36	0,06	7,9
OLD 137	64,62	16,88	4,17	0,57	0,19	4,96	0,26	0,40	0,06	7,8
OLD 294	60,60	16,13	7,01	0,35	0,60	4,08	1,55	0,37	0,11	9,0
OLD 374	63,92	16,21	5,46	0,42	0,16	4,34	1,00	0,29	0,07	8,0
OLD 400	63,14	16,06	5,82	0,54	0,21	5,74	0,15	0,28	0,08	7,9
OLD L417	66,65	14,45	5,07	0,46	0,27	3,54	0,20	0,51	0,05	8,7
Média	63,24	16,07	5,80	0,46	0,50	4,21	0,73	0,41	0,07	8,4
*MC	61,50	15,20	6,28	3,70	5,50	3,30	2,40	0,68	0,18	

*Folhelos

*Média Crustal (Wedepohl 1995)

*Folhelos (Wedepohl 1995)

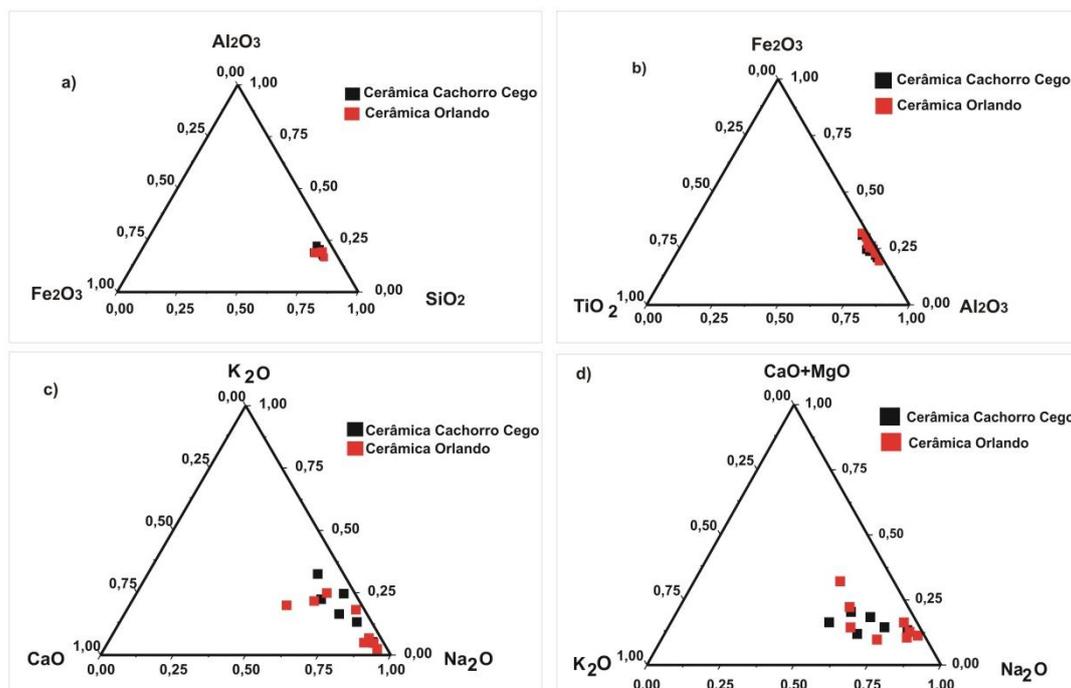


Figura 12- Diagramas ternários de dispersão química: a) SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃; b) Al₂O₃-Fe₂O₃-TiO₂; c) Na₂O-K₂O-CaO e d) Na₂O-CaO+MgO-K₂O nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.

Os FCs dos sítios aqui investigados se assemelham em parte aos de outros sítios da Amazônia, como Cachoeira Porteira (Pará) (Costa *et al.*, 2004a), no sítio Juruti e Barcarena 8 (Pará) (Silva 2010) e sítio e da Mata (Maranhão) (Silva 2012), divergindo apenas em Na_2O (Figura 13), onde Cachorro Cego e Orlando encontra-se superior aos demais sítios, porém em menor concentração apenas de P_2O_5 (Figura 14).

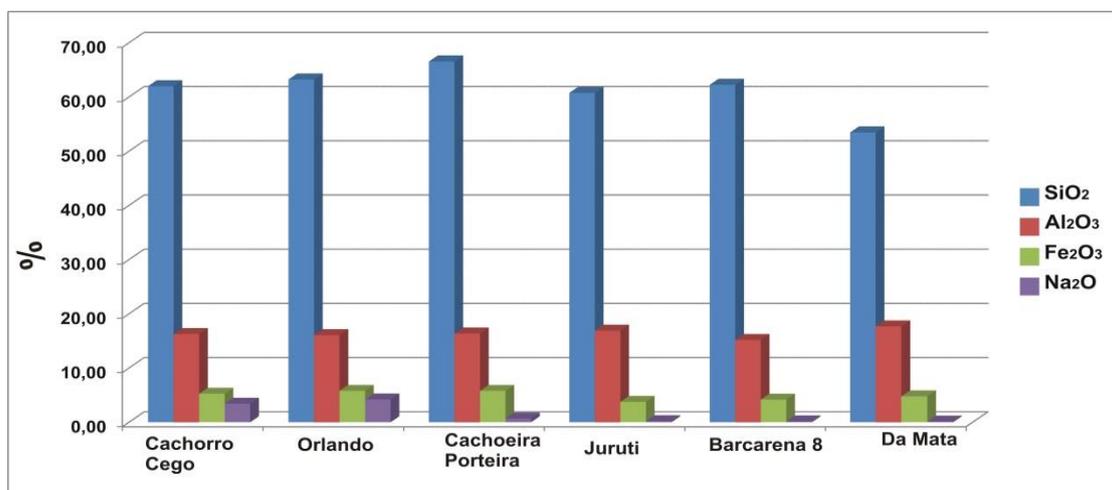


Figura 13 - Concentrações médias de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e Na_2O nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando comparadas a outros sítios arqueológicos.

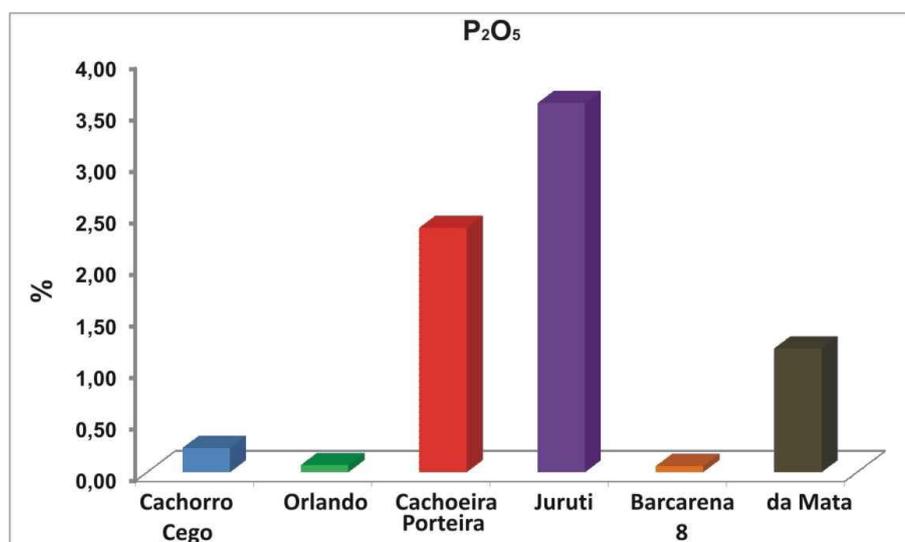


Figura 14 - Concentrações médias de P_2O_5 nos FCs de Cachorro Cego e Orlando comparadas àqueles de outros sítios arqueológicos.

5.1.3.2. Elementos-traço

As concentrações dos elementos-traço nos FCs investigados são relativamente baixo, equivalendo-se a média dos folhelhos ou mesmo abaixo destes Sc, Be, V, Cr, MnO, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, W, Hg, e Tl, Pb, Bi e Th, sobressaindo apenas Ga, Y, Zr, Nb, Ag, Ta e U, em ambos os sítios com valores mais elevados. Por outro lado, quando comparados com a média crustal os valores médios da maioria dos elementos apresentam concentrações mais baixas Sc, V, Cr, MnO, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Nb, Mo, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Hg, Tl, Pb, Bi e apenas Y, Zr, Ag, Cd, Au, Th e U são mais elevados em ambos os sítios. No entanto elementos-traço como Y, Zr, Ag, Au, Th e U encontra-se com maior variação e estão relativamente mais concentrados nos fragmentos cerâmicos do sítio Cachorro Cego. As concentrações individuais em ambos os sítios apresentaram variações ligeiramente pequenas (Tabelas 5).

Tabela 5- Concentrações dos elementos-traço dos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.

Amostras	Sc	Be	V	Cr	MnO	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego												
E9S37N2	7	4	55	0,005	0,01	8,3	12,0	42,9	17	24,6	0,5	0,5
E9S37N3	8	3	64	0,004	0,02	17,5	24,5	30,9	19	22,6	0,5	0,5
E9S79N2	8	1	94	0,005	0,02	8,8	19,6	27,6	14	21,7	0,5	0,5
E11S2N3	5	4	44	0,002	0,01	6,7	8,7	39,6	13	20,8	0,5	0,5
E11S2N4	4	2	48	0,002	0,01	6,3	14,7	47,5	30	20,8	0,5	0,5
E11S2N5	6	2	46	0,002	0,01	7,8	8,6	20,3	17	21,6	0,5	0,8
Média	6	3	59	0,004	0,24	9,2	14,7	34,8	18	22,0	0,5	0,6
Orlando												
OLD 49	6	4	61	0,003	16,6	30,5	43,5	23	21,7	0,5	0,5	0,5
OLD 83	8	8	59	0,003	9,3	18,6	81,3	14	20,6	0,5	0,5	0,6
OLD 131	4	2	49	0,003	6,3	10,4	22,3	10	22,5	0,5	0,5	0,5
OLD 137	5	2	43	0,001	4,9	7,3	48,4	12	20,7	0,5	0,5	0,5
OLD 294	6	2	51	0,002	7,4	8,9	19,6	10	20,3	0,5	0,5	0,5
OLD 374	3	2	43	0,002	5,4	9,4	18,4	16	21,2	0,5	0,5	0,5
OLD 400	3	3	47	0,003	7,7	10,6	11,9	12	19,8	0,5	0,5	0,5
OLD L417	5	2	52	0,002	7,9	15,7	25,9	17	18,2	0,5	0,5	0,5
Média	5	3	51	0,003	8,2	13,9	33,9	14	20,6	0,5	0,5	0,5
*MC	16	-	98	126	24	56	25	65	15	2	-	-
*Folhelos	13	-	130	90	19	68	45	95	19	13	-	-
Continuação												
Amostras	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs	Ba
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego												
E9S37N2	25,2	30,4	41,6	356,0	17,6	0,1	0,1	0,1	3	0,1	0,3	85
E9S37N3	34,4	49,2	36,9	353,0	17,4	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2	262
E9S79N2	46,1	58,0	32,7	359,4	16,4	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	351
E11S2N3	41,0	27,2	40,0	327,0	17,5	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2	200
E11S2N4	51,8	47,0	19,8	293,6	17,6	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,3	249
E11S2N5	17,6	19,4	49,8	481,5	31,3	0,1	0,1	0,1	3	0,1	0,1	125
Média	36,0	38,5	36,8	361,8	19,6	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2	212
Orlando												
OLD 49	52,2	189,5	8,1	261,5	7,5	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,3	654
OLD 83	49,3	101,1	23,3	294,6	10,6	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,3	442
OLD 131	20,5	25,8	23,0	245,0	15,0	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,1	97
OLD 137	13,1	18,5	38,6	248,6	11,9	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2	75
OLD 294	47,8	74,6	51,3	310,7	14,2	0,7	0,1	0,1	2	0,1	0,2	453
OLD 374	30,7	21,2	23,3	229,7	17,1	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,1	137
OLD 400	13,0	23,1	44,1	258,6	14,5	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,1	56
OLD L417	12,1	19,4	26,4	337,4	21,0	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,1	91
Média	29,8	59,2	29,8	273,3	14,0	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2	251
*MC	78,0	333,0	24,0	203,0	19,0	1,1	0,1	0,1	2	0,3	3,4	584
*Folhelos	140	300	26	160	11	2,6	0,07	0,3	6	1,5	5	580

										Continuação
Amostras	Hf	Ta	W	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego										
E9S37N2	9,4	0,8	0,5	2,8	0,01	0,1	5,0	0,1	74,3	9,8
E9S37N3	10,0	1,0	1,4	2,5	0,02	0,1	7,1	0,1	61,6	7,6
E9S79N2	9,3	1,0	0,9	1,2	0,01	0,1	5,9	0,1	42,4	6,6
E11S2N3	9,6	0,7	0,5	3,8	0,01	0,1	6,6	0,1	72,1	10,5
E11S2N4	8,1	0,8	0,5	1,9	0,01	0,1	6,6	0,1	45,4	8,1
E11S2N5	12,7	1,8	0,8	2,8	0,01	0,1	7,9	0,1	112,2	20,3
Média	9,9	1,0	0,8	2,5	0,01	0,1	6,5	0,1	68,0	10,5
Orlando										
OLD 49	6,5	0,7	0,5	1,2	0,01	0,1	4,5	0,1	16,6	1,5
OLD 83	7,9	0,5	0,6	2,1	0,01	0,1	6,7	0,1	19,9	3,7
OLD 131	6,8	0,7	0,6	3,3	0,02	0,1	4,1	0,1	24,3	5,6
OLD 137	6,8	0,5	0,6	2,3	0,01	0,1	4,1	0,1	31,6	7,0
OLD 294	9,5	0,6	0,5	1,5	0,01	0,1	10,9	0,1	53,1	6,0
OLD 374	7,0	0,7	0,5	2,6	0,02	0,1	4,4	0,1	43,9	7,2
OLD 400	8,2	0,6	0,5	2,9	0,01	0,1	3,5	0,1	40,3	6,9
OLD L417	9,4	1,0	0,7	2,8	0,01	0,1	4,6	0,1	31,1	7,3
Média	7,8	0,7	0,6	2,3	0,01	0,1	5,4	0,1	32,6	5,7
*MC	4,9	1,1	1	2,5	0,04	0,75	14,8	0,12	8,5	1,7
*Folhelos	-	0,8	1,8	0,055	0,4	1,4	-	-	12	3,7

*Média Crustral (Wedepohl 1995)

*Folhelos (Wedepohl 1995)

Quando confrontados a outros sítios (Tabela 6), as concentrações médias dos elementos traço incluindo U e Th dos FCs estudados divergem bastante, indicando que a matéria prima argilosa usada na confecção e de procedência distinta, que se remete a cada região, com características geológicas diferentes. Os FCs estudados se destacam pelos seus altos valores de Y, Th, U e Cu e baixos de Zn, As e Pb. As concentrações de Y, Zr, Hf, Nb, Ta, Ba e Au são as mais contrastantes, sensíveis provavelmente aos minerais acessórios, cujos valores de Zr, sugerem o mineral zircão. Y, Zr, Hf, Nb, Ta representam os High Field Strength Elements + (Y), que estão mais elevados no sítio Cachorro Cego. Os valores de Th e U são relativamente os mais concentrados. Portanto a matéria prima comum empregada nos dois sítios investigados, não era similar àquelas empregadas na comparação.

Tabela 6 - Concentrações médias dos elementos-traço nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando comparados com aqueles dos sítios Juruti e Barcarena 8 (Pará) e da Mata (Maranhão), além da média crustal e folhelhos.

Amostras	Sc	Be	V	Cr	MnO	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego	6	3	59	0,002	0,24	9,2	14,7	34,8	18	22,0	0,5	0,6
Orlando	5	3	51	0,003	8,2	8,2	13,9	33,9	14	20,6	0,5	0,5
Juruti	14	1	94	27	0,04	6	18	23	115	21	3	<0,5
Barcarena 8	14	1	127	45	<0,01	8	34	10	30	22	4	0,8
Da Mata	13,6	2	100	102,6	-	8,4	16,4	8,4	55,6	19,5	6,9	0,8
*MC	16	-	98	126	0,07	24	56	25	65	15	2	-
*Folhelhos	13	-	130	90	0,11	19	68	45	95	19	13	-

Continuação											
Amostras	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego	36,0	38,5	36,8	361,8	19,6	0,1	0,1	0,1	2	0,1	0,2
Orlando	29,8	59,2	29,8	273,3	14,0	0,2	0,1	0,1	2	0,1	0,2
Juruti	102	67	22	145	14	0,3	0,1	0,5	3	0,1	9
Barcarena 8	57	32	24	295	23	0,3	0,1	0,1	4	0,1	7
Da Mata	32,3	40,5	33,2	420,3	20,1	0,46	-	-	2,6	-	4,1
*MC	78,0	316,0	24,0	203,0	19,0	1,1	0,1	0,1	2	0,3	3,4
*Folhelhos	140	300	26	160	11	2,6	0,07	0,3	6	1,5	5

Continuação											
Amostras	Ba	Hf	Ta	W	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
Cerâmicas	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego	212	9,9	1,0	0,8	2,5	0,01	0,1	6,5	0,1	68,0	10,5
Orlando	251	7,8	0,7	0,6	2,3	0,01	0,1	5,4	0,1	32,6	5,7
Juruti ¹	459	4,3	1,1	2	30,1	0,02	0,5	21	0	12,9	3,2
Barcarena 8 ¹	280	8,5	1,5	2	1	0,07	0,2	21	0,3	16,9	3,6
Da Mata ²	197,3	11,5	1,4	1,5	nd	0,07	nd	21,2	0,1	16	2,8
*MC ³	584	4,9	1,1	1	0,055	0,056	0,75	14,8	0,12	8,5	1,7
*Folhelhos ³	580	-	0,8	1,8	0,4	0,4	1,4	-	-	12	3,7

¹Silva 2010-valores médios dos sítios Juruti e Barcarena 8

²Silva 2011-valores médios do sítio da Mata

³Wedepohl 1995

No diagrama ternário V- Zn- As (Figura 15a) é possível observar que quase todos os fragmentos cerâmicos descrevem um campo único, que varia apenas entre V e Zn. Os FCs dos sítios Cachorro Cego, Orlando e Barcarena 8 apresentam concentração maior em V, no entanto Jabuti encontra-se com teor de Zn relativamente mais elevado do que os demais sítios. Já no diagrama Ba-Sr-Rb (Figura 15b) constata-se que todos os FCs ocupam campo semelhante, com pouca variação em termos dos componentes Ba e Sr, portanto equivalem entre si. Apenas duas amostras de cerâmicas, Cachorro Cego e Orlando divergem das anteriores (Figura 15b).

Os resultados observados sugerem, portanto que os FCs aqui investigados, apresentam grandes similaridades geoquímicas entre si, mostrando que as matérias-primas usadas na confecção das peças cerâmicas provem de rochas semelhantes, existentes na região onde estão localizados os sítios arqueológicos.

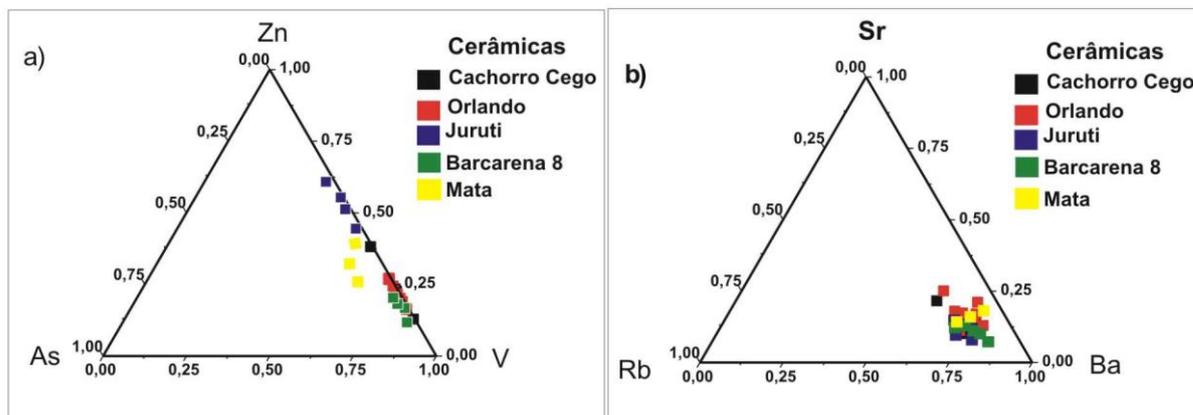


Figura 15 – Diagramas ternários para as concentrações de V-Zn-As e Ba-Sr-Rb.

Os resultados das concentrações elementos presente nas cerâmicas dos sítios Cachorro Cego e Orlando foram submetidos à análise de cluster, empregando-se o método de 1-Pearson para elementos e distância Euclidiana para amostra. O dendrograma (Figura 16a) assim obtidos para a composição química dos FCs de ambos os sítios permitiram identificar as seguintes associações químicas: $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO-Sr-Ba-K}_2\text{O-Rb-Co-Ni-TOT/S}$, que possivelmente está ligada aos oxihidroxidos de ferro; $\text{TiO}_2\text{-Sc-Mn-W-V-Cr-P}_2\text{O}_5\text{-Zr-Hf-Nb-U-Th-Ta}$, com minerais acessórios como anatásio e zircão, não identificados por DRX, devido a baixa concentração, mas observados oticamente; $\text{MgO-Na}_2\text{O-Hg-Au-TOT/C-Cs-Cu-Be-Zn-Sn-Pb-Mo-Ga-(PF)}$ possivelmente refletindo a matriz de metacaulinita. A análise de agrupamento das amostras (Figura 16b) indica que os fragmentos dos dois sítios são moderadamente homogêneos, corroborando com a sugestão de que eles foram confeccionados a partir da mesma matéria prima.

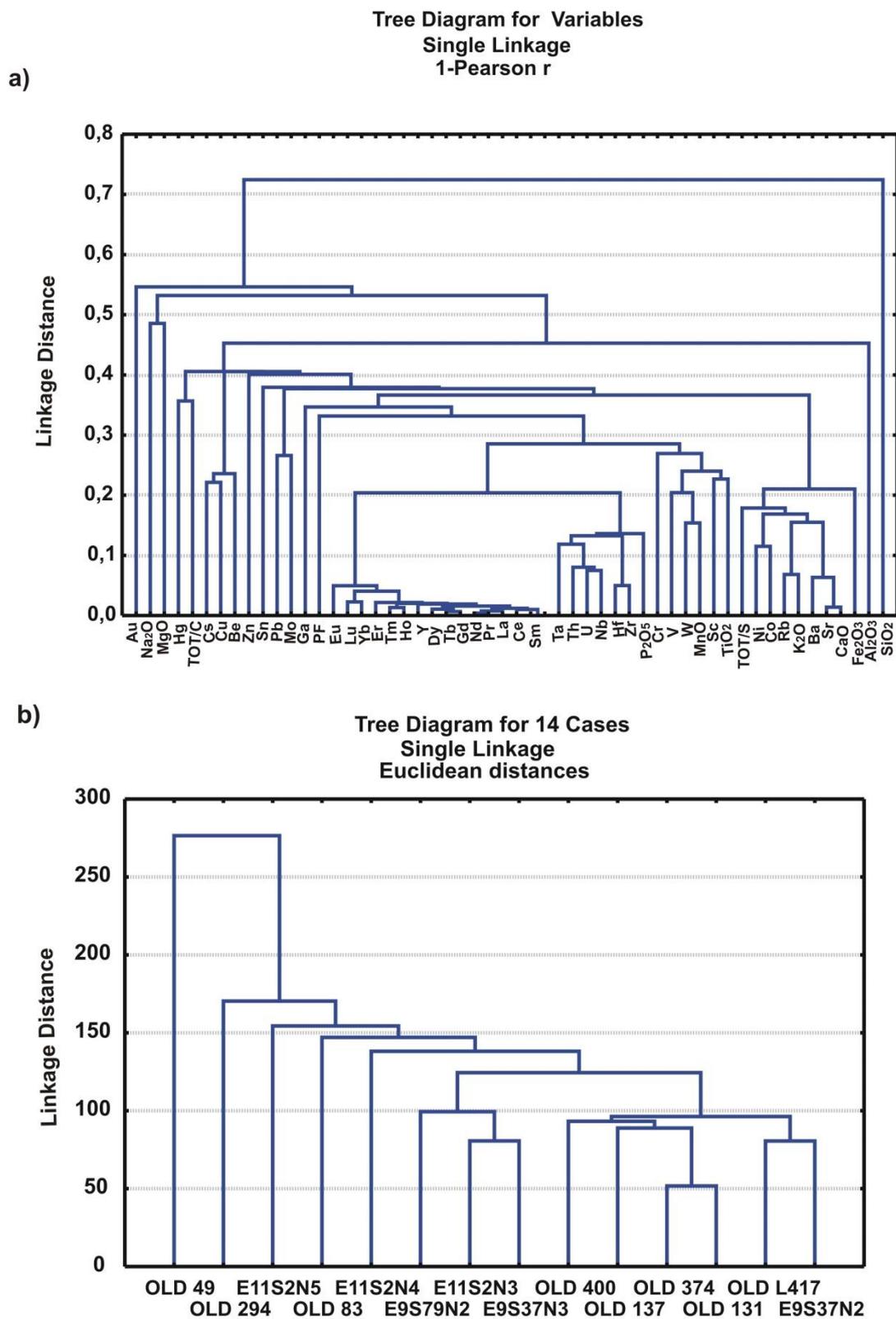


Figura 16 - Dendrograma dos elementos químicos e amostras nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.

5.1.3.3. Elementos terras raras (ETR)

As concentrações dos ETR dos FCs nos sítios são ligeiramente mais elevadas naqueles do Cachorro Cego, em torno de 10% para ETRL e de 20 a 30% para os ETRP. As concentrações estão na faixa de 2 a 3 vezes superior à média crustal e mesmo aos folhelhos, principalmente nos ETRL (Tabela 7). Portanto os valores ETR acompanham aqueles mais elevados de Zr, Hf, Nb, Ta, Y, U e Th, com destaque para os FCs do Cachorro Cego. Os teores mais elevados de Zr indicam abundância maior de zircão neste sítio, como indicado anteriormente.

Tabela 7 - Concentrações médias dos ETR nos FCs dos sítios Cachorro Cego e Orlando.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Cachorro Cego	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
E9S37N2	120,4	189,9	18,81	63,2	10,01	1,83	9,16	1,37	7,68	1,64	4,17	0,74	4,57	0,71
E9S37N3	129,8	224,5	20,89	67,0	12,10	1,89	10,22	1,45	7,27	1,39	4,18	0,57	3,76	0,61
E9S79N2	120,7	213,3	19,77	65,4	10,67	2,04	9,18	1,31	7,45	1,27	3,85	0,51	2,79	0,52
E11S2N3	139,3	209,4	23,42	76,5	11,41	1,92	9,86	1,33	7,48	1,32	3,79	0,56	3,23	0,47
E11S2N4	69,5	124,7	13,19	40,8	6,43	1,07	5,23	0,74	4,29	0,71	2,21	0,33	2,05	0,30
E11S2N5	151,9	240,6	25,14	77,7	12,41	2,10	11,19	1,58	8,94	1,66	5,18	0,76	4,95	0,74
Média	121,9	200,4	20,20	65,1	10,51	1,81	9,14	1,30	7,19	1,33	3,90	0,58	3,56	0,56
Orlando														
OLD 49	22,0	62,8	4,11	12,3	2,15	0,63	1,71	0,26	1,76	0,33	1,13	0,18	1,46	0,22
OLD 83	110,7	166,3	17,51	54,2	8,11	1,81	6,51	0,86	4,44	0,77	2,12	0,31	1,92	0,28
OLD 131	87,5	136,0	14,33	47,9	7,03	1,20	5,32	0,74	4,05	0,76	2,03	0,35	2,33	0,36
OLD 137	139,2	191,4	21,11	68,2	10,66	1,99	8,99	1,20	6,83	1,26	3,37	0,54	2,99	0,46
OLD 294	189,9	296,9	32,35	102,3	16,72	2,49	12,90	1,78	10,14	1,73	5,23	0,76	4,35	0,63
OLD 374	94,8	149,0	15,70	49,8	8,13	1,09	6,22	0,80	4,26	0,79	2,44	0,35	2,51	0,36
OLD 400	168,5	263,8	27,29	91,6	13,60	2,14	11,56	1,52	8,43	1,46	4,23	0,60	3,64	0,57
OLD L417	81,2	153,3	13,75	45,7	6,95	0,98	4,96	0,74	4,87	0,89	3,08	0,44	3,45	0,58
Média	111,7	177,4	18,27	59,0	9,17	1,54	7,27	0,99	5,60	1,00	2,95	0,44	2,83	0,43
Juruti ¹	38,9	81,1	8,8	31,4	5,3	1,0	4,7	0,7	3,9	0,8	2,2	0,4	2,2	0,3
Barcarena 8 ¹	19,2	43,6	4,8	18,1	3,4	0,7	3,2	0,6	3,9	0,8	2,7	0,4	2,8	0,4
Da Mata ²	6,2	11,7	1,17	3,98	0,72	0,13	0,85	0,18	1,27	0,30	0,99	0,17	1,99	0,21
*MC ³	32,3	67,7	1,6	25,9	4,7	0,95	2,8	0,5	2,9	0,62	0,95	-	1,5	0,27
*Folhelhos ³	92	59	5,6	24	6,4	1	6,4	1	4,6	1,2	2,5	0,2	2,6	0,7

¹Silva 2010-valores médios dos sítios Juruti e Barcarena 8

²Silva 2012-valores médios do sítio da Mata

³Wedepohl 1995

Quando normalizados aos condritos, os elementos terras raras nos FCs (Figura 17) se comportam de forma similar, apenas uma amostra reflete uma ligeira diferença de concentração entre os sítios, identificada como (OLD 49) de Orlando, com anomalia positiva de Ce. As demais mostram enriquecimentos nos ETRL com anomalia negativa de Eu, típica da presença expressiva de feldspatos.

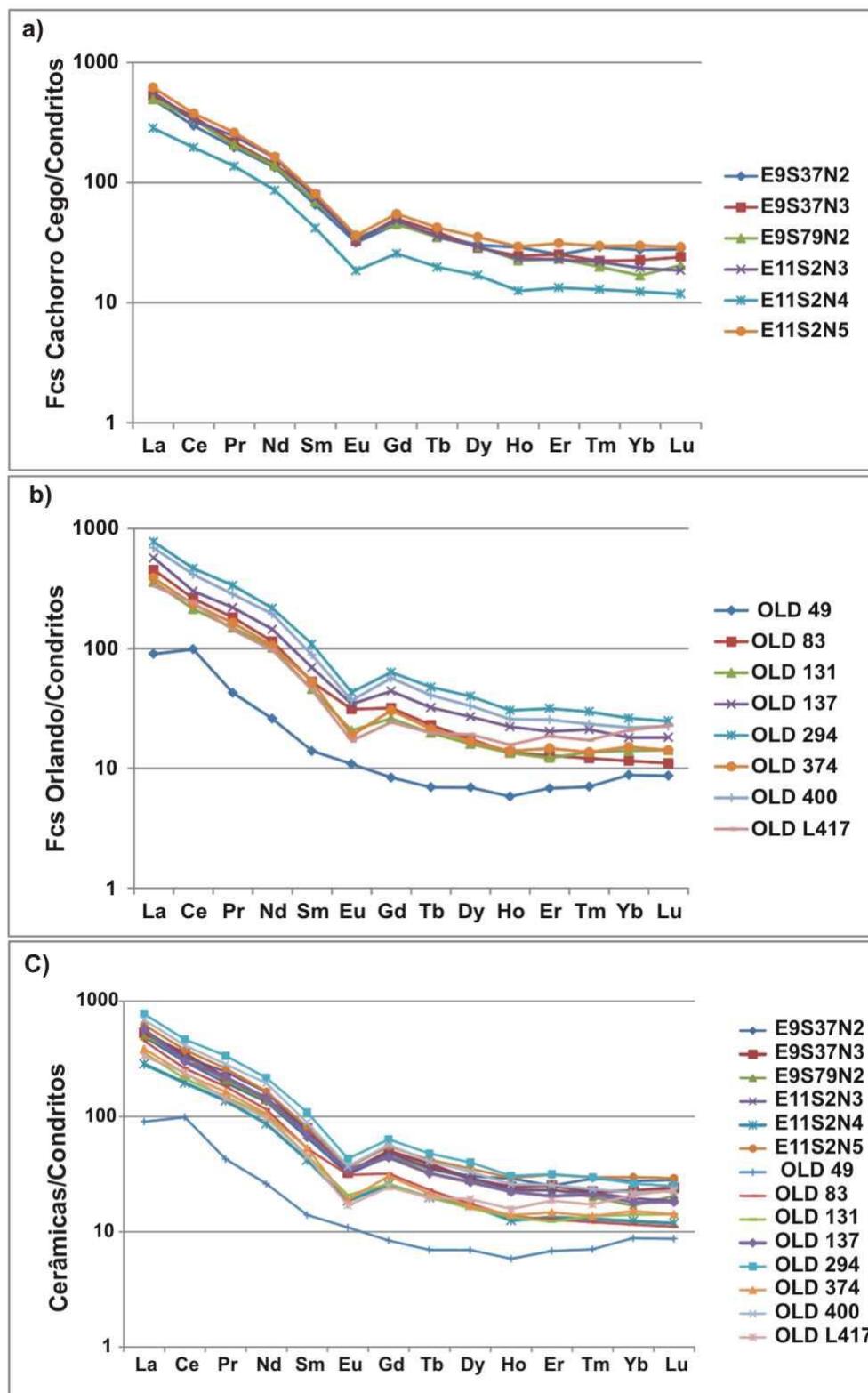


Figura 17 - Padrões de distribuição dos ETR nos FCs normalizados aos condritos para os dois sítios: Cachorro Cego (a), Orlando (b), Cachorro Cego + Orlando (C) em relação aos condritos.

5.1.4. Fertilidade Potencial das Cerâmicas

Os parâmetros de fertilidade dos FCs demonstram claramente que os mesmos se classificam principalmente de bom a muito bom (Tabela 8), comparável em parte aos FCs de Juruti, de alta fertilidade. Não há uma distinção clara entre os dois sítios, apenas uma aparente tendência de maior elevação para Cachorro.

Os valores SB (somatório dos cátions trocáveis K, Na, Ca e Mg) dos FCs classificam os dois sítios como bom (Tabela 8). Os valores médios de $K_{\text{trocável}}$ são elevados, os que classificariam como muito bom (Tabela 8), inferior à média em outros sítios considerados férteis (Tabela 8) (Figura 18). Sua fonte pode estar ligada a illita-muscovita e/ou microclínio, presentes nos FCs. As concentrações médias de $Na_{\text{trocável}}$ são elevadas (Tabela 8) (Figura 18), atribuídas a albita, mineral abundante nos FCs. Os teores médios de $Ca_{\text{trocável}}$ caracterizam fertilidade de médio a bom (Tabela 8), superiores aos FCs dos sítios Juruti, Barcarena 8 e da Mata (Figura 18), relacionados a albita. Os valores médios de $Mg_{\text{trocável}}$ nos FCs colocam a fertilidade de médio e bom em Cachorro Cego e Orlando (Tabela 8), superando os sítios Juruti, Barcarena 8 e da Mata (Figura 18), relacionados a illita-muscovita.

Os teores médios de $Zn_{\text{trocável}}$ classificam como médio e baixo bem inferiores a Juruti, Barcarena 8 e da Mata. Já $Mn_{\text{trocável}}$ classificam como bom e muito bom (Tabela 8). O conteúdo de $P_{\text{disponível}}$ nos FCs classifica a fertilidade dos FCs dos sítios como bom e muito bom (Tabela 8), superior no Cachorro Cego semelhante ao sítio da Mata e Barcarena 8, inferior no sítio Juruti (Tabela 8, Figura 18).

Tabela 8- Valores de nutrientes e micronutrientes presentes nos FCs do Cachorro Cego e Orlando comparado a outros sítios.

Classificação	Potássio ¹	Sódio	Cálcio ²	Magnésio ²	SB ²
(cmolc/dm³)					
Muito Baixo	-	-	≤0,4	≤0,15	≤0,60
Baixo	<0,1	-	0,4 a 1,2	0,16 a 0,45	0,61 a 1,80
Médio	0,1 a 0,2	-	1,21 a 2,40	0,46 a 0,90	1,81 a 3,60
Bom	-	-	2,41 a 4,0	0,91 a 1,50	3,61 a 6,0
Muito Bom	>0,2	-	>4,0	>1,50	>6,0
Cerâmicas					
Cachorro Cego (6)	0,42	0,22	2,44	0,63	3,84
Orlando (8)	0,77	0,31	1,79	1,05	3,91
Juruti (4)³	1,1	1	2	0,5	4
Barcarena 8 (5)³	0,5	0,6	0,5	0,3	1,06
Mata (2)⁴	0,21	0,09	1,72	0,5	2,53
Continuação					
Classificação	Fósforo (35-60% argila) ²	Manganês ²	Cobre ²	Zinco ²	
mg/dm³					
Muito Baixo	≤4	≤2	≤3	≤4	
Baixo	6	3,0 a 5,0	0,4-0,7	0,5 a 0,9	
Médio	6 a 11	6,0 a 8,0	0,8-1,2	1 a 1,5	
Bom	11 a 16	9,0 a 12,0	1,3-1,8	1,6 a 2,2	
Muito Bom	>16	>12	>1,8	>22	
Cerâmicas					
Cachorro Cego (6)	57,02	25	0,77	1,4	
Orlando (8)	13,47	9	0,82	0,98	
Juruti (4)³	1364	22	na	13	
Barcarena 8 (5)³	3	5	>0,2	5,3	
Mata (2)⁴	87,5	na	na	na	

¹Brasil apud Kern 1996

²Alvares apud Freire 2003

³Silva 2010- Valores médios dos sítios Juruti e Barcarena 8

⁴Silva 2012-Valores médios do sítio da Mata

(2)(4)(5)(6)(8): nº de amostras

na : não analisado

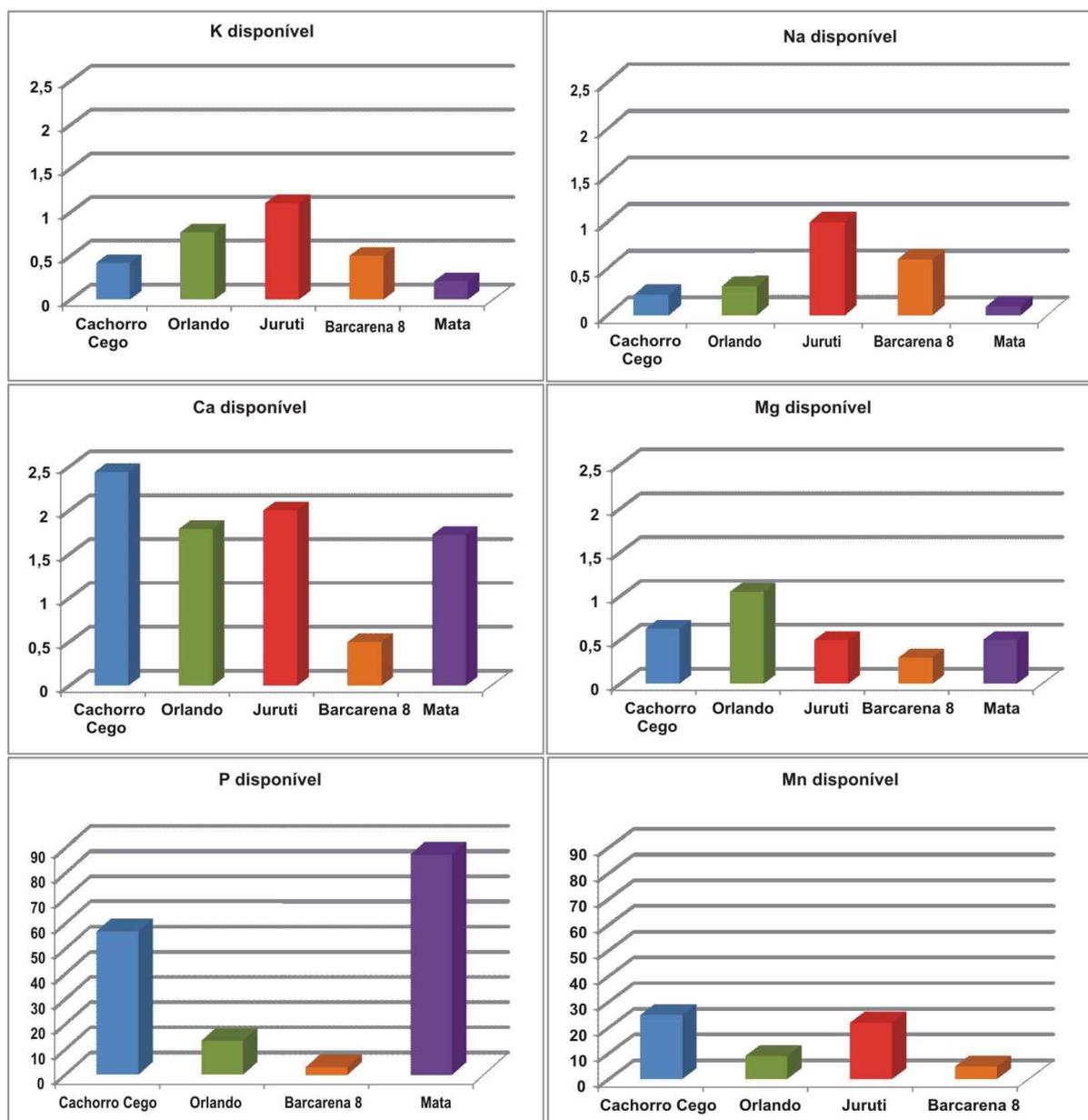


Figura 18 - Comparação entre os teores de nutrientes e micronutrientes nos FCs investigados com aqueles dos sítios de Juruti, Barcarena 8 e da Mata.

5.2. SOLOS

5.2.1. Granulometria

Os solos do sítio Cachorro Cego apresentaram poucas variações em sua textura, neles foi observada a predominância da fração silte em quase todas as amostras (Tabela 9). Os resultados das classes texturais, obtidos a partir da classificação de textura de solo do Natural Resources Conservation Service (NRCS), do United States Department of Agriculture, revelou que esses solos apresentaram variações de franco siltoso a franco arenoso (Figura 19). Esses tipos de solos segundo Prado (1991) apresentam textura média (Teor de argila + silte maior que 15% e argila \leq 35%). As razões entre silte/argila nos solos em estudo apresentam valores acima dos citados pela literatura para Latossolos (Camargo, 1982; Lemos e Santos, 1984; Prado, 1991 e 1993; Santos, 1993), possivelmente estas alterações podem estar relacionadas ao material de origem, haja vista que, os materiais formadores desses solos são sedimentos ricos em silte, que muitas vezes foram formados sobre perfis lateríticos (Kern, 1996; Kern *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2005; Silva 2012).

Os resultados obtidos nos solos Cachorro Cego corroboram com resultados encontrados por Costa (2005), no Município de Melgaço, na região de Caxiuanã-PA, Santos *et al.*, 2011, em 6 sítios de TPA localizados na região do Apuí-AM, assim como Silva (2012), no sítio Bom Jesus em Tocantins-PA e Silva (2012), no sítio da Mata, no Maranhão.

Tabela 9- Valores médios da distribuição granulométrica nos solos de Cachorro Cego.

Amostras	Argila	Silte	Areia
Solo Cachorro Cego	%	%	%
SL E9S37N2	5,46	59,53	35,01
SL E9S37N3	11,34	85,56	3,08
SL E9S79N2	2,66	44,41	52,93
SL E11S2N3	1,97	44,01	54,02
SL E11S2N4	6,66	60,96	32,27
SL E11S2N5	1,87	57,39	40,74

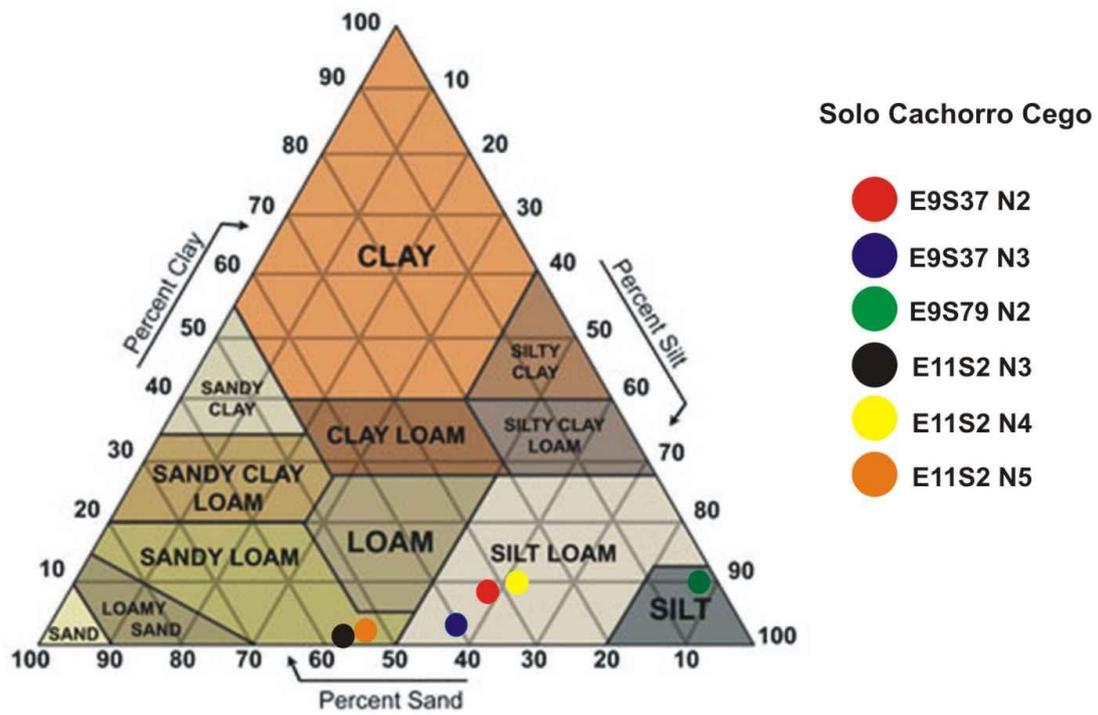


Figura 19- Diagrama textura para a classificação de solo no sítio Cachorro Cego.

Fonte: <http://soils.usda.gov/technical/aids/investigations/texture/>

5.2.2. Mineralogia

Os solos de Cachorro Cego são constituídos predominantemente por quartzo, com caulinita em menor proporção (Figura 20), além de anatásio e hematita como acessórios. Estes resultados são comumente identificados nos solos TPA da Amazônia (Costa, 2011), no Baixo Amazonas, (Silva, 2012) no Maranhão e (Silva *et al.*, 2012) em Tocantins.

Quartzo e caulinita são os principais minerais encontrados nos perfis lateríticos na Amazônia, sobre os quais desenvolveram muitos perfis de solos desta região (Costa, 1991; Costa *et al.*, 2005; Horbe & Costa, 2005).

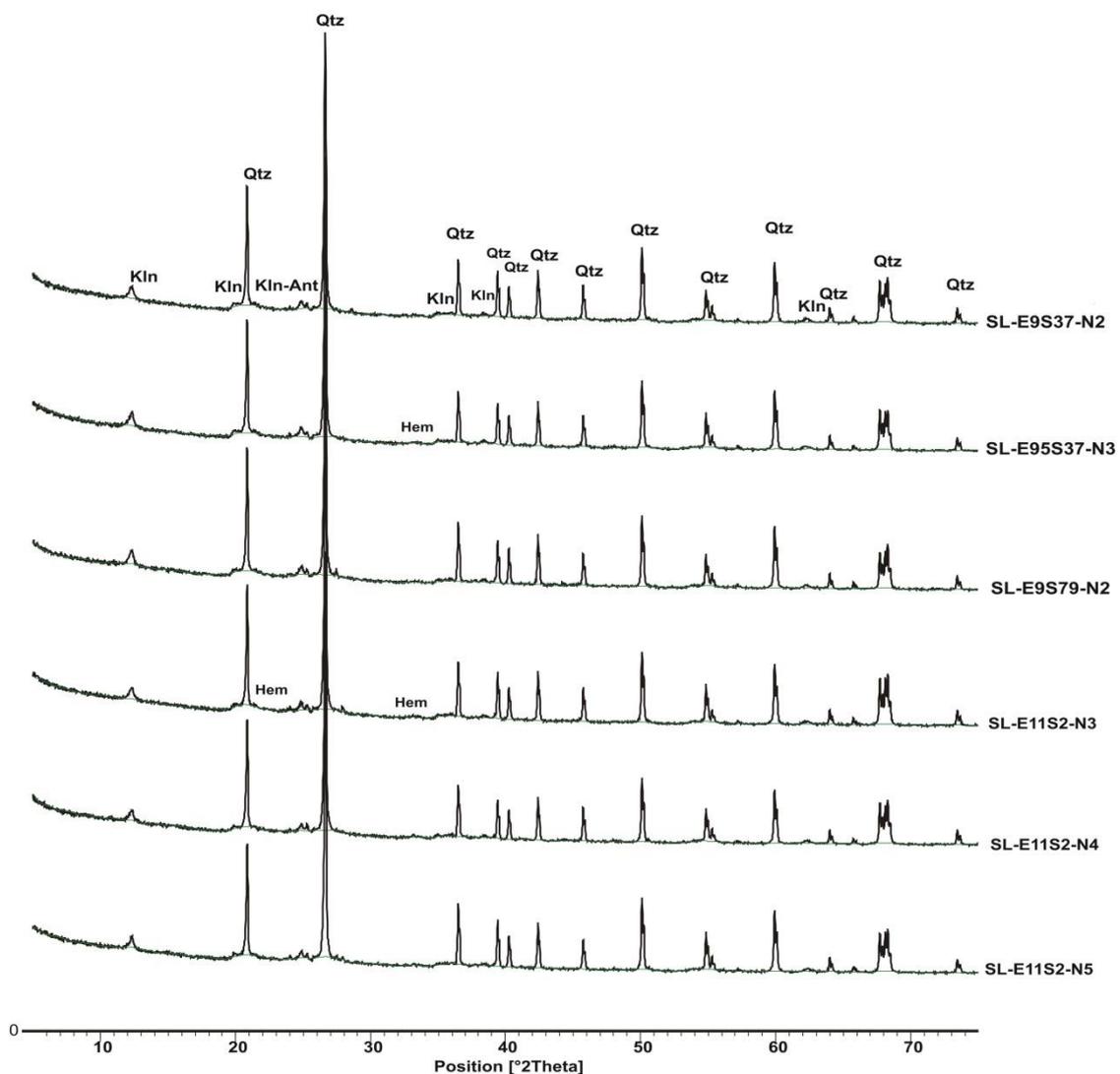


Figura 20 - Minerais identificados por DRX nas amostras de solos do sítio Cachorro Cego: quartzo: Qtz; caulinita: Kln; anatásio: Ant e hematita: Hem.

5.2.3. Composição Química

5.2.3.1. Elementos Maiores

Os solos de Cachorro Cego são compostos predominantemente por SiO_2 na forma de quartzo, com Al_2O_3 em teores relativamente baixo, que juntos constitui caulinita, o segundo mineral mais abundante. Fe_2O_3 e TiO_2 estão em valores ainda mais baixos, e representam goethita/hematita e anatásio respectivamente. Os demais elementos como MgO , CaO , K_2O , Na_2O e P_2O_5 aparecem em concentrações muito baixas, inferior a média crustal, cada um menor que 0,1 %. No conjunto, excetuando SiO_2 , todos os componentes principais e acessórios, estão abaixo da média crustal de Wedepohl (1995) (Figura 21).

Tabela 10 - Composição química dos solos do sítio Cachorro Cego.

Amostras	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	PF
Solo	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Cachorro Cego										
SL E9S37N2	84,66	3,94	1,96	0,06	0,30	0,02	0,09	0,74	0,06	8,0
SL E9S37N3	81,91	5,37	2,51	0,05	0,17	0,03	0,10	0,94	0,07	8,7
SL E9S79N2	82,55	4,60	2,20	0,05	0,21	0,03	0,10	0,80	0,07	9,2
SL E11S2N3	82,81	4,32	2,18	0,06	0,21	0,03	0,09	0,79	0,07	9,3
SL E11S2N4	84,27	4,22	2,11	0,07	0,10	0,03	0,10	0,88	0,06	8,0
SL E11S2N5	82,08	4,37	2,43	0,07	0,15	0,03	0,09	0,83	0,07	9,7
Média	83,05	4,47	2,23	0,06	0,19	0,03	0,10	0,83	0,07	8,8
*MC	61,50	15,20	6,28	3,70	5,50	3,30	2,40	0,68	0,18	

*Wedepohl 1995

A composição química dos solos investigados se assemelha parcialmente aos solos de TPA de Juruti de Costa (2011); sítio da Mata, Silva (2012); e Bom Jesus do Tocantins de Silva *et al.*, (2012) (Tabela 11), com divergência nas concentrações de Al_2O_3 , CaO e P_2O_5 . Surpreende pelos baixos valores de P_2O_5 em média apenas 0,03 %, inferiores a média crustal.

Tabela 11 - Comparação entre a composição química de solos TPA com a do sítio Cachorro Cego e a média da crosta terrestre.

Amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF
Solo	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Cachorro Cego	83,05	4,47	2,23	0,06	0,19	0,03	0,10	0,83	0,07	8,82
Juruti ¹	72,10	10,38	3,73	0,11	0,58	0,04	0,18	1,46	0,67	10,36
da Mata ²	91,92	3,55	0,74	0,03	0,04	nd	0,02	0,41	0,04	3,16
Bom Jesus ³	83,8	7,26	0,76	0,06	0,18	0,04	0,14	0,07	0,02	-
*MC	61,50	15,20	6,28	3,70	5,50	3,30	2,40	0,68	0,18	

¹Costa 2011-Valores médios do sítio Juruti

²Silva 2012- Valores médios do sítio da Mata

³Silva et al., 2012-Valores médios do sítio Bom Jesus

*Wedepohl 1995

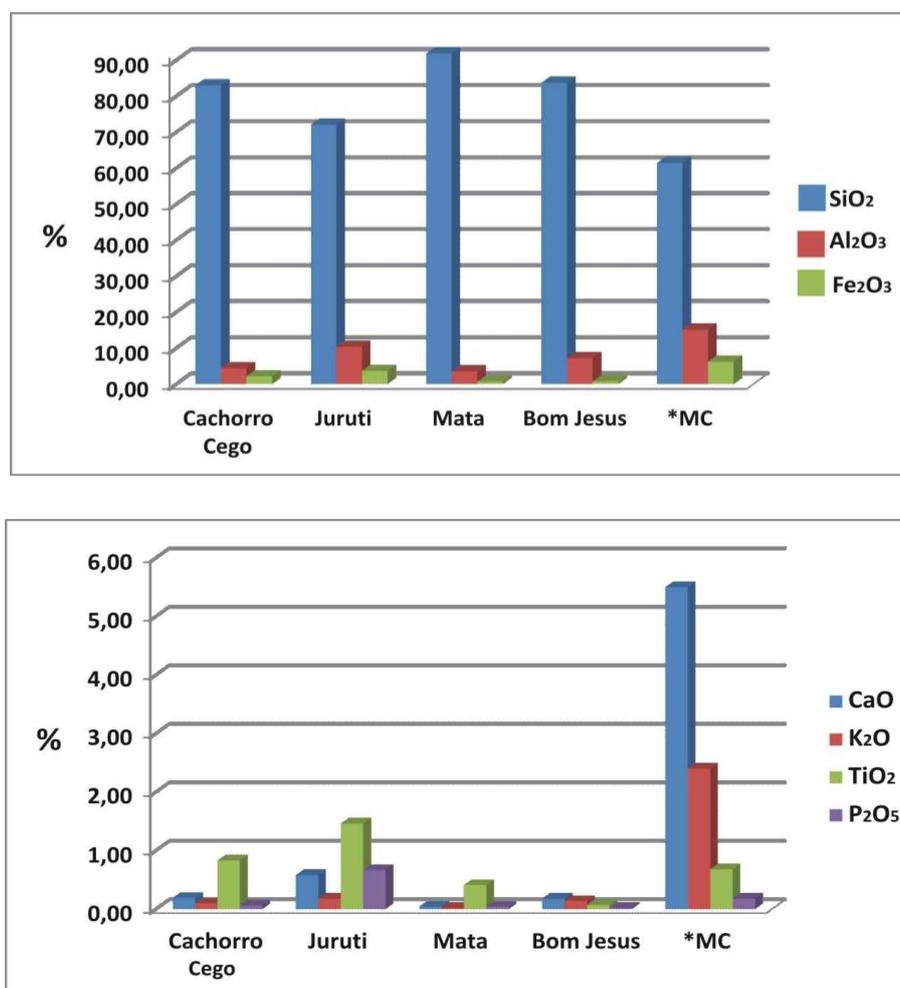


Figura 21- Comparação química (SiO₂,Al₂O₃,Fe₂O₃) e (CaO,K₂O,TiO₂,P₂O₅) entre solos TPA estudados e outros da Amazônia.

5.2.3.2. Elementos-Traço

As concentrações dos elementos-traço nos solos TPA de Cachorro Cego se equivalem aos níveis crustais ou estão abaixo destes (Tabela 12): Sc, V, Ba, Sr, Y, Cr, Co, Ni, Zn, Ga, As, Rb, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Cs, Th, W, Tl, Pb, Ta, Bi, Cd, Hg, com exceção de Zr, Hf, Th, U.

Tabela 12- Composição química dos elementos traço nos solos do sítio Cachorro Cego em comparação a outros sítios TPA, média crustal e folhelhos.

Amostras	Sc	Be	V	Cr	MnO	Co	Cu	Zn	Ga	As	Se
Solo	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cachorro Cego											
SL E9S37N2	4,0	2,0	23,0	0,002	0,03	1,9	17,8	10	5,2	0,5	0,5
SL E9S37N3	5,0	1,0	27,0	0,002	0,04	2,5	20,9	7	6,4	0,5	0,5
SL E9S79N2	4,0	3,0	26,0	0,003	0,03	2,0	15,9	7	5,8	0,5	0,5
SL E11S2N3	4,0	1,0	25,0	0,003	0,03	2,0	21,3	8	5,0	0,5	0,5
SL E11S2N4	5,0	1,0	26,0	0,002	0,03	1,9	21,6	7	5,0	0,5	0,5
SL E11S2N5	4,0	1,0	27,0	0,003	0,03	1,7	23,8	9	5,6	0,5	0,5
Média	4	2	26	0,002	0,03	2,0	20,2	8	5,5	0,5	0,5
Juruti	6,05	0,15	78,58	47,32	0,04	1,54	15,89	47,08	17,11	1,68	0,55
da Mata	2,25	-	21,37	15,42	nd	0,5	1,42	2,75	4,72	0,77	-
Bom Jesus	6,57	3	30,28	17,43	0,07	8	22,28	83,57	-	-	-
*MC	7	-	53	35	0,06	11,6	14,3	52	14	2	-
*Folhelhos	13	-	130	90	0,11	19	45	95	19	13	-
Continuação											
Amostras	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs	
Solo	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
Cachorro Cego											
SL E9S37N2	7,0	9,6	18,4	1156,6	22,5	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
SL E9S37N3	8,4	7,1	20,9	1223,2	28,3	0,1	0,1	1	0,1	0,3	
SL E9S79N2	7,8	7,4	19,1	1194,8	24,4	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
SL E11S2N3	8,2	9,3	20,8	1198,9	25,0	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
SL E11S2N4	8,2	7,2	21,9	1320,9	25,7	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
SL E11S2N5	8,4	8,2	22,5	1289,8	23,7	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
Média	8,0	8,1	20,6	1230,7	24,9	0,1	0,1	1	0,1	0,2	
Juruti	18,12	39,37	37,35	1709,65	27,78	0,1	0,34	4,41	0,1	2,51	
Mata	1,32	9,05	8,85	511,09	8,1	0,16	-	0,12	-	0,32	
Bom Jesus	-	21,57	7,57	171,57	-	-	-	-	-	-	
*MC	110,0	316,0	20,7	237,0	26,0	0,1	0,1	3	0,3	5,8	
*Folhelhos	140	300	26	160	11	0,07	0,3	6	1,5	5	
Continuação											
Amostras	Ba	Hf	Ta	W	Au	Tl	Pb	Bi	Th	U	
Solo	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
Cachorro Cego											
SL E9S37N2	27	29,8	1,7	0,5	2,0	0,1	2,5	0,1	12,6	6,5	
SL E9S37N3	31	34,8	2,0	0,5	2,9	0,1	2,8	0,1	18,2	7,5	
SL E9S79N2	30	33,8	1,8	0,5	4,8	0,1	2,3	0,1	16,1	6,9	
SL E11S2N3	45	30,1	1,8	0,5	3,6	0,1	2,7	0,1	20,6	6,5	
SL E11S2N4	49	33,1	2,0	0,6	4,3	0,1	2,3	0,1	17,4	7,3	
SL E11S2N5	45	38,6	1,7	0,8	2,5	0,1	2,9	0,1	16,4	6,9	
Média	38	33,4	1,8	0,6	3,4	0,1	2,6	0,1	16,9	6,9	
Juruti	85,41	45,05	2,26	2,98	0,87	0,1	5,8	0,09	16,34	5,18	
Mata	15,87	13,5	0,58	0,17	0,16	-	2,06	-	5,6	0,95	
Bom Jesus	69,71	-	-	-	-	-	11,29	-	-	-	
*MC	668	4,9	1,5	1,4	0,055	0,75	-	-	10,3	2,5	
*Folhelhos	580	-	0,8	1,8	-	1,4	-	-	12	3,7	

*Média Crustal (Wedepohl 1995)

Nas análises multivariadas de agrupamentos empregando-se a correlação de 1-Pearson r (Figura 22), foi identificada uma única associação química (Al_2O_3 -MnO-Cs-Co-Ga- Fe_2O_3 -Ni- Na_2O -Rb-ETR-Ba-Zr- TiO_2 -U-Nb-V-Sc-Ta-Pb-W-Hf) que reflete os minerais de argila como caulinita, resistatos como anatásio e em parte os óxi-hidróxidos de Fe (Costa, 1991; Horbe & Costa, 1997); que são minerais típico de solos muito

lixiviados, como latossolos, abundantes na Amazônia, sobre os quais em geral se estabeleceram as TPAs (Kern & Kampf, 1989; Kern, 1996; Costa & Kern 1999; Wilson *et al.*, 2008, Costa, 2011; Silva *et al.*, 2012. As associações típicas de TPAs identificadas por Kern, 1996 e Costa & Kern, 1999 não foram delineadas.

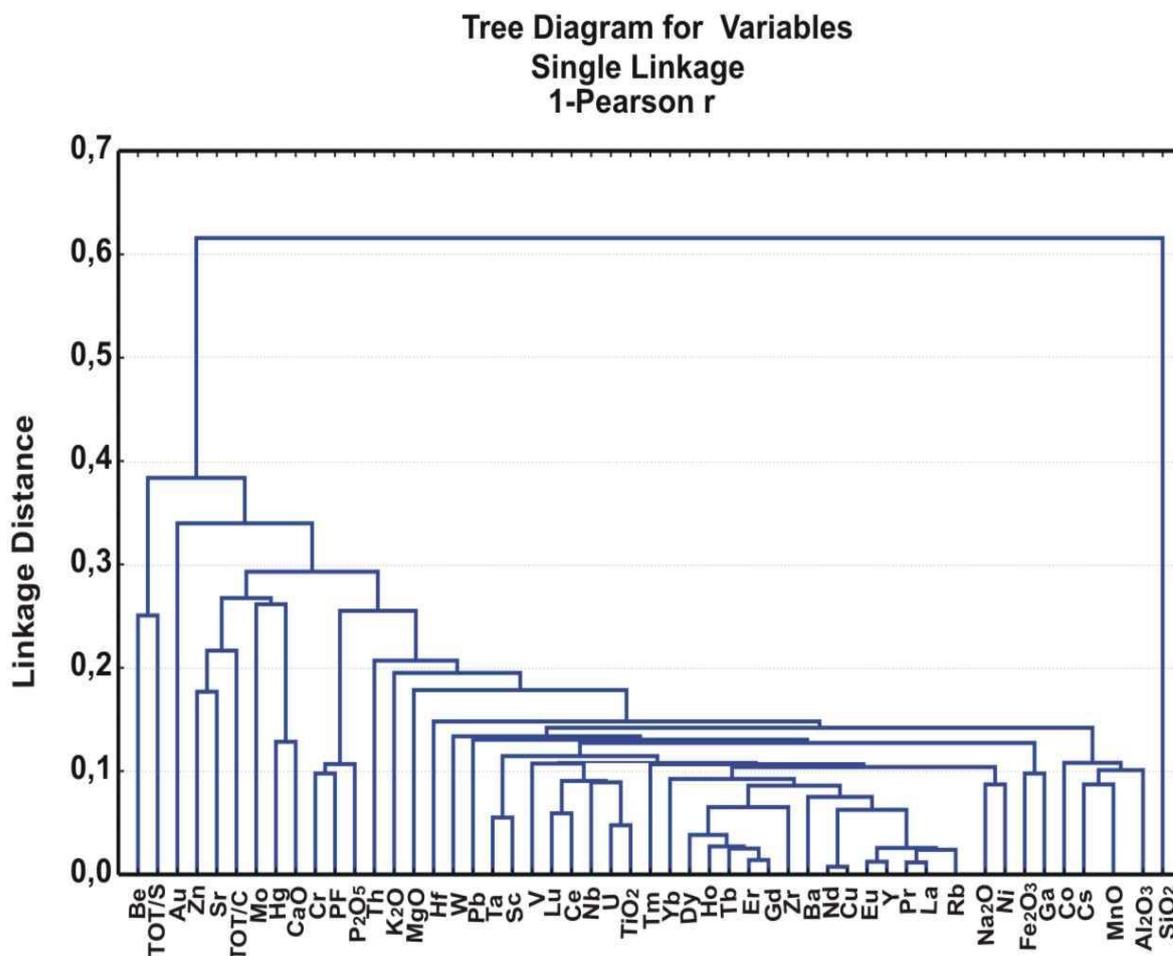


Figura 22- Dendrograma da análise de cluster das concentrações dos elementos químicos encontrado nos solos Cachorro Cego.

5.2.3.4. Elementos Terras Raras (ETR)

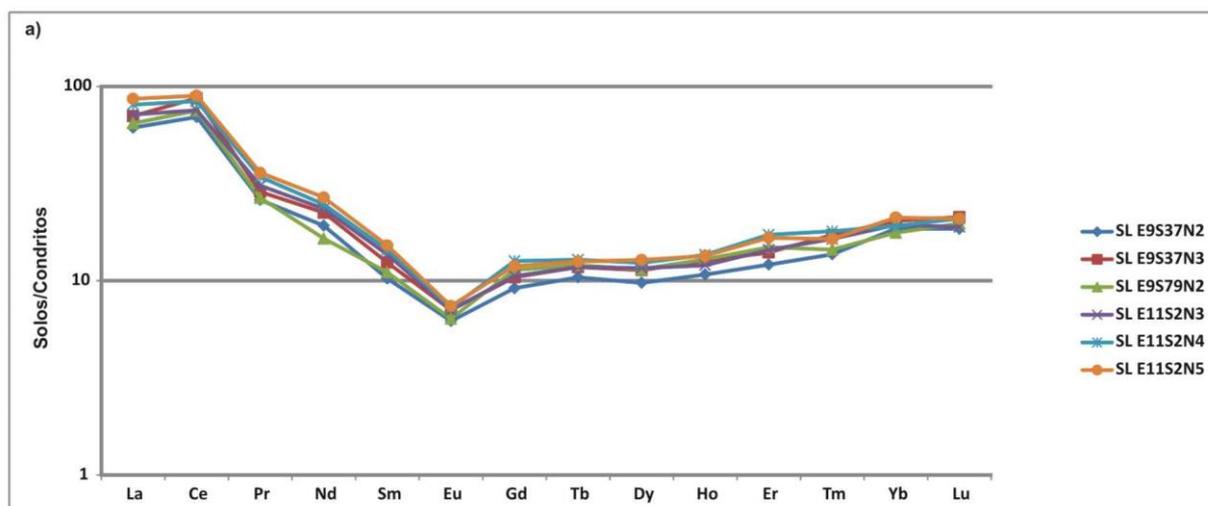
As concentrações dos ETR nos solos são inferiores a média crustal, porém com pouca variação entre si. Quando normalizados aos condritos exibem claro enriquecimento ETRL, com forte anomalia positiva de Ce e negativa de Eu. Entre os ETRP observa-se enriquecimento em direção aos mais pesados (Lu) (Tabela 13, Figura

23). A anomalia de Ce é comum em solos e a de Eu foi observados nos FCs de Cachorro Cego, ricos em albite e com presença de microclíneo. Solos e FCs deste sítio apresentam padrões de distribuição de ETR muito distintos, em que os FCs estão de forma comparativa fortemente enriquecida em ETRL e parte de ETRP. Padrões semelhantes foram observados no sítio Raimundo em Caxiuanã por (Carmo, 2008) bem como no sítio da Mata (Silva, 2012).

Tabela 13 - Concentrações dos ETR nos solos Cachorro Cego comparados com a média crustal.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Solo Cachorro Cego														
SL E9S37N2	15,0	44,4	2,51	9,1	1,58	0,36	1,87	0,39	2,48	0,61	2,01	0,35	3,07	0,47
SL E9S37N3	17,2	55,4	2,76	10,6	1,91	0,41	2,13	0,44	2,88	0,72	2,32	0,44	3,38	0,54
SL E9S79N2	15,8	47,9	2,57	7,8	1,70	0,37	2,32	0,45	2,91	0,73	2,47	0,37	2,93	0,50
SL E11S2N3	17,5	48,1	2,97	11,1	2,10	0,41	2,16	0,44	2,95	0,68	2,39	0,42	3,22	0,48
SL E11S2N4	19,7	53,5	3,29	11,7	2,22	0,42	2,58	0,48	3,14	0,77	2,86	0,46	3,18	0,53
SL E11S2N5	21,1	57,1	3,46	12,7	2,34	0,43	2,43	0,47	3,25	0,76	2,76	0,42	3,51	0,53
Média	17,7	51,1	2,93	10,5	1,98	0,40	2,25	0,45	2,94	0,71	2,47	0,41	3,22	0,51
*MC	32,3	67,7	1,6	25,9	4,7	0,95	2,8	0,5	2,9	0,62	0,95	-	1,5	0,27

*Wedepohl 1995



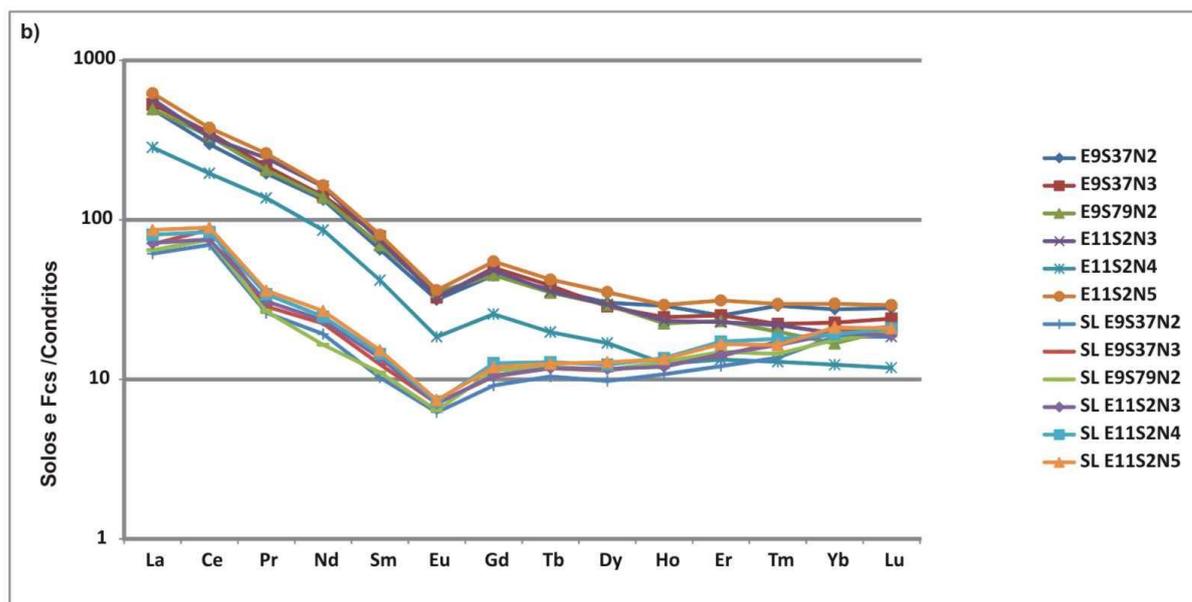


Figura 23 - Comparação entre a distribuição de ETR normalizados aos condritos para os FCs (a) e Fcs + solos do sítio Cachorro Cego (b), mostrando nenhuma afinidade entre os dois materiais.

5.2.4. Fertilidade

Os solos TPA de Cachorro Cego (Tabela 14) se classificam com fertilidade de médio a muito bom, em parte comparável com outros solos TPA. O pH 5,26 é adequado para a maioria das culturas.

Os valores de $K_{\text{troçável}}$ são altos, que os caracterizariam como férteis (Tabela 14), superiores aos valores encontrados nos solos dos sítios da Mata ($0,33 \text{ cmol/dm}^3$), Onça Puma 3 ($0,16 \text{ cmol/dm}^3$) e Bom Jesus ($0,05 \text{ cmol/dm}^3$) (Tabela 14 e Figura 24). Os valores de $Na_{\text{troçável}}$ são elevados (Tabela 14). Seus valores médios ($0,20 \text{ cmol/dm}^3$) foram superiores aos determinados nos sítios da Mata ($<0,1 \text{ cmol/dm}^3$) e Bom Jesus ($0,01 \text{ cmol/dm}^3$) (Tabela 14). O $Na_{\text{troçável}}$ foi considerado por ser incluído no cálculo de Soma de Bases (SB).

Os valores mais altos de $Ca_{\text{troçável}}$ foram detectados em apenas 3 amostras, classificando-se com médio a muito bom (Tabela 14). A maior concentração de cálcio no setor E9 possivelmente está relacionada a uma área do assentamento com maior concentração de resíduos orgânicos de origem animal como ossos, por exemplo. Quando comparados a outros sítios TPA, os teores de $Ca_{\text{troçável}}$ no Cachorro Cego ($3,32$

cmol/dm³) é superior ao sítio da Mata (1,67 cmol/dm³) e inferior aos sítios Onça Puma 3 (6,7 cmol/dm³) e Bom Jesus (3,71 cmol/dm³) (Tabela 14 e Figura 24)

Os teores de Mg_{trocável} variaram de médio a muito bom (Tabela 14). Os valores médios de Mg_{trocável} apresentados neste estudo (0,88 cmol/dm³) foram superiores ao observados no sítios da Mata (0,46 cmol/dm³) e Bom Jesus (0,3 cmol/dm³) e inferior a Onça Puma 3 (1,4cmol/dm³) (Tabela 14 e Figura 24).

Os valores de SB classificam de médio a muito bom (Tabela 14), que se deve em grande parte à contribuição dos elevados conteúdos de Ca_{trocável} como apresentado anteriormente.

Os teores de P_{disponível} apresentaram variações de 27,23 mg/dm³ a 39,19 mg/dm³, portanto muito bom. Comportamento semelhante foi observado no sítio Onça Puma 3, onde a média alcançou 49,45 mg/dm³, mas superior às médias obtidas nos sítios da Mata (8,6 mg/dm³) e Bom Jesus (15,57 mg/dm³) (Tabela 14 e Figura 24). Kern e Kampf, (1989); Kern (1996); Lima *et al.*, (2002), atribuem o elevado teor de P nas TPA, à incorporação de resíduos (ossos de animais ou mesmo de seres humanos), espinhas de peixes e carapaças de quelônios, salientando a contribuição antrópica para a maior parte P encontrado nos solos. Santos e Santos (2003), associam o acúmulo de P na camada superficial das TPA, devido à pouca mobilidade e a baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, ricos em óxidos de ferro e alumínio. Já Souza *et al.*, (2009) relacionam as concentrações elevadas de P em profundidade ao intenso processo de pedoturbação no solo .

Entre os micronutrientes analisados os valores de Fe variaram de 147,2 mg/dm³ a 374 mg/dm³, classificando-os como muito bom (Tabela 14).

Já os valores de Cu variaram de 0,52 a 4,7 mg/dm³, classificando-os como muito bom (Tabela 14). O valor médio está superior aquele encontrado no sitio Bom Jesus (1,43mg/dm³) (Tabela 14). O valor médio de Mn foi de 50,02 mg/dm³, classificando-os como muito bom (Tabela 14), superior ao sitio Bom Jesus (31,57 mg/dm³) (Tabela 14). O Mn proviria da decomposição das folhas de palmeiras usadas na cobertura de habitações, que são renovadas periodicamente, além de Zn, K, Ca e Mg Kern e Kampf (1989). O Zn variou de 45,2 a 52,8 mg/dm³, caracterizado como muito bom (Tabela 14). Por outro lado, quando comparados a média observada no sitio Bom Jesus (2 mg/dm³), Cachorro Cego apresenta-se inferior (Tabela 14). Como já foi reportado, Zn é um dos principais indicadores químicos da ação antrópica.

Tabela 14- Parâmetros de fertilidade para os solos Cachorro Cegos comparados com as classes de fertilidade do solo.

Classificação	pH	Potássio ¹	Sódio	Cálcio ²	Magnésio ²	SB ²
	H ₂ O	(cmolc/dm ³)				
Muito Baixo	<4,50	-	-	≤0,4	≤0,15	≤0,60
Baixo	4,50-5,40	<0,1	-	0,4 a 1,2	0,16 a 0,45	0,61 a 1,80
Médio	5,50-6,0	0,1 a 0,2	-	1,21 a 2,40	0,46 a 0,90	1,81 a 3,60
Bom	6,10-7,0	-	-	2,41 a 4,0	0,91 a 1,50	3,61 a 6,0
Muito Bom	>7,0	>0,2	-	>4,0	>1,50	>6,0
SL E9S37N2	5,86	0,21	0,14	5,75	1,15	7,25
SL E9S37N3	5,22	0,58	0,14	6,09	0,53	7,34
SL E9S79N2	5,17	0,52	0,2	0,81	0,79	2,32
SL E11S2N3	5,36	0,18	0,16	0,63	1,57	2,54
SL E11S2N4	5,02	0,35	0,3	1,85	0,63	3,13
SL E11S2N5	4,93	0,15	0,24	4,17	0,62	5,18
Média	5,26	0,33	0,20	3,22	0,88	4,63
³ Onça Puma 3	5,7	0,16	na	6,5	1,4	8,06
⁴ da Mata	5,58	0,1	<0,01	1,67	0,46	2,23
⁵ Bom Jesus	6,08	0,05	0,1	3,71	0,3	4,06
Continuação						
Classificação	Fósforo (35-60% argila) ²	Manganês ²	Cobre ²	Zinco ²		
mg/dm ³						
Muito Baixo	≤4	≤2	≤3	≤4		
Baixo	6	3,0 a 5,0	0,4-0,7	0,5 a 0,9		
Médio	6 a 11	6,0 a 8,0	0,8-1,2	1 a 1,5		
Bom	11 a 16	9,0 a 12,0	1,3-1,8	1,6 a 2,2		
Muito Bom	>16	>12	>1,8	>22		
SL E9S37N2	36,92	49,3	4,7	49,3		
SL E9S37N3	33,03	51,7	1,77	51,7		
SL E9S79N2	39,19	50,9	0,86	50,9		
SL E11S2N3	32,27	52,8	0,52	52,8		
SL E11S2N4	27,23	50,2	0,8	50,2		
SL E11S2N5	32,28	45,2	1,5	45,2		
Média	33,49	50,02	1,69	50,02		
³ Onça Puma 3	49,45	na	na	na		
⁴ da Mata	8,6	na	na	na		
⁵ Bom Jesus	15,57	31,57	1,43	2		

¹Brasil apud Kern 1996

²Alvares apud Freire 2003

³Costa 2011

⁴Silva 2012

⁵Silva et al., 2012

na não analisado

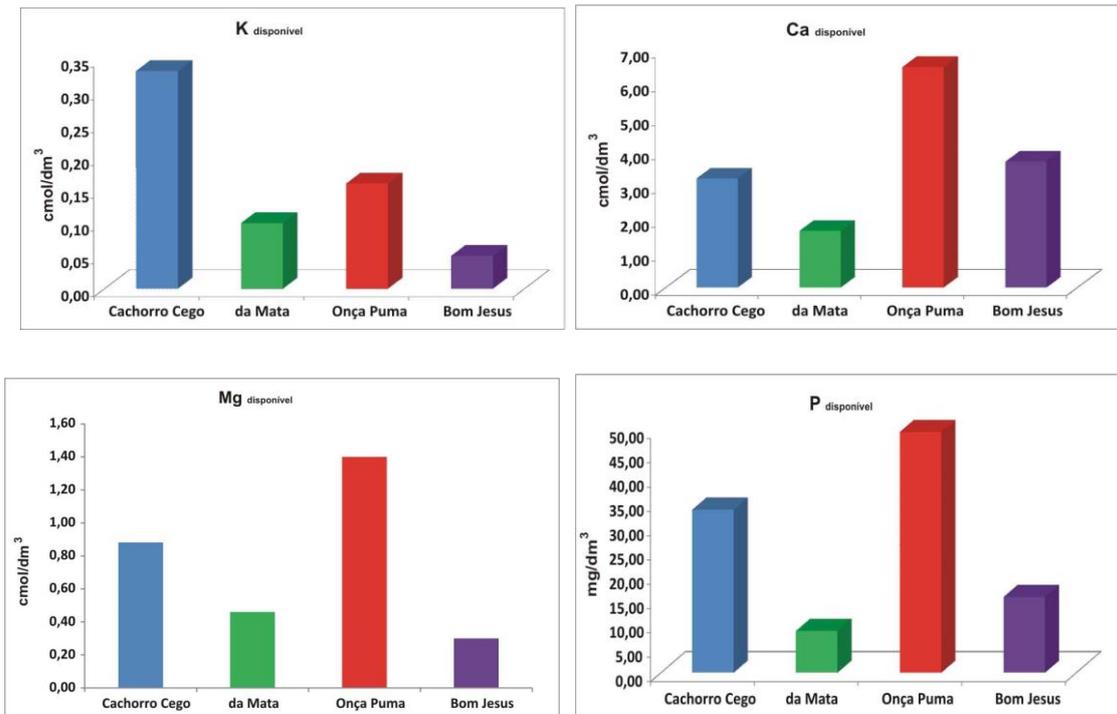


Figura 24- Correlação entre as concentrações de $\text{K}_{\text{disponível}}$, $\text{Ca}_{\text{disponível}}$ e $\text{Mg}_{\text{disponível}}$ e micronutrientes $\text{P}_{\text{disponível}}$ entre os solos Cachorro Cego e os sítios da Mata, Onça Puma 3 e Bom Jesus.

6. CONCLUSÕES

Os fragmentos cerâmicos (FCs) dos dois sítios aqui investigados, Cachorro Cego e Orlando, o primeiro com TPA e o segundo desprovido desta, são texturalmente muito semelhante entre si. Da mesma forma que a sua composição mineralógica apresentaram mineralogias semelhantes, que é composta por quartzo e metacaulinita, além da albita com minerais principais, seguidos por microclínio, muscovita e anatásio. Caulinita quando presente parece representar produtos de alteração intempérica desses FCs ou ainda queima parcial dos mesmos. Óxidos e hidróxidos de ferro não se delineiam em DRX, porém são identificados por MO. Os fosfatos de Al, sejam amorfos ou cristalinos não foram identificados por nenhum dos métodos empregados. A semelhança mineralógica entre os FCs dos sítios se espelha quanto a composição química, compostos por SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O e Fe_2O_3 em maior concentração, corroborando com a mineralogia, embora nenhum mineral de Fe_2O_3 tenha sido identificado por DRX. Dentre os álcalis o componente com maior destaque é Na_2O em média com 4,54 % nos fragmentos em Orlando e 3,42 % no Cachorro Cego, refletindo a albita. K_2O encontra-se inferior a 1% em ambos os sítios, que em geral corresponde ao microclínio e muscovita. As concentrações de P_2O_5 no sítio TPA foram superiores a Orlando, alcançando uma média de 0,26% nos FCs de Cachorro Cego, contra apenas 0,07%. Esses valores são comparativamente muito baixos em termos de FCs de TPA, equivalendo-se aqueles de Barcarena (Silva, 2010).

Em termos de elementos traços os FCs investigados também se assemelham entre si, e suas concentrações se equivalem ou mesmo se encontram abaixo quando comparados às da média crustal ou as dos folhelhos, a concentrações da maioria dos elementos-traço presentes nos FCs estão abaixo ou equivalentes a estes materiais, exceto para Zr, Hf, Y, Th e U, mais elevados. São elementos constituintes de minerais acessórios resistentes como anatásio e zircão. Essa composição sugere que a matéria prima empregada foi comum à produção dos objetos cerâmicos nos dois sítios, confeccionada a partir de rochas argilosas de composição granítica, em que albita, microclínio e muscovita, foram adicionados como tempero, na forma triturada.

Quando os FCs são comparados com aqueles de outros sítios mencionados nesta dissertação, eles divergem em termos da grande abundância de albita, portanto pelo alto teor de Na_2O e também pelos baixos teores de P_2O_5 , que encontram paralelo apenas no

sítio Barcarena. Em termos de elementos traço os FCs estudados divergem parcialmente dos demais FCs, destacando-se pelos valores elevados de U, Th e Cu. Os teores dos elementos como Zr, Hf, Nb, Ta, Ba e Au são oscilantes entre os diferentes FCs de distintos sítios TPA, ou seja, sensíveis as matérias-primas e certamente aos usos dos utensílios correspondentes. O conteúdo de ETR também reforça a ligeira semelhança entre os FCs dos dois sítios investigados, embora estejam mais elevados no Cachorro Cego, com teor mais elevado de P. Os teores relativamente muito elevados de ETR em relação à média crustal, também reforçam a contribuição dos alimentos. A anomalia negativa de Eu nos FCs decorre da presença de plagioclásios, como albita.

Os FCs do sítio Cachorro Cego são potencialmente mais férteis do que aqueles de Orlando, cuja fertilidade é ressaltada pelos nutrientes a exemplo Ca e P e micronutrientes como Mn e Zn, possivelmente incorporados aos utensílios cerâmicos durante a preparação de alimentos, pois são os componentes principais dos fosfatos constituintes dos ossos e presentes nas carnes. A fertilidade mais expressiva nos FCs de Cachorro Cego reflete a sua composição química total, com teores mais elevados principalmente em P_2O_5 e K_2O , que deve estar na forma de fosfatos e feldspato/muscovita, respectivamente. No entanto essa fertilidade é muito variável segundo cada componente, quando comparada com os FCs de alguns sítios já investigados, certamente devido os teores mais elevados de P.

Os FCs não guardam qualquer semelhança mineralógica e química (elementos maiores e traços, inclusive ETR) com os solos em que os mesmos se encontram já que suas concentrações são muito distintas. A mineralogia e a composição química dos solos TPA de Cachorro Cego (Orlando não tem solo TPA, portanto não foi analisado) é comparável aos latossolos amazônicos, que são dominados por SiO_2 e em parte Al_2O_3 , Fe_2O_3 e mais restritamente TiO_2 , enquanto os álcalis estão praticamente ausentes.

Os solos Cachorro Cego apresentaram textura franco siltosa a franco arenosa, compatíveis à maioria dos solos TPA investigados, Juruti (Costa, 2011); Mata (Silva, 2012) e Bom Jesus (Silva, 2012).

A associação química indicativa de solos TPA não se delineou claramente, pois que a maioria dos elementos se encontra em concentrações relativas baixas. No entanto esses solos se apresentaram com fertilidade variando de médio a muito bom, com concentrações significativas de nutrientes e micronutrientes (P, Ca, Mg, K e Mn) que podem refletir a contribuição de resto de alimentos vegetal e animal, resíduos de

construção (vegetais principalmente) , excrementos, observados por Kern e Kamph 1989, Kern 1996, Denevan 2004, Kern e Kampf 2005, Madari *et al.*, 2010, Kern *et al.*, 2009, Silva 2010, Costa 2011; Silva 2012; Silva *et al.*, 2012). Mas essa relativa baixa fertilidade dos solos TPA de Cachorro Cego, pode muito bem representar a potencialidade de fertilidade dos seus FCs, comparativamente menor do que muitos outros FCs da Amazônia, mais ricos em P_2O_5 e CaO, MgO e etc, conforme demonstrado por Costa & Kern, 1999, Lima *et al.*, 2002, Costa *et al.*, 2004, Costa *et al.*, 2009, Silva 2010, Costa 2011, e Silva 2012.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, M.A. 2002. Teorias, métodos, técnicas e avanços na arqueologia brasileira. Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo.

Andrade, A. 1986. Investigación arqueológica de los Antrosoles de Araracuara. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, v.31.

Barreto, C. N. G. B. 2008. *Meios místicos de reprodução social: arte e estilo na cerâmica funerária da Amazônia antiga*. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Arqueologia). Universidade de São Paulo, 317p.

Bollong, C.A.; Vogel, J.C.; Jacobson, L.; Van Der Westhuizen, S.A.; Sampson, C.G. 1993. *Direct datin and identity of fibre temper in pré-Contact Bushman (Basarwa) pottery*. Journal of Archaeological Science, 20: 41-55.

BRANDT - Meio Ambiente. 1998. Documento integrado dos relatórios de Zoneamento ambiental e monitoramento biológico da área de influência do Projeto Salobo. Belo Horizonte: Salobo Metais S.A.

Barreto, C.N.G.B. 2008. *Meios místicos de reprodução social: arte e estilo na cerâmica funerária da Amazônia antiga*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. Universidade de São Paulo, 317p.

Brady, N.C & Weill, R.R. 2006. The nature and properties of soils. Edição 7, Editora Macmillan 1922, Universidade de Michigan. ISBN 0-13243189-0. 663.

Camargo, M. N. 1941. Estudos de alguns perfis de solos cadastrados em diversas regiões da Hileia. Technical Report, Embrapa, Belém, 59 pp.

Camargo, M.N.; Klant, E.; Kauffman, J.H. 1987. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.1, p.11-33,

Cardoso, G. O.; Prudêncio, M. I.; Zink, A.; Dias, M. I.; Waerenborgh, J. C. 2005. Determinação da Temperatura de Cozedura de Cerâmicas Arqueológicas Luminescência - Potencialidade e Limitações. In: VI Congresso Ibérico de Arqueometria.

Carmo M. S. 2008. *Transferência química na cadeia solo-mandioca-cabelo humano na Região de Caxiuanã (Estado do Pará) e sua importância ambiental*. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia)-Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

Coelho, S. R. C.; Costa, M.L.; Kern, D. C. 1995. Aspectos Texturais, Mineralógicos e Químicos de Fragmentos de Cerâmica Arqueológica do sítio Manduquinha (Caxiuanã, Portel - PA). V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso de Geoquímica dos países de Língua Portuguesa, Niterói / RJ.

Coelho, S. R. C.; Costa, M. L.; Kern, D. C. 1996. Mineralogia e composição química dos fragmentos cerâmicos arqueológicos do sítio Manduquinha em Caxiuanã (Portel - PA). V Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, SBG/NO, p34-37.

Costa, A. R. 2011. *Formas de Fósforo do Solo em Sítios de Terra Preta Arqueológica na Amazônia Oriental*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia, 116p.

Costa, J. A., Rodrigues, T.E., Kern, D.C., Silva, J.M.S. 2005. Classificação e Distribuição dos Padrões Pedogeomórficos da Estação Científica Ferreira Pena, na Região de Caxiuanã, no Estado do Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**. Series Ciências Naturais. Belém. v. 1, n. 3, p 117-128.

Costa, J. A. 2011. *Mineralogia e geoquímica de terra preta arqueológica para identificação de padrão ocupacional pré-histórico no vale do Baixo rio Amazonas (Juruti, Pará)*. Tese (doutorado em geoquímica e petrologia) Universidade Federal do Pará, 125p.

Costa, M. L., 1991. *Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia*. Revista Brasileira de Geociências, 21(2): p146-160.

Costa, M. L. & Kern, D. C. 1999. *Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon*. Journal of Geochemical Exploration, 66(1/2), 369-385.

Costa, M. L.; Carmo, M. S.; Kern, D. C. 2004. Mineralogy and Chemistry of Ceramics from Anthropogenic Black Earth of Amazon Region. In: Pecchio, M.; Andrade, F.R.D.; D'Agostino, L.Z.; Kahn, H.; Sant'Agostino, L.M.; Tassinari, M.M.M.L (eds.), *Applied Mineralogy, International Council for Applied Mineralogy d Brasil*, ICAM-BR, p.343-346.

Costa M. L., Kern D. C., Pinto A. H. E., Souza J. R. T. 2004a. The ceramic artifacts in archaeological black earth (Terra Preta) from lower Amazon region, Brazil: Mineralogy. *Acta Amazonica*, v.34, n.2, p.165-178.

Costa M. L., Kern D. C., Pinto A. H. E., Souza J. R. T. 2004b. The ceramic artifacts in archaeological black earth (Terra Preta) from lower Amazon region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. *Acta Amazonica*, v.34, n.2, p.375-386.

Costa, M. L.; Carmo, M.; Behling, H. 2005. *Mineralogia e geoquímica de sedimentos lacustres com substrato laterítico na Amazônia Brasileira*. Revista Brasileira de Geociências, 35:165-176.

Costa, M.L.; Oliveira, E.C.; Carmo, M. S.; Kern, D.C.; Goeske, J.; Raab, B. Origin of the phosphates in the ceramic artifacts from Archaeological Dark Earth in the Lower Amazon region. In: RIOS, G. M., CAMARGO, S.M., CALVO, C. F. (eds.). *Pueblos y paisajes antiguos de la selva Amazonica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Taraxacum. 2006. p. 311-323.

Costa, M. L.; Carmo, M.; Oliveira, H.; Lima, H.; Kern, D.; Goeske, J. 2009. A Mineralogia e Composição Química de Fragmentos de Cerâmicas Arqueológicas em

Sítios de Terra Preta de Índio. In: Teixeira, W. G.; Kern, D.C.; MadariI, B.E.; Lima,H.N.; Woods, W.. (Org.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental: 225-241.

Costa M. L., Rios G. M., Silva M. M. C., Silva G. J., Molano-Valdes U. 2010. *Mineralogy and chemistry of archaeological ceramic fragments from Archaeological Dark Earth Site in Colombian Amazon*. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, 64(1): 017-023.

Cunha Franco, E. 1962. *As Terras Pretas do Planalto de Santarém*. Revista da Sociedade dos Agrônomos e Veterinários do Pará, Belém, (8):17-21.

Cunha, E.S.; Ruivo, M.L.P.; Costa, C.A.C. 2005. Atributos Químicos e Carbono Orgânico em Terra Preta Arqueológica e Latossolos Amarelos da Região de Caxiuanã (Melgaço, PA)¹ Chemical Characteristic and Organic Carbon in Archeological Black Soil and Yellow Latosols in the Caxiuanã Region (Melgaço-Brasil)¹. Bol. Mus, Para, Emilio Goeldi: Ciências Naturais, Belém. v. 1, n. 2, p, 77-87.

Denevan, W. 2004. Semi-intensive pre-European cultivation and the origins of anthropogenic dark earths in Amazonia.In: GLASER , B. ; WOODS, W. I.(Eds.).Amazonian dark earths: explorations in space and time. Berlin: Springer,.p. 135-143

Denevan, W. 2010. As origens agrícolas da terra mulata na Amazônia. In: Teixeira et al. (eds) *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 421 p.

Duma, G. 1972. Phosphate content of ancient pots as indication of use. *Current Anthropology*, 13: 127-130.

Falesi I. C. 1972. O Estado Atual dos Conhecimentos sobre os Solos da Amazonia Brasileira (Parte I: Zoneamento Agrícola da Amazonia). IPEAN. Boletim Técnico 54: p17-67.

Falesi, I. 1974. Soils of Brazilian Amazon. In: WAGLEY, Ch. (eds). *Man in the Amazon*. Gainesville, p. 201-229.

Faria, J. B. 1946. A cerâmica da tribo Uaboi dos rios Trombetas e Jamundá. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de proteção aos índios, p.5-42.

Freestone, I.; Middleton, A.; Meeks, N. 1994. *Significance of phosphate in ceramic bodies: discussion of paper by Bollong et al*. *Journal of Archaeological Science*, **21**: 425-426.

German, L. 2004. A geographical method for Anthrosol characterization in Amazônia: contribution to method and human ecological theory. In: GLASER, B.;WOODS, W.I., (Ed). *Amazon Dark Earths: Explorations in space and time*. Berlin: Springer,. p. 29-51. Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G. & Zech, W. 2001. The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, v.88:37-41.

Guerra, T. P. 2008. O sítio Moju 1: Aspectos da cerâmica neo brasileira no município de Moju, Pará. Especialização em Arqueologia. Universidade Federal do Pará.

Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 2001. The Terra Preta Phenomenon - A Model for Sustainable Agriculture in the Humid Tropics. *NATURWISSENSCHAFTEN*, 88: 37-41.

Hardy, T. 2006. The Emergence of Ceramic Craft Specialization During the Maya Formative Period: A Petrographic Investigation in Northern Belize. Thesis, Yale University, 130p.

Horbe, A. & Costa, M. L. 1997. *Solos gerados a partir do intemperismo de crostas lateríticas sílico-ferruginosas*. *Acta Amazônica*. 27(4): 241-256.

Horbe A. M. C. & Costa M. L. 2005. Lateritic crusts and related soils in eastern Brazilian Amazonia. *Geoderma* 126: 225-239.

Jácome, C. P. 2006. *Ayquatiá da Yapepó Estudos dos Materiais Utilizados na Cerâmica Pintada Tupiguarani de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado. UFMG, 151p.

Kampf, N.; Woods, W. I.; Sombroek, W.; Kern, D. C.; Cunha, T.J.F. 2003. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient anthropic soils. *In*: Lehmann J., Kern, D.C., Glaser, B. & Woods W.I.(eds.), *Amazonian Dark Earths, origin, properties, management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 77-102.

Kampf, N. & Kern, D.C. 2005. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. *In* *Trópicos em ciência do solo*. Vol. 4, julho, viçosa, MG: Sociedade brasileira de ciência do solo.

Kampf, N., Woods, W.I., Kern, D.C. & Cunha, T.J.F. 2010. Classificação das terras pretas de índio e outros solos antrópicos antigos. *In*: Teixeira, W., Kern, D. Madari, B., Lima, H. & Woods, W. *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. p 87-102.

Kern, D. C & Kampf, N. 1989. *Os efeitos de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará*. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas. (13): 219-250.

Kern, D. C. 1996. *Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)*. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, 124 p.

Kern, D.C. & Costa, M.L. 1997. *Cerâmica arqueológica (sítio PA-GU-5; Manduquinha) e cabocla na região de Caxiuanã-Pará*. *Revista de Arqueologia*. 10: 107-125.

Kern, D. C. & Costa, M. L. 2001. *Cerâmica Arqueológica (sítio pa-gu-5:manduquinha) e Cabocla na Região de Caxiuanã-Pará*. *Revista de Arqueologia*, 10: 107-125.

Kern, D. C.; D'Aquino, G.; Rodrigues, T. E.; Frazão, F. J. L.; Sombroek, W.; Myers, T. P.; Neves, E. G. 2003. Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon.

In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. (Org.) Amazonian Dark Earths. Origin, properties and management. Kluwer Academic Publishers, p. 51-75.

Kern, D. C.; Kampf, N. 2005. Os solos como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. IN: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, SBCS, v. 5, p. 277-320.

Kern, D. C, N. Kämpf, W. I. Woods, W. M. Denevan, M. L. Costa, e F. J. L. Frazão. 2010. Evolução do conhecimento em Terra Preta de Índio, in As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Editado por W. G. Teixeira, D. C. Kern, B. E. Madari, H. N. Lima, and W. I. Woods, pp.72-81. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental.

Kern, D.; Kampf, N.; Woods, W.; Denevan, W.; Costa, M. L.; Frazão, F. Sombroek, W. 2010. As terras pretas de índio na Amazônia: evolução do conhecimento em terra preta de índio. In: Teixeira, W.; Kern, D. Madari, B.; Lima, H. & Woods, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. p 73-82.

Kirch, P.V. 2001. Ceramics in Archaeology. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. p. 1623 – 1627.

Latini R. M.; Bellido Jr A. V.; Vasconcellos M. B. A.; Dias Junior O. F. 2001. *Classificação de cerâmicas arqueológicas da Bacia Amazônica*. Quim. Nova, Vol 24, n. 6, p. 724-729.

Lehmann, J.; Kern, D.; German, L.; Mccann, J.; Martins, G.; Moreira, A. 2003. Soil Fertility and Production Potential. 2003. In: J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser, & W.I. Woods (eds) Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 505p.

Lehmann J.; Campos C. V.; Macêdo J. L. V.; German L. 2004. *Sequential P Fractionation of Relict Anthropogenic Dark Earths of Amazonia*. B. Glaser, W.I. Woods (Ed) Amazonian Dark Earths: Explorations in Time and Space. Springer, Berlin, Germany (2004). p. 113–123.

Lemos, R.C. & Santos, R.D. 1984. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2 ed. Campinas: SBCS/SNLCS. 45p.

Lima H. N.; Schaefer C. E. G. R.; Mello J. W. V.; Gilkes R. J.; Ker J. C. 2002. *Pedogenesis and pre-colombian land use of "Terra Preta Anthrosols"(Indian black earth") of western Amazonia*. Geoderma. 110:1-17.

Mandari, B. E.; Sombroek, W. G., Woods, W. I. 2004. Research on the Anthropogenic Dark Earth Soils of Amazon (Terra Preta e Terra Mulata). Could it be a solution for sustainable agricultural developed in the Amazon. In: B. GLASER; W.I. WOODS. (Org.). Exploration in Amazonian Dark Earth. 1.ed. Heidelberg: Springer-Verloug. p. 169-181.

Madari, B .E.; Cunha, T. J. F.; Novotny, E. H.; Milori, D. M. B. P.; Martin Neto, L.; Benites, V. M.; Coelho, M. R.; SantoS, G. A. 2009. Matéria Orgânica dos Solos

Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D.C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. Manaus, AM. 1ª ed.: Embrapa Amazônia Ocidental, p. 172-188. Marengo RA, Lopes NF (2009) **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. UFV, p.267-297.

Maritan, L.; Angelini, I.; Artioli, G.; Mazzoli, C.; Saracino, M. 2009. Secondary phosphates in the ceramic materials from Frattesina (Rovigo, North-Eastern Italy). *Journal of Culture Heritage*, 10: 144-151.

Neves E. G., Petersen J. B., Bartone R. N., Silva C. A. 2003. Historical and Socio-Cultural Origins of Amazonian Dark Earths. In: Lehmann J.; Kern D. C.; Glaser B.; Woods W. I. (Ed.). *Amazonian Dark Earths: origin, properties and management*. Dordrecht, Netherland: Kluwer Academic Publishers.

Nunes K. P.; Munita C. S.; Neves E. G. 2007. Estudo preliminar da composição química da cerâmica do Sítio Hatahara, AM. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte e Conservação de Patrimônio Cultural. 11 a 16 de julho de 2007. Museu de Arte de São Paulo-MASP, São Paulo-SP-Brasil.

NRCS Soil - SOIL SURVEY MANUAL.,1993 - Chapter 3 - Soil Texture. Disponível em: <http://soils.usda.gov/technical/manual/contents/chapter3.html> Acessado em de Maio de 2013.

Prado, H. 1991. *Descrições pedológicas e suas aplicações*. São Paulo: Nobel 117p.

Prado, H. 1993. *Manual de classificação de solos do Brasil*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 197p.

Ranzani, G.; Kinjo, T.; Freire, O. 1962. Ocorrência de "Plaggen Epipedon" no Brasil. *Boletim Técnico- Científico da Escola Superior de Agricultura. "Luiz de Queiroz"* 5:1-11.

Rodrigues S. F. S. 2010. *Mineralogia, Química e Fertilidade Potencial de Fragmentos Cerâmicos de Terra Preta Arqueológica do Sítio Jabuti (Bragança, Pará)*. 130 f. II. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós-Graduação em Química. Belém, 2010.

Ruvalcaba-Sil, J.L., Ontalba Salamanca, M.A., Manzanilla, L., Miranda, J., Canetas Ortega, J., Lopez, C. 1999. Characterization of pre-Hispanic pottery from Teotihuacan, Mexico, by a combined PIXE-RBS and XRD analysis. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 150: 591-596.

Santos, P. S. 1989. *Ciência e tecnologia de argilas*. Ed.Edgard Blücher, Vol.1,Paulo, 211 p.

Santos, E.E.F.; Santos, M.H.L. 2003. Influência do tempo de cultivo nas características químicas de um Latossolo no Oeste baiano. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 29, Ribeirão Preto, Anais. Ribeirão Preto: SBCS, CD.

Santos, J. O.; Munita, C. S.; Valério, M. E. G.; Vergne, C.; Oliveira, P. M. S. 2006. Determination of trace elements in archaeological ceramics and application of Kernel Density Estimates: Implications for the definition of production locations. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 269: 441-445. Scatamacchia, M. C. M. 1991. O aparecimento da cerâmica como indicador de mudança do padrão de subsistência. *Revista de Arqueologia*, 6:33-40.

Santos, L. A. C.; Campos, M. C. C.; Anderson, C.B.; Silva, D. M. P.; Junior, A. F. M. 2011. Caracterização Física De Seis Sítios de Terras Pretas Arqueológicas na Região de Apuí-AM. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)*. v.6, n.4, p. 167-174.

Silva, A. K. T.; Guimarães, J. T. F.; Lemos, V. P.; Costa, M. L.; Kern, D. C. *Mineralogia e geoquímica de perfis de solo com Terra Preta Arqueológica de Bom Jesus do Tocantins, sudeste da Amazônia*. *Revista Acta Amazônica*, vol. 42(4) 2012: 477 – 490.

Silva, G. J. 2010. *Mineralogia, química e avaliação da fertilidade potencial de fragmentos cerâmicos de sítio de terra preta: Caxiuanã, Juruti, Barcarena e Quebrada Tacana*. Dissertação (Mestrado em geologia e Geoquímica) Universidade Federal do Pará, 107pg.

Silva, M. 1991. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás / Pará (Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Belém, vol. 7, n. 1, (série Botânica).

Silva, U. S. 2012. *Contrastes Químicos, Mineralógicos e de Fertilidade entre Solos Tipo Terra Preta Arqueológica: Sítio da Mata, no Limite Oriental da Amazônia, e Sítio Porto de Santarém, no Baixo Amazonas*. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, 76p.

Silveira, M. I.; Machado, C. L.; Rodrigues, M. C. L. F. 2005a. Quinto Relatório do Projeto Prospecção Arqueológica na área do Projeto Salobo/PA (área da barragem de rejeitos do Igarapé Mirim, dos diques de contenção de finos I e II no rio Cinzento, da estrada planejada entre alojamento das empreiteiras e dique de contenção de finos II, estrada planejada entre os diques de contenção de finos I e II, da pilha de minério temporário, da pilha de minério marginal, da pilha de minério estéril, do transportador de correia de longa distância, usina e administração). Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 52 p.

Silveira, M. I.; Machado, C. L.; Leal, M. C. 2006. **Projeto “Prospecção arqueológica na área do Projeto Salobo - PA”**. Relatório Final. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 106 p.

Silveira, M. I.; Rodrigues, M. C. L. F.; Oliveira, E. R.; Losier, L.M. 2008a. *Sequência cronológica de ocupação na área do Salobo (Pará)*. Revista de Arqueologia, vol. 21, n. 1, p. 61-84.

Silveira, M. I.; Rodrigues, M. C. L. F.; Oliveira, E. R.; Losier, Louis-Martin. *Prospecção arqueológica em áreas de floresta contribuição metodológica da pesquisa na área do Projeto Salobo (Pará)*. Aceito para publicação na Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia/USP, 2009.

Sombroek, W. G. 1966. Amazon Soils. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Netherlands. See esp. pp. 174-176, 252-256, 261.

Sombroek, W.; D. Kern; T. Rodrigues; M.S. Cravo; T.J. Cunha; W. Woods & B. Glaser. 2002. Terra Preta and Terra Mulata: pre-Columbian Amazon kitchen middens and agricultural fields, their sustainability and their replication. Symposium 18- Anthropogenic factors of soil formation. Thailand: 17th World Congress of Soil Science in Bangkok, 14-21 August 2002.

Sombroek, W.; Kern, D.; Rodrigues, T.; Cravo, M.; Cunha, T.; Woods, W.; Glaser, B. 2010. Terra Preta e Terra Mulata: Suas Potencialidades Agrícolas, suas sustentabilidades e suas reproduções. In: Teixeira et al. (eds) *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 251-257

Souza K. W.; Lima H. N.; Schaefer C. E. G. R.; Teixeira W. G.; Pulrolnik K.; Corrêa G. R. 2009. *Phosphorous forms in cultivated Indian Black Earths (Anthrosols) of varying texture in the Brazilian Amazon*. Revista Brasileira Ciência do Solo. n. 33, p. 1347-1355.

Smith, N. J. H. 1980. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers* **70** (4): 553–566.