



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

**TESE DE DOUTORADO**

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DE TERRA PRETA  
ARQUEOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÃO  
OCUPACIONAL PRÉ-HISTÓRICO NO VALE DO BAIXO RIO  
AMAZONAS (JURUTI, PARÁ)**

Tese apresentada por:

**JUCILENE AMORIM COSTA**

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

**Coorientador: Dra. Dirse Clara Kern (MPEG)**

---

**BELÉM  
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

C837m Costa, Jucilene Amorim

Mineralogia e geoquímica de terra preta arqueológica para identificação de padrão ocupacional pré-histórico no vale do Baixo rio Amazonas (Juruti, Pará) / Jucilene Amorim Costa; Orientador: Marcondes Lima da Costa; Co-orientador: Dirse Clara Kern – 2011  
xvi, 108 f.: il.

Tese (doutorado em geoquímica e petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2011.

1. Mineralogia. 2. Terra Preta. 3. Terra Mulata. 4. Fragmentos Cerâmicos. 5. Pré-história. 6. Geoquímica. 7. Arqueologia - Amazônia. I. Costa, Marcondes Lima da, *orient.* II. Kern, Dirse Clara, *coorient.* III. Universidade Federal do Pará. IV. Título.

CDD 22<sup>a</sup> ed.: 549.098115

---



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

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DE TERRA PRETA  
ARQUEOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÃO  
OCUPACIONAL PRÉ-HISTÓRICO NO VALE DO BAIXO RIO  
AMAZONAS (JURUTI, PARÁ)**

TESE APRESENTADA POR:

JUCILENE AMORIM COSTA

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

Data de Aprovação: 16.12.2011

Banca Examinadora:

**Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa**  
(Orientador – UFPA)

**Prof. Dr. Renato Kipnis**  
(Membro – USP)

**Prof. Dra. Maura Imazio da Silveira**  
(Membro – MPEG)

**Prof. Dra. Vanda Porpino Lemos**  
(Membro – UFPA)

**Prof. Dra. Kelly G. Fernandes Dantas**  
(Membro – UFPA)

*Ao meu querido irmão José Raimundo,  
que é pai e amigo; à minha mãe, Espírito  
Santo (in memoriam) com amor, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, família e amigos preciosos;

Ao meu orientador Dr. Marcondes Lima da Costa pela valiosa orientação, por compartilhar de suas experiências e profundo conhecimento do ambiente amazônico, pelo tempo e atenção dispensada a mim e principalmente pelo enriquecimento profissional;

À Dra. Dirse Clara Kern, minha grande incentivadora, agradeço pela contínua orientação na vida, preciosos ensinamentos e confiança, amizade e apoio incondicional em todos os momentos;

Ao CNPq pela bolsa de doutorado e apoio através do projeto AGETEPA – Assinaturas Geoquímicas em Terra Preta Amazônicas e seus conteúdos cerâmicos, CNPq – 484986/2007-4, coordenado pelo Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa;

À Universidade Federal do Pará através do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências pela oportunidade do doutoramento;

À Empresa Scientia Consultoria Científica Ltda pela parceria e apoio logístico nos trabalhos de campo e laboratório;

À Fernanda de Araújo Costa pelo incentivo e amizade, valiosas contribuições nos textos e por apresentar a mim o fantástico mundo da arqueologia;

Aos funcionários e colaboradores do Laboratório de Arqueologia da Scientia, Ana Lúcia, Izabel, André, Eliziane, Célia, Greyce, Thiago, Joana, Alex, Nilde e Klewerson;

Aos amigos queridos do Museu Goeldi, Francisco Berredo, Lourdes Ruivo, Jorge, Bia, Paulo, Heloisa, Cristina Senna, Maridalva, Bola, Seu Oscar, Dona Maria, Juvenal (in memoriam) e Márcia pelo apoio e amizade;

Ao Dr. Hilton Túlio do Laboratório de Microscopia Eletrônica do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo apoio e por disponibilizar feriados e finais de semana;

Aos amigos do grupo de geoquímica e mineralogia aplicada, Uibirá, Ecilene, Flávia, Gleyce, Gisele, Henrique, Marlis, Mônia, Sérgio, Kika e a grande Socorro pela caminhada e amizade;

Aos meus queridos irmãos José Raimundo, Juraci, Jucileide, Maria José (in memoriam) Clístene e Raimundo Antônio, e à nova geração Josenilce, Alécia, Mairla, Fábio, Emerson, Josilene, Marcelo e Annye, amo vocês;

A minha família paraense Renata, Lourdes, Thamiris, Tia Socorro, Vó Zazá, Jamile, Igor, Sophia e Ladislau Silva, amigos muito queridos;

Aos meus amigos Rita, Tatá, Alexandre, Doc, Jussara e Tiago pelo apoio constante e risos que renovam a alma;

Meu sincero obrigada.

## RESUMO

Na Amazônia são inúmeras as ocorrências de solos modificados pela ocupação de antigos povos ceramistas. Estes solos, conhecidos como Terra Preta de Índio ou Terra Preta Arqueológica (TPA), geralmente ocupam pequenas áreas, mas também são encontrados em áreas contínuas por dezenas de hectares. Algumas dessas TPA são circundadas por solos conhecidos por Terra Mulata Antrópica (TMA). As TPA apresentam cor escura, teores elevados de Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu e C orgânico, fragmentos cerâmicos (FC) e carvão. Já a TMA, embora de cor escura, é desprovida de FC e os seus conteúdos de Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu e C orgânicos são menores em relação à TPA, porém mais elevados quando comparados aos solos adjacentes (AD). Na região do Baixo Amazonas extensas áreas de TPA são acompanhadas por faixas igualmente extensas de TMA, que foram delineadas durante as pesquisas de salvamento arqueológico para implantação da indústria de extração e beneficiamento de bauxita da ALCOA, no município de Juruti, Pará. Estes locais, conhecidos como sítios arqueológicos, ricos em fragmentos cerâmicos (FC) e matéria orgânica, foram investigados com o objetivo de conhecer as possíveis inter-relações entre os solos TPA e TMA, a real interferência da ocupação pré-histórica nos solos e delinear o padrão ocupacional, contribuindo assim para o esclarecimento da cronologia de ocupação da Amazônia. Foram realizadas amostragens de solos e de fragmentos cerâmicos (FC) em dois sítios arqueológicos com TPA e TMA selecionados para este estudo. As amostras de solo e FC foram coletadas em perfis pedológicos e em uma malha regular (60 x 120 m), representativa das TPA, TMA e AD. Em seguida foram submetidas a análises mineralógicas por DRX, MEV-EDS e microscopia óptica; e químicas (incluindo os elementos maiores e traços) determinadas por ICP-OES e ICP-MS. Além das análises químicas e mineralógicas, os FC foram ainda examinados arqueologicamente com lupa binocular e datados por termoluminescência (TL). Os fragmentos de carvão foram datados empregando-se o método radiocarbono ( $C^{14}$ ) aplicando-se a técnica AMS. Os resultados obtidos mostram que os solos são constituídos essencialmente por quartzo e caulinita, e em menores proporções por illita + muscovita, goethita + hematita e anatásio. Estes minerais refletem a associação  $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ - $TiO_2$  interpretada como a assinatura dos solos derivados de crosta ferro-aluminosa de perfis lateríticos, equivalente aos solos adjacentes (AD). Embora as TPA e TMA guardem semelhanças mineralógicas e químicas entre si, diferem parcialmente nos teores de cada espécie mineral e nas concentrações dos elementos químicos. Por outro lado apatita, fosfato de Al e cristobalita são praticamente exclusivos das TPA, raramente encontrados na TMA e ausentes nos solos AD. A apatita e o fosfato de Al representam as principais fontes dos altos teores de Ca e P. Os solos

TPA e TMA se caracterizam também pelo elevado conteúdo de matéria orgânica e se deixam identificar pela associação  $P_2O_5$ -CaO-MgO- $Na_2O$ - $K_2O$ -Zn-Cu-Mn-Ba-Sr-Li-Ni, interpretada como indicadora de atividade humana. Os mapas geoquímicos desses elementos e de distribuição dos FC permitiram delimitar as áreas de TPA como de ocupação permanente, delimitadas pelas concentrações mais elevadas. Foram identificadas sete manchas de solos enriquecidos e mais escuros, agrupadas em dois núcleos principais, separadas por corredores de solo equivalente à AD (associação geoquímica  $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ - $TiO_2$ -Cr-Y-V-Zr). Tais manchas, com abundância de FC, foram interpretadas como locais de antigas aldeias. A TMA segue em extensa e contínua faixa paralela ao rio, entre a TPA e a AD, interpretada como locais de acampamento ou de atividades agrícolas. As características estilísticas e a sequência cronológica destes fragmentos indicam que a ocupação está representada principalmente por duas fases cerâmicas: Konduri, mais recente e Pocó, mais antiga. As idades obtidas por  $C^{14}$  e TL sugerem que estes povos ceramistas provavelmente se estabeleceram na região entre 140 AC e o século XIII da nossa era, tendo as TPA se formado subsequentemente. Os fragmentos cerâmicos constituíam vasilhas de uso cotidiano e cerimonial. Sua composição mineralógica e química se assemelha à argila utilizada pelos artesãos atuais. As diferenças se resumem aos elevados teores de fósforo (entre 1 e 4 % de  $P_2O_5$ ) sob a forma de fosfatos de Al e Fe amorfos, que na argila atual se encontram em nível crustal. Isto reforça a proposta de sua origem relacionada ao uso, especialmente ao cozimento dos alimentos. Portanto, diante das similaridades mineralógicas e químicas entre os FC de culturas e cronologias distintas é possível inferir que as matérias-primas utilizadas pelos povos antigos dessa região, tiveram sempre a mesma proveniência ou ambiência geológica, iniciada há pelo menos 2.000 anos atrás, e que alcançou os povos atuais da região. Portanto, as áreas de TPA e TMA que ocupam o vale do Amazonas na região de Juruti por mais de 350 ha, indicam que elas são consequência de atividades humanas pré-históricas, extensivas e intensivas, que imprimiram significativas transformações aos solos pré-existentes. As condições de clima quente e úmido, além da densa cobertura vegetal permitiram a sua formação.

**Palavras chave:** Mineralogia. Terra Preta. Terra Mulata. Fragmentos Cerâmicos. Pré-história. Geoquímica. Arqueologia da Amazônia.

## ABSTRACT

In the Amazon basin, the soils of a large number of sites have been modified by ancient pottery-making peoples. These soils, known as Indian Dark Earth or Archeological Dark Earth (ADE), generally cover relatively small areas, but in some cases, may extend to dozens of hectares. Some of these ADE sites are surrounded by soils known as Terra Mulata (TMA). The ADEs are dark in color, and have relatively high levels of Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu and organic C, ceramic fragments (CF), and charcoal. By contrast, while the TMA are relatively dark, they lack ceramic fragments, and have lower levels of Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu, and organic C than the ADE, even though these levels are generally higher than those found in adjacent soils or Latosol (Oxisols). Along the right bank of the lower Amazon River, at Juruti, in the Brazilian state of Pará, ample areas of ADE were found surrounded by equally extensive tracts of TMA during archeological rescue operation that preceded the construction of the ALCOA bauxite extraction and processing plant. These locations, known to be archeological sites rich in ceramic fragments and organic matter, were investigated with the aim of understanding the possible inter-relationships between the ADE and TMA soils and the specific role of the prehistoric occupation of these soils, and the determination of the pattern of occupation, and the time scale of the occupation of the Amazon basin. Samples of soil and CF were obtained from the two archeological sites with ADE and TMA selected for this study. The soil and CF samples were collected from pedological profiles within a standardized 60 m x 120 m grid, representative of the ADE, TMA and adjacent soils. The mineralogy of the samples was then analyzed using XRD, SEM-EDS and optical microscopy, and their chemistry (including major and trace elements) was determined using ICP-OES and ICP-MS. In addition to these chemical and mineralogical analyses, the CF were examined archeologically with a binocular lens, and dated using thermoluminescence. The fragments of charcoal were dated using the radiocarbon ( $C^{14}$ ) method using the AMS technique. The results show that the soils are made up essentially of quartz and kaolinite, with illite + muscovite, goethite + hematite, and anatase in smaller proportions. These minerals reflect the  $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ - $TiO_2$  association that has been interpreted as the signature of soils derived from the ferrous-aluminous crust of lateritic profiles, equivalent to the adjacent soils. While ADE and TMA are relatively similar in their mineralogical and chemical composition, they are partly different in the content of each mineral and in their concentrations of the chemical elements. On the other hand, apatite, Al phosphate, and cristobalite are practically exclusive to the ADE, being found only rarely in the TMA, and entirely absent from the Latosol. The apatite



and Al phosphate represent the principal sources of the high levels of Ca and P. The ADE and TMA soils are also characterized by the high levels of organic matter, and can be identified by the  $P_2O_5$ -CaO-MgO-Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O-Zn-Cu-Mn-Ba-Sr-Li-Ni association, which can be interpreted as an indicator of human activity. The geochemical maps of these elements and the distribution of the CF permitted the delimitation of the ADE zones as representing areas of permanent human occupation, defined by the higher concentrations. Seven patches of darker, enriched soil were grouped in two principal nuclei, separated by corridors of soils equivalent to adjacent area ( $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ - $TiO_2$ -Cr-Y-V-Zr geochemical association). These patches, characterized by an abundance of ceramic fragments, were interpreted as being the sites of ancient settlements. The TMA lies in a wide, continuous belt parallel to the river, between the ADE and the adjacent soil, and is interpreted as an area of campsites or the locations of agricultural activities. The stylistic characteristics and the chronological order of these fragments indicate that the occupation of the area is represented primarily by two distinct ceramic phases, the older Pocó phase, and the more recent Konduri phase. The thermoluminescence and  $C^{14}$  dating indicate that these pottery-making peoples probably occupied the region between 140 B.C. and the 13th century, with the ADE being formed subsequently. The ceramic fragments represent the remains of both ceremonial vessels and everyday artifacts. Their mineralogical and chemical composition is similar to that of the clay used by the region's present-day potters. The differences are restricted to the high levels of phosphorus (between 1% and 4%  $P_2O_5$ ) found in the fragments in the form of amorphous Al and Fe phosphates, which are found at crustal levels in the present-day clay. This reinforces the conclusion that their origin was related to the use of the ceramic vessels, especially for cooking food. From the mineralogical and chemical similarities between the CF of distinct cultures and ages, it is possible to infer that the raw material used by the ancient settlers of this region were invariably sourced from the same deposits or geological formations, beginning more than 2,000 years ago, and which are still used by the region's present inhabitants. Overall, then, the evidence indicates that the deposits of ADE and TMA soils in the area of Juruti, which extend for more than 350 hectares, are a consequence of extensive and intense prehistoric human activities, which imposed significant transformations on the original local soils. The hot and humid climatic conditions, and the dense forest cover were fundamental to the formation of these soils.

**Key words:** Mineralogy. Dark Earth. Terra Mulata. Ceramic fragments. Prehistory. Geochemistry. Amazonian archeology.



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

**PARECER**  
**Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de**  
**JUCILENE AMORIM COSTA**

A banca examinadora da tese de doutorado de **JUCILENE AMORIM COSTA** intitulada **“MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÃO OCUPACIONAL PRÉ-HISTÓRICO NO VALE DO BAIXO RIO AMAZONAS (JURITI, PARÁ)”** composta pelos Professores Doutores Marcondes Lima da Costa (Orientador-UFGPA), Renato Kipnis (USP), Kelly das Graças F. Dantas (UFGPA), Maura Imazio da Silveira (MPEG) e Vanda P. Lemos (UFGPA) após a apresentação oral e arguição da candidata, emite o seguinte parecer.

A candidata apresentou contribuição relevante ao conhecimento sobre os processos de formação da Terra Preta Arqueológica e da Terra Mulata, identificação e interpretação de áreas de atividades, e para o estudo das cerâmicas arqueológicas em sítios de terra preta. A apresentação oral foi clara, bem estruturada e de conteúdo relevante, demonstrando conhecimento da literatura e discussão dos dados apresentados. Na arguição a candidata defendeu sua tese e a hipótese principal nela formulada, bem como respondeu às várias questões gerais e específicas apresentadas. O documento está bem redigido e bem estruturado. Contribuições foram feitas pela banca visando melhoria do trabalho para de artigos científicos submetidos para publicação.

Com base no exposto, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

Belém, 16 de dezembro de 2011

Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (Orientador-UFGPA)

Prof. Dr. Renato Kipnis (USP)

Prof.ª Dr.ª Kelly das Graças F. Dantas (UFGPA)

Prof.ª Dr.ª Maura Imazio da Silveira (MPEG)

Prof.ª Dr.ª Vanda Porpino Lemos (UFGPA)