



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

---

**TESE DE DOUTORADO**

**OS FRAGMENTOS DE CERÂMICA ARQUEOLÓGICA  
COMO FONTE POTENCIAL DE FERTILIDADE DOS SOLOS  
TPA**

**Apresentado por:**

**SUYANNE FLÁVIA SANTOS RODRIGUES**

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

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

---

**BELÉM  
2014**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Rodrigues, Suyanne Flávia Santos, 1987-

Os fragmentos de cerâmica arqueológica como fonte potencial de fertilidade dos solos TPA / Suyanne Flávia Santos Rodrigues. – 2014.  
xvii, 121 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Marcondes Lima da Costa;

Coorientadora: Dirse Clara Kern

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2014.

1. Cerâmica - Amazônia - Análise. 2. Química arqueológica. 3. Terra Preta - Amazônia. 4. Sítios arqueológicos. 5. Solos – Amazônia – Análise. I. Título.

CDD 22. ed. 930.10285

---



**Universidade Federal do Pará**

**Instituto de Geociências**

**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**OS FRAGMENTOS DE CERÂMICA ARQUEOLÓGICA  
COMO FONTE POTENCIAL DE FERTILIDADE DOS SOLOS  
TPA**

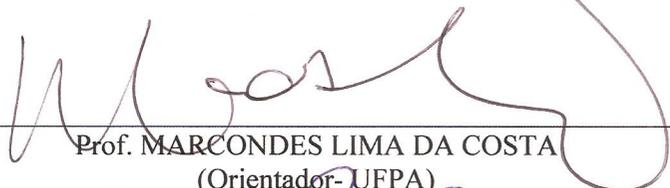
**TESE APRESENTADO POR:**

**SUYANNE FLÁVIA SANTOS RODRIGUES**

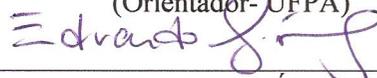
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutora em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

**Data da Aprovação: 26/09/2014**

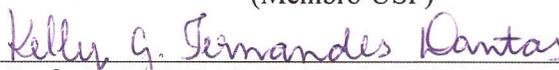
**Banca Examinadora:**



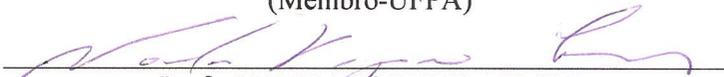
Prof. MARCONDES LIMA DA COSTA  
(Orientador-UFPA)



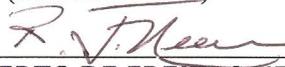
Prof. EDUARDO GÓES NEVES  
(Membro-USP)



Prof. KELLY DAS GRAÇAS FERNANDES DANTAS  
(Membro-UFPA)



Prof. VANDA PORPINO LEMOS  
(Membro-UFPA)



Prof. ROBERTO DE FREITAS NEVES  
(Membro-UFPA)

Ao meu querido Museu de Geociências (UFPA), espaço onde sobre tantas ciências aprendi; onde me apaixonei por minerais, que são capazes de impor sua beleza, na forma de grandes cristais a qualquer observador desatento, mas que também se fazem tão presentes na vida a ponto de nem mesmo serem percebidos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa por sua incansável dedicação para que este trabalho fosse apresentado; por todas as vezes que ouvi “não está bom”, “você consegue”, “tem que acelerar!”, e o meu favorito: “capriche!”. Por tudo que compartilhou comigo ao longo desses quase dez anos de formação acadêmica, aprendizado que superou os muros da universidade, com grande carinho, admiração und Freundschaft ao meu Lieber Doktorvater sou grata.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pela concessão de bolsa de estudo, e pelo fomento do Projeto “Os Fragmentos de Cerâmica Arqueológica como Fonte de Fertilidade de Longo Prazo de Solos tipo Terra Preta (TPA) na Amazônia-CERAFERTIL, CNPq- 477682/2010-3, coordenado pelo Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsa de estudos na oportunidade do estágio de doutorado sanduiche em Halle/Saale, Alemanha; e nos primeiros meses de doutoramento no Brasil.

A Dra. Dirse Clara Kern pela coorientação e por ter viabilizado o acesso às amostras cedidas pela empresa Scientia Consultoria o qual coordenou as etapas de campo.

Ao Prof. Dr. Herbert Pöllmann pela coorientação e acesso irrestrito aos laboratórios sob sua coordenação na Uni-Halle, além da atenção e cuidado dispensados a mim durante minha estadia na Alemanha. E a todos os seus que tão bem me acolheram e ajudaram, em especial a Frau Henne, Maurice Pawlik, Frankisca Setzer , Catarina Pöller e Frau Becher.

Ao MPEG, na pessoa da Dra. Maura Imazio da Silveira, pela cessão das amostras do sítio Jabuti e pela oportunidade de participar de etapas de campo em sítios arqueológicos.

A Scientia Consultoria pela cessão das amostras dos sítios Da Mata, Monte Dourado 1 e pelo apoio logístico em Juruti.

Aos professores do PPGG por suas contribuições, incentivos e exemplos.

Ao Dr. Jürgen Göske que disponibilizou sua excelente infraestrutura analítica do ZWL em Lauf, Alemanha, sem ônus.

Aos colegas e professores do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada- GMGA pelas valiosas discussões, e alegrias compartilhadas ao longo de tantos anos de convivência.

A minha melhor parte, Edinaldo Tavares, por tudo que nos faz apenas um, meu eterno companheiro, meu amor, com o coração repleto por tê-lo ao meu lado, sou grata.

Aos meus pais Raimunda e Raimundo, e meus irmãos Suzane e Flávio por nossa caminhada, e pelos laços que vão muito além daqueles que carregamos no sangue.

A minhas crianças que alegram meu coração e me renovam: Emanuely e Heitor.

Aos amigos Dayse Barbosa, Gisele Marques, Glayce Valente, Henrique Almeida, Jailson Silva, Jilcenatalia Pedroso, Rodrigo Leitão e Samantha Siqueira por tudo que nos uni. E a Leonardo Boiadeiro, e Prof. Dr. Oscar Choque grandes amigos que fiz em Halle.

Aos meus queridos Amélia e Miguel Queiroz, e a Família Galvão pelo amor filial que dedicam a mim.

A todos que formam a grande família Amaro e a minha família de berço, dos quais muitos não compreendem o significado de um doutoramento, mas mesmo sem compreender, tanto me apoiaram. E estes, certamente são encabeçados pelas minhas avós Dalva (*in memorian*) e Rosa (*in memorian*) que muito me ensinaram.

“O oleiro não tem direito de fazer do mesmo barro um vaso para fins nobres e outro para uso desonroso?”

Romanos 9:21

## RESUMO

Os solos tipo Terra Preta Arqueológica (TPA) são reconhecidos por sua elevada fertilidade, em forte contraste com os solos pobres da Amazônia. Esta fertilidade parece persistir mesmo após o seu uso intensivo na agricultura. As TPA são geralmente ricas em fragmentos cerâmicos, importantes registros de que estão interligados com ocupação humana na Pré-história. Muitos estudos se concentraram sobre os aspectos estilísticos das vasilhas cerâmicas representativas desses fragmentos, e mais restritamente são motivos de estudos de caracterização químico-mineral, para identificação de matéria prima, procedência, tecnologia, e principalmente a origem do seu conteúdo em P, variado e relativamente elevado. Esses teores de P estão representados por fosfatos de alumínio, em geral, amorfos a variscita-estregita, e sua origem é creditada ao uso das vasilhas para o preparo de alimentos. Embora já aventado a possibilidade de que estes fragmentos possam responder pela a fertilidade continuada destes solos, estudos experimentais não foram realizados para demonstrar a potencial contribuição destes fragmentos para reconhecida fertilidade das TPA. O presente trabalho demonstra esta possibilidade, e para atingir este fim foram selecionados fragmentos de três sítios arqueológicos com características distintas situados em diferentes porções da Amazônia: Monte Dourado 1 (Almeirim-PA), Jabuti (Bragança-PA) e Da Mata (São José de Ribamar-MA). Inicialmente 325 fragmentos cerâmicos foram descritos mesoscopicamente e submetidos à caracterização mineralógica e química por DRX; microscopia óptica; TG-ATD; IV-FT; MEV-SED; ICP-MS e ICP-OES; adsorção gasosa; medidas dos parâmetros de fertilidade; e ensaios de dessorção de P. Com estes dados objetivou-se identificar matérias primas, processos produtivos, modificações ocorridas durante o uso e após o descarte, e desta forma avaliar as possíveis contribuições destes fragmentos a fertilidade das TPA. A hipótese de contaminação por nutrientes provindos dos alimentos durante o uso das vasilhas para preparação de alimentos foi comprovada através de experimento em laboratório simulando condições de cozimento, onde foi avaliada a incorporação de cálcio e fósforo em painéis cerâmicos similares as arqueológicas. Os resultados mostram que os antigos povos ceramistas utilizaram matérias primas dos arredores de seus sítios. A composição em termos de uma matriz com metacaulinita e quartzo, por vezes muscovita é comum a todos os fragmentos, indicando matéria prima rica em caulinita e quartzo, fundamental para produção das vasilhas. A metacaulinita sugere que a queima ocorreu em torno de 550°C. Por outro lado, adições de antiplásticos distintos promoveram diferenças químicas e mineralógicas fazendo com que os

fragmentos no seu todo diverjam entre si: os do sítio Da Mata se caracterizam pelo emprego exclusivo de cariapé, em Monte Dourado 1 o cariapé com rochas trituradas de mineralogia complexa, e no Jabuti conchas por vezes cariapé. Fosfatos amorfos são comuns a todos os sítios, embora em teores distintos, sendo que fosfatos de alumínio cristalinos tipo crandallita-goyazita foram encontrados apenas no Jabuti e fosfatos de Fe-Mg-Ca, a segelerita, em Monte Dourado 1. Os fosfatos amorfos e a crandallita-goyazita foram interpretados como indicadores de uso das vasilhas representativas dos fragmentos para preparação de alimentos, enquanto a segelerita uma neoformação ocorrida após o sítio ter sido submetido às condições hidromórficas, que persistem até atualidade. Em termos das concentrações de P, nos fragmentos do sítio Da Mata estão as menores, em média, 1,04% de  $P_2O_5$  que assemelham-se a maioria dos fragmentos já investigados, enquanto os do Jabuti são os mais elevados (em média, 7,75%) já conhecidos, e nos do Monte Dourado 1 são, em média, 2,23% . É provável que os altos teores de P, Ca e Sr sejam provenientes da dieta alimentar a base de mariscos, como demonstra a riqueza em conchas nos fragmentos. Os teores elevados de Ca em Monte Dourado 1 refletem a presença de labradorita no antiplástico. A fertilidade potencial dos fragmentos cerâmicos é nitidamente superior a dos solos TPA quando analisados sem os fragmentos. Portanto é plausível se supor que os fragmentos podem ser fonte dos macronutrientes e micronutrientes. Isto foi comprovado através dos ensaios que comprovaram a dessorção de P, a qual ocorre de forma lenta, um aspecto muito importante para reforçar a persistência da fertilidade. Essa dessorção é mais bem descrita pelo modelo de Freundlich que sugere interações entre os íons adsorvidos. O experimento que simulou condições de cozimento mostrou que o Ca e o P podem ser adsorvidos tanto nas paredes quanto nas tampas das panelas cerâmicas, porém concentrações mais elevadas são evidenciadas nas paredes. Embora o Ca tenha sido adsorvido não foi identificada uma fase seja ela amorfa ou cristalina contendo este elemento, provavelmente porque o tempo não foi suficiente. Porém quanto ao P, a adsorção ocorreu, e já a partir de 600 h formou-se variscita, um fosfato de alumínio, nas paredes das panelas. Portanto os fosfatos de alumínio podem se formar ainda nas vasilhas cerâmicas durante o preparo de alimento por cozimento, assim, sua presença nas das vasilhas cerâmicas se constitui, em um importante indicador de uso das mesmas para o cozimento de alimentos e seus fragmentos nos solos são fonte potencial importante de fertilidade.

Palavras-chave: Cerâmica Arqueológica. Matérias Primas. Fosfatos de Alumínio. Fertilidade. TPA. Amazônia.