

# TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO<sub>2</sub> em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas

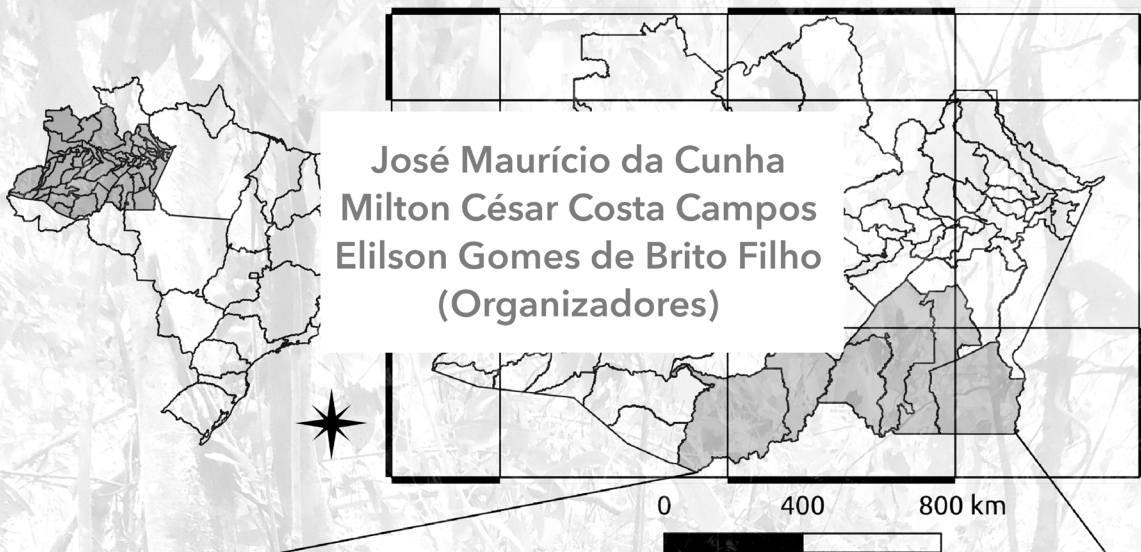


**Atena**  
Editora

Ano 2021

# TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO<sub>2</sub> em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



**Atena**  
Editora

Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Sulivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



# Terra Preta Arqueológica: atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO2 em solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremonesi  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Elilson Gomes de Brito Filho

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T323 Terra Preta Arqueológica: atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO2 em solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Elilson Gomes de Brito Filho. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-220-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.200210707>

1. Solos amazônicos. 2. Solos antrópicos. I. Cunha, José Maurício da (Organizador). II. Campos, Milton César Costa (Organizador). III. Brito Filho, Elilson Gomes de (Organizador). IV. Título.

CDD 631.409811

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou permite a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A ocorrência de manchas de solos alterados e/ou formadas por populações pré-colombianas no ambiente amazônico são conhecidas como Terras Pretas Arqueológicas, Terra Preta de Índio, Terra Preta Antropogênica e Terra Mulata. A fertilidade e resiliência desses solos, não só atraem agricultores locais, mas também cientistas que buscam entender como esses solos se formaram e como o conhecimento sobre eles pode ajudar a maior produtividade e sustentabilidade dos solos tropicais. Os solos antropogênicos amazônicos têm sido alvo de diversos estudos, com destaque para aqueles voltados a entender as origens das Terras Pretas de Índio, mas até o momento sua origem é controversa entre os pesquisadores. Diversas hipóteses têm sido sugeridas para a formação destas unidades pedológicas, a mais aceita é que o homem pré-colombiano os formou de forma não intencional.

As Terras Pretas de Índio (TPI) são caracterizadas por apresentarem horizonte A antropogênico e ocorrem em antigos assentamentos contendo artefatos culturais, como fragmentos de cerâmica, e sua coloração escura resulta do acúmulo de matéria orgânica decomposta na forma de carbono pirogênico como resíduo de incêndios domésticos e queima por uso da terra agrícola. Esses solos podem ocorrer em vários tipos de solo, especialmente Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos. Estes solos ocorrem em pontos descontínuos em toda a região amazônica, particularmente no Brasil, Colômbia, Guiana, Equador, Peru e Venezuela e as manchas de solo têm tamanhos que variam de um a 500 hectares, mas a maioria (cerca de 80%) tem tamanhos de dois a cinco hectares. Geralmente estão distribuídos em elevações marginais, posição topográfica que permite boa visibilidade em seu entorno, próximo a cursos d'água, que podem ser de águas claras de cor branca ou preta. Diante disso, o presente trabalho aborda uma síntese de temas relacionados aos estudos das Terras Pretas de Índio, contribuindo com a comunidade científica em geral para a divulgação de estudos em solos antrópicos amazônicos, além de difundir junto à comunidade local a importância do uso adequado do solo da região, de forma que possa usufruir de seus benefícios de maneira sustentável.

Dessa forma, apresenta-se a coletânea de trabalhos elaborado por trinta e um pesquisadores da área distribuídos em quinze capítulos, neste consta aspectos da pedogênese, caracterização dos atributos, classificação dos solos e uso e manejo das Terras Pretas de Índio na Amazônia brasileira. Além disso, relaciona os atributos físicos, químicos e morfológicos dos solos sob TPI em comparação às diversas coberturas vegetais regionais. Acrescenta-se ainda que nestes capítulos, encontram-se estudos de caracterizações dos atributos, bem como o uso de ferramentas de análises de comparação dos atributos das TPI's, como a geoestatística, estatística univariada e multivariada, sendo a primeira uma ferramenta muito útil para o mapeamento digital de solos, mostrando a

importância da mesma no estudo da distribuição espacial dos atributos como forma de validação qualitativa dos métodos.

Destaca-se que ao sintetizar as ideias de cada tema, este trabalho se torna um instrumento de base para os alunos de graduação, pós-graduação e pesquisadores de áreas multidisciplinares, além de produtores rurais local e regional, haja vistas que apresenta uma perspectiva diagnóstica das Terras Pretas de Índio da Amazônia, a fim de que possa contribuir na orientação e tomada de decisão junto a essas comunidades. Para cada tema, há uma introdução inicial que justifica o estado da arte para as pesquisas em áreas de Terras Pretas de Índio, dando relevância às atividades relacionada tanto às caracterizações do solo, quanto ao uso e manejo adequado do solo. É importante destacar que este documento não tem como único fim ilustrar aspectos ligados a gênese das TPI's e a importância do uso e manejo adequado do solo. Mas como está escrito em linguagem de fácil compreensão, ele também é voltado para alunos de ensino médio que podem se confrontar com o desejo de atuar na área de Ciências Ambientais e Agronômicas.

Agradecemos à Pro-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que apoiou a realização deste livro através do EDITAL no 24/2020 – PROPESP/UFAM: PROGRAMA DE APOIO À PUBLICAÇÃO DE LIVROS – 2020, no projeto “**CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS ANTRÓPICOS E NÃO ANTRÓPICOS NA REGIÃO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS.**

”.



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS**

Luís Antônio Coutrim dos Santos  
Milton César Costa Campos  
Renato Eleotério de Aquino  
Anderson Cristian Bergamin  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
José Maurício da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.2002107071**

### **CAPÍTULO 2..... 20**

#### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS E DE SOLOS NÃO ANTROPOGÊNICOS NA REGIÃO DE MANICORÉ, AM**

Milton César Costa Campos  
Luís Antônio Coutrim dos Santos  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Bruno Campos Mantovanelli  
Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
José Maurício da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.2002107072**

### **CAPÍTULO 3..... 33**

#### **VARIAÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DOS AGREGADOS E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLOGICA SOB CULTIVO DE CACAU**

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Milton César Costa Campos  
Leandro Coutinho Alho  
José Maurício da Cunha  
Bruno Campos Mantovanelli

**DOI 10.22533/at.ed.2002107073**

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO EM ÁREAS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA NA REGIÃO AMAZÔNICA**

José Maurício da Cunha  
Milton César Costa Campos  
Denilton Carlos Gaio  
Zigomar Menezes de Souza  
Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Emily Lira Simões

**DOI 10.22533/at.ed.2002107074**

**CAPÍTULO 5..... 67**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB CULTIVO DE CACAU E CAFÉ NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AM**

Milton César Costa Campos  
Leandro Coutinho Alho  
Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Diogo André Pinheiro da Silva  
José Maurício da Cunha  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.2002107075**

**CAPÍTULO 6..... 80**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM EM MANICORÉ, AM**

Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Milton César Costa Campos  
Zigomar Menezes de Souza  
Wildson Benedito Mendes Brito  
José Mauricio da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.2002107076**

**CAPÍTULO 7..... 93**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM**

Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha  
Zigomar Menezes de Souza  
Ivanildo Amorim de Oliveira  
Renato Eleotério de Aquino  
Bruno Campos Mantovanelli

**DOI 10.22533/at.ed.2002107077**

**CAPÍTULO 8..... 106**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TERRA PRETA DE ÍNDIO SOB CULTIVO DE CAFÉ CONILON**

Pedro Cardoso Mota Júnior  
Milton César Costa Campos  
Bruno Campos Mantovanelli  
Uilson Franciscon  
José Mauricio da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.2002107078**

**CAPÍTULO 9..... 122**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM E FEIJÃO GUANDU EM NOVO ARIPUANÃ, AM**

José Maurício da Cunha

Denilton Carlos Gaio  
Milton César Costa Campos  
Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Alan Ferreira Leite de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.2002107079**

**CAPÍTULO 10..... 144**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA TEXTURA DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB DIFERENTES USOS NA REGIÃO SUL DO AMAZONAS**

Elilson Gomes de Brito Filho  
Bruno Campos Mantovanelli  
Wildson Benedito Mendes Brito  
Julimar Fonseca da Silva  
Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.20021070710**

**CAPÍTULO 11..... 153**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLOGICA SOB CULTIVO DE CACAU EM APUÍ, AM**

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Milton César Costa Campos  
Uilson Franciscon  
Leandro Coutinho Alho  
Zigomar Menezes de Souza  
José Maurício da Cunha  
Anderson Cristian Bergamin

**DOI 10.22533/at.ed.20021070711**

**CAPÍTULO 12..... 173**

**SPATIAL VARIABILITY OF AGGREGATES AND ORGANIC CARBON UNDER THREE DIFFERENT USES OF INDIAN BLACK EARTH IN SOUTHERN AMAZONAS**

Romário Pimenta Gomes  
Milton César Costa Campos  
Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Douglas Marcelo Pinheiro Silva  
José Maurício Cunha  
Uilson Franciscon  
Laercio Santos Silva  
Ivanildo Amorim Oliveira  
Wildson Benedito Mendes Brito

**DOI 10.22533/at.ed.20021070712**

**CAPÍTULO 13..... 187**

**FRactal Features of Soil Texture and Physical Attributes in Archaeological Dark Earth under Different Uses in Western Amazon**

Half Weinberg Corrêa Jordão

Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha  
Ivanildo Amorim de Oliveira  
Laércio Santos Silva  
Ludmila de Freitas  
Romário Pimenta Gomes  
Elilson Gomes de Brito Filho  
Bruno Campos Mantovanelli

**DOI 10.22533/at.ed.20021070713**

**CAPÍTULO 14.....206**

**SPATIAL VARIATION OF CHEMICAL ATTRIBUTES IN ARCHAEOLOGICAL DARK EARTH UNDER COCOA CULTIVATION IN WESTERN AMAZON**

Ronerés Deniz Barbosa  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Elilson Gomes de Brito Filho  
Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha  
Bruno Campos Mantovanelli  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva  
Fernando Gomes de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.20021070714**

**CAPÍTULO 15.....225**

**VARIABILITY AND SPATIAL CORRELATION OF AGGREGATES AND ORGANIC CARBON IN INDIAN DARK EARTH IN APUÍ REGION, AM**

Romário Pimenta Gomes  
Milton César Costa Campos  
Wildson Benedito Mendes Brito  
José Maurício da Cunha  
Laércio Santos Silva  
Ivanildo Amorim Oliveira  
Ludmila de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.20021070715**

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....239**

# CAPÍTULO 1

## CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS

*Data de aceite: 18/05/2021*

### **Luís Antônio Coutrim dos Santos**

Universidade do Estado do Amazonas  
Humaitá – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/3309448267226921>

### **Milton César Costa Campos**

Centro de Ciências Agrárias – Universidade  
Federal da Paraíba  
Areia - Paraíba  
<https://orcid.org/0000-0002-8183-7069>

### **Renato Eleotério de Aquino**

UNIC Educacional, UNIC, Brasil  
Porto Velho - Rondônia  
<http://lattes.cnpq.br/5757582294404864>

### **Anderson Cristian Bergamin**

Universidade Federal de Rondônia, UNIR,  
Brasil  
Rolim de Moura - Rondônia  
<http://lattes.cnpq.br/3961477986363222>

### **Douglas Marcelo Pinheiro da Silva**

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -  
Universidade Federal do Amazonas  
Humaitá – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/6219916883682579>

### **José Maurício da Cunha**

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -  
Universidade Federal do Amazonas  
Humaitá – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/3425545536495518>

como características alta fertilidade, coloração escura e presença de fragmentos cerâmicos. Sobre a formação das TPAs, a hipótese mais bem aceita entre os pesquisadores é que essas foram originadas a partir de processos antrópicos provocados pelos homens pré-colombianos. Diante disso, objetivou-se caracterizar TPAs localizadas nos municípios de Apuí e Manicoré, na região sul do Estado do Amazonas. Foram selecionados sete locais de ocorrência de TPAs, sendo abertas trincheiras e os perfis do solo caracterizados morfológicamente. Procedeu-se à coleta de amostras de solo em cada horizonte para as seguintes análises físicas e químicas: composição granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total, pH em água e KCl,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Al^{3+}$  trocáveis, P disponível, H+Al e C orgânico, além dos teores dos óxidos do ataque sulfúrico, óxidos livre e formas mal cristalizadas. A textura dos horizontes A antrópicos variaram de franco-arenosa a franco-argilosa. Os fragmentos cerâmicos e material lítico apresentaram-se em quantidades e profundidades semelhantes no horizonte A dos perfis estudados, sugerindo certa similaridade dos fatores antrópicos que promoveram sua formação. Os horizontes antrópicos dos perfis P3, P4 e P7 apresentaram caráter eutrófico e teores altos a muito altos de fósforo disponível, quando comparados aos perfis P1, P2, P5 e P6, evidenciando heterogeneidade das TPAs.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pedogênese, solos amazônicos, solos antrópicos.

**RESUMO:** As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) são unidades de solo que apresentam



## CHARACTERIZATION OF ARCHAEOLOGICAL DARK EARTH FROM THE SOUTHERN AMAZON REGION

**ABSTRACT:** The Archaeological Dark Earth (ADE) soils are characterized by its high fertility, dark color, and presence of pottery fragments. Regarding the formation of ADE, the most widely accepted hypothesis is that anthropogenic processes involving pre-Columbian populations made them. The purpose of this study is to characterize ADE units located in the Southern Amazon Region, in the cities of Apuí and Manicoré. Seven ADE sites were selected, trenches opened and the soil profiles characterized morphologically. Then, samples of each horizon were collected for analyses of the following physical and chemical properties: particle size, water-dispersible clay, flocculation, soil bulk density, particle density, total porosity, pH in water and KCl solutions, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, available P, H+Al, and organic C. Also, total oxides, free oxides and amorphous forms were analyzed. The texture of the anthropic A horizon ranged from sandy loam to clay loam. The pottery fragments and lithic material were found in similar quantities and at similar depths in the A horizons of the studied soil profiles, suggesting some similarity between the anthropogenic factors of formation. The anthropic horizons of profiles P3, P4, and P7 had a eutrophic character and high to very high levels of available phosphorus, compared to P1, P2, P5, and P6, indicating the heterogeneity of the ADEs.

**KEYWORDS:** Pedogenesis, Amazonian soils, anthropic soils.

### 1 | INTRODUÇÃO

As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) são unidades de solo que apresentam como características, coloração escura e a presença de fragmentos cerâmicos e/ou líticos incorporados à matriz dos horizontes superficiais do solo (Kampf & Kern, 2005). As mesmas são caracterizadas por apresentar elevada fertilidade natural, resultante possivelmente da prolongada ocupação antrópica e da incorporação de carvão pirogênico (Corrêa, 2007).

A gênese das TPAs ainda não é bem definida, sendo motivo de divergências entre os pesquisadores, onde a grande maioria relaciona o seu aparecimento à atividade antrópica (Smith, 1980), provavelmente por populações pré-colombianas. Embora aceita, esta hipótese apresenta questionamentos da origem intencional ou como mera consequência da ocupação do homem (Neves et al., 2003).

Segundo Glaser (2007), a formação das TPAs ocorre em três etapas: a) formação do carvão, refere-se à formação do carbono pirogênico, com composição e estrutura molecular complexa (grupos aromáticos), bastante reativo e contribui com à fertilidade do solo; b) incorporação de nutrientes, nesta etapa os nutrientes são incorporados ao solo por diferentes fontes, por exemplo, excrementos humanos e animais, cinzas, resíduos de combustão incompleta e carvão, biomassa de plantas aquáticas e terrestres; e c) ação dos microrganismos, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, agindo tanto na decomposição da matéria orgânica como na imobilização de nutrientes do solo evitando as perdas por lixiviação.

Quanto à distribuição das TPAs, estas ocorrem em manchas descontínuas por toda a Amazônia, estando normalmente associadas aos cursos de água ou em áreas com posição topográfica que permita boa visualização espacial (German, 2003). Em relação às dimensões das áreas de ocorrência das TPAs estas podem se apresentar em pequenas ou grandes extensões (Kämpf & Kern, 2005), dependendo da concepção de grandes sítios de assentamento pré-histórico ocupados por longos períodos de tempo.

O solo das TPAs apresenta horizonte bem drenado, textura variando de arenosa a muito argilosa e presença do horizonte Au antrópico entre 30 a 60 cm (Campos et al., 2012). Além disso, de maneira geral, estes solos possuem pH em água entre 5,2 a 7,0, elevados teores de P, Ca, Mg, Zn, Mn, e alto conteúdo de matéria orgânica estável (Falcão et al., 2001). Em relação às classes de solos de ocorrência das TPAs, estas ocorrem especialmente em Latossolos, Argissolos e Cambissolos (Lima et al., 2002) ou em Neossolos e Espodosolos, conforme afirma Smith (1980), podendo estar em diferentes superfícies geomorfológicas.

Assim, objetivou-se com este trabalho estudar a caracterização e gênese de TPAs na região Sul do Estado do Amazonas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Características do meio físico

A área de estudo localiza-se na região Sul do Estado do Amazonas, segundo Köppen, pertencendo ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade está limitada pelas isoietas de 2.250 e 2.750 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa do ar entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

Os perfis estudados foram distribuídos nos municípios de Apuí, AM e Manicoré, AM às margens da BR 230 - Transamazônica. O perfil localizado no município de Manicoré é oriundo de material de origem proveniente da alteração de granitos Rondonianos, do Pré-Cambriano Superior, sedimentos coluviais, depositados nas partes mais baixas da paisagem e coberturas terciárias (Brasil, 1978). Os perfis localizados no município de Apuí desenvolve-se sobre arenitos líticos com fragmentos de tufos, quartzo arenitos e arenitos conglomeráticos da Formação Beneficente (CPRM, 2005). A vegetação característica dessa região é a floresta tropical densa, constituída por árvores adensadas e multiestratificadas de 20 a 50 m de altura, apresentando clima úmido, elevada temperatura e alta precipitação.

O relevo é marcado pela presença de platôs, nas partes mais elevadas, combinada com áreas rebaixadas de sopé. Os platôs exibem superfícies topográficas planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas, enquanto as áreas de planícies têm características de superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano (CPRM, 2001).

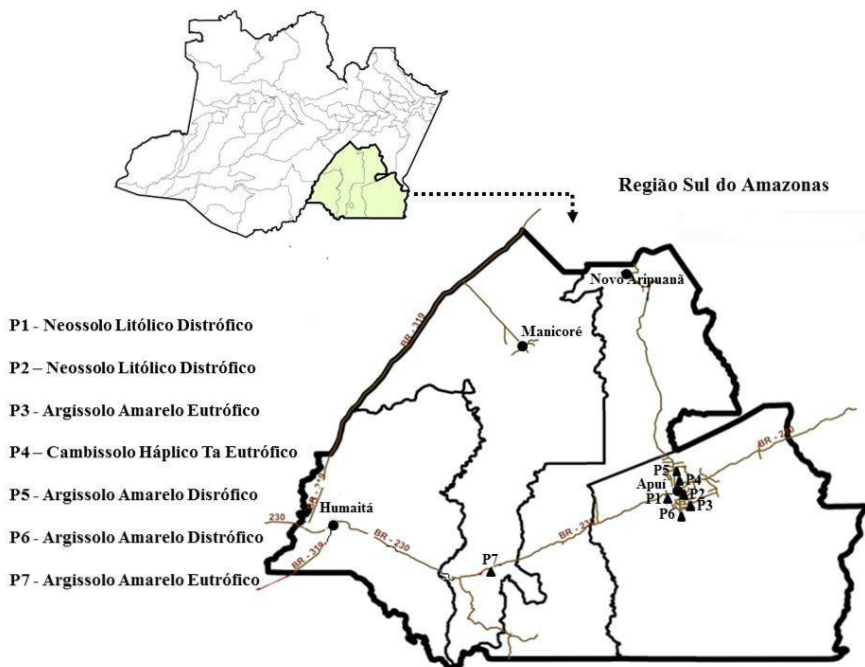


Figura 1. Mapa com a localização das áreas e com as classes de solos em Terras Pretas Arqueológicas na região Sul do Estado do Amazonas.

Foram selecionados sete locais de ocorrência de TPAs, sendo o perfil 7 ( $P_7$ ) localizado no município de Manicoré e os demais perfis ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$  e  $P_6$ ) no município de Apuí (Figura 1). O  $P_1$  localizou-se no sopé da paisagem, sob pastagem (S 07° 12' 36,8" e W 059° 55' 16,3);  $P_2$  encontrou-se localizado no sopé da paisagem, sob o cultivo de pastagem (S 07° 13' 08,5" e W 059° 53' 09,1");  $P_3$  localizou-se no topo baixo da paisagem, sob o cultivo de hortaliças (S 07° 13' 37,5" e W 059° 52' 06,1");  $P_4$  localizou-se no topo, cultivado com hortaliças (S 07° 11' 55,9" e W 059° 54' 40,9");  $P_5$  localizado no topo da paisagem, cultivado com milho (S 07° 11' 38,0" e W 059° 54' 44,8");  $P_6$  localizado no topo e estava sobre o uso atual de capoeira-pastagem (S 07° 16' 49,4" e W 059° 56' 56,4") e o  $P_7$  foi coletado no topo da paisagem, estando sob o cultivo de milho (S 07 56' 33,1" e 61 30' 47,2").

Nesses locais foram abertas trincheiras, sendo os perfis dos solos caracterizados morfológicamente e as amostras de seus horizontes foram coletadas segundo Santos et al., (2005), para as análises físicas e químicas. Os solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (Embrapa, 2006).

Na etapa de amostragem todo o material foi coletado (incluindo fragmentos cerâmicos e material lítico) e levado para laboratório. Após secagem ao ar, as frações grossas e a terra fina foram separadas e quantificadas via pesagem.

## 2.2 Análises Laboratoriais

As análises texturais foram realizadas pelo método da pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 minutos, seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997). A fração argila foi separada por sedimentação, as areias grossa e fina por tamisação e o silte foi calculado por diferença. Foi determinada a argila dispersa em água e calculado o grau de flocculação, segundo Embrapa (1997).

A densidade do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula do solo pelo método do balão volumétrico, conforme Embrapa (1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e de partículas, empregando-se a seguinte expressão:  $Pt = 100(1 - Ds/Dp)$ .

Cálcio, magnésio e potássio trocáveis, assim como o fósforo disponível foram extraídos utilizando-se o método da resina trocadora de íons (Raij et al., 1987). A acidez potencial (H+Al) foi determinada por meio da extração com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio, utilizando-se metodologia proposta pela Embrapa (1997). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V).

O pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se relação 1:2,5 de solo: em água e KCl (Embrapa, 1997). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988), e a matéria orgânica foi estimada com base no carbono orgânico total (Embrapa, 1997).

Na terra fina seca ao ar (TFSA), os elementos Al e Fe foram extraídos por digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1, e o Si por posterior dissolução alcalina. Os resultados foram expressos na forma de óxidos (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>), segundo método descrito por Embrapa (1979). As formas cristalinas de ferro (Fe<sub>d</sub>) foram extraídas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) conforme proposto por Mehra e Jackson (1960) e os óxidos pouco cristalinos de ferro (Fe<sub>e</sub>) por oxalato ácido de amônio (Camargo et al., 1986).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Atributos Morfológicos

Todos os perfis estudados apresentaram fragmentos cerâmicos e material lítico incorporados à matriz de seus horizontes superficiais (Tabela 1), com destaque para P3 que apresentaram maiores quantidades de fragmentos cerâmicos, segundo Kampf & Kern (2005) essa é uma das principais características das TPAs.

Constatou-se que os horizontes superficiais apresentaram cores cinza muito escuro, com matiz 10YR e cromas variando entre 1 e 2, exceto para P7 que apresentou matiz de 5Y (Tabela 1), diferenciando-se dos demais solos. Já os horizontes subsuperficiais

apresentaram cores amareladas, marcando uma nítida diferenciação entre o horizonte Au e os demais horizontes subsuperficiais, corroborando com resultados encontrados por Kern (1996); Lima (2001) e Campos et al., (2011), que relataram a coloração escura dos horizontes superficiais dos solos em sítios de TPAs. Para Kern & Kampf (1989) e Glaser et al., (2000) a coloração escura dos horizontes antrópicos são resultantes dos elevados teores de matéria orgânica acumulada e altos teores de resíduos oriundos de queima parcial.

Os horizontes antropogênicos apresentaram espessura entre 27 e 50 cm, indicando que esses sítios apresentaram semelhanças entre si, refletindo o tempo de ocupação e densidades populacionais similares. Segundo Denevan (1996), a intensidade da cor e a profundidade de ocorrência dos horizontes antrópicos são produtos do tempo de ocupação dos sítios. Por outro lado, Campos et al., (2011) em estudos de TPAs na região do Médio Rio Madeira observaram que os horizontes antropogênicos variaram de 37 a 50 cm de profundidade. Já para Smith (1980) a grande maioria dos solos em sítios de TPAs apresentam o horizonte A com 36 a 73 cm de profundidade, embora o mesmo já tenha mencionado a ocorrência de TPAs com até 2 m de profundidade.

Verificou-se que os horizontes antropogênicos apresentaram textura variando entre franca, franco-arenosa, franco-siltosa e franco-argilosa, enquanto que nos horizontes diagnósticos subsuperficiais as texturas foram classificadas como franco-siltosa, franca, argilosa e muito argilosa (Tabela 1), semelhantemente aos trabalhos realizados por Lima et al., (2002) em que destacam que as TPAs são bem drenadas e com textura variando de arenosa a muito argilosa, devido aos aspectos pedogenéticos.

Horiz.	Prof. (cm)	Material Lítico	Fragmentos Cerâmicos g.kg <sup>-1</sup>	Cor (úmida)	<sup>1</sup> Textura	<sup>2</sup> Estrutura	<sup>3</sup> Consistência (úmido e molhado)	<sup>4</sup> Transição
P1 - Neossolo Litólico Distrófico típico, textura arenosa, A antrópico								
Au <sub>1</sub>	0 -19	50,00	75,80	10YR 2/2	fr.arenosa	mod. méd. a gr. bl. ang.	mfri., nplás. npeg.	gra. e pla.
Au <sub>2</sub>	19 -35	21,90	66,08	10YR 2/1	fr.arenosa	fo. gr. a mgr. bl. ang.	fri. nplás. npeg.	-
P2 - Neossolo Litólico Distrófico típico, textura siltosa, A antrópico								
Au <sub>1</sub>	0 -24	0,0	54,06	10YR 2/1	fr.siltosa	mod. mpeq. a peq. gran.	mfri. lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
Au <sub>2</sub>	24 -50	16,53	14,14	10YR 2/1	fr.siltosa	fo. peq. a méd. gran.	mfri. lig.plás. lig.peg.	-
P3 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico								
Au <sub>1</sub>	0 – 22	9,48	220,06	10 YR 2/1	fr.siltosa	mod. peq. a méd. gran.	lig.plás. lig. peg.	dif. e pla.
Au <sub>2</sub>	22- 40	0,0	57,94	10 YR 2/2	fr.siltosa	fo. gr. a mgr. gran.	lig.plás. lig. peg.	dif. e pla.



AB	40 -64	0,0	0,0	10 YR 3/2	argilosa	mod. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	plás. peg.	dif. e pla.
BA	64 -87	0,0	0,0	10 YR 3/2	argilosa	fo. gr. a mgr. bl. ang. a bl. sub	plás. peg.	cla. e pla.
Bt <sub>1</sub>	87 -116	0,0	0,0	10 YR 4/4	argilosa	fo. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	mplás. mpeg.	cla. e pla.
Bt <sub>2</sub>	116 -146*	0,0	0,0	10 YR 6/6	mt. argilosa	fo. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	plás. peg.	-

P4 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico, textura siltosa, A antrópico

Au <sub>1</sub>	0 – 22	216,12	94,15	10 YR 2/2	fr.siltosa	fo. méd. a gr. gran.	mfri. lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
Au <sub>2</sub>	22 - 44	124,54	94,92	10 YR 2/1	fr.siltosa	mod. peq. a méd. gran.	fri. lig.plás. lig.peg.	gra. e ond.
AC	44 – 62	260,78	0,0	10 YR 3/3	fr.arg.siltosa	fo. méd. a gr. bl. ang. e bl. sub	fri. plás. peg.	cla. e pla.
CR/Bi	62	190,80	0,0	10 YR 4/3	fr.arg.siltosa	fr. méd. gran.	fri. plás. peg.	-

P5 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico

Aup <sub>1</sub>	0 – 16	20,90	66,90	10 YR 2/1	fr.siltosa	fo. méd. a gr. gran.	fri. lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
Au <sub>2</sub>	16- 35	10,83	55,80	10 YR 2/1	fr.siltosa	fo. gr. a mgr. gran.	mfri. nplás. npeg.	dif. e pla.
AB	35 -58	0,0	0,0	10 YR 2/2	fr.siltosa	fo. gr. a mgr. bl. ang. a bl. sub	fri. lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
B/A	58 – 86	0,0	0,0	10 YR 3/2	fr.arg.siltosa	mod. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	fri. plás. peg.	gra. e pla.
Bt <sub>1</sub>	86 – 110	0,0	0,0	10 YR 4/6	fr.arg.siltosa	mod. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	fir. plás. peg.	dif. e pla.
Bt <sub>2</sub>	110 - 125	0,0	0,0	10 YR 6/8	argilosa	fr. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	fri. plás. peg.	-

P6 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico

Au <sub>1</sub>	0 – 12	35,08	32,82	10 YR 3/2	fr.argilosa	fo. mpeq. a peq. gran.	fri. lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
Au <sub>2</sub>	12- 27	44,80	13,50	10 YR 2/2	fr.argilosa	fo. gr. a mgr. gran.	fri. lig.plás. lig.peg.	gra. e pla.
BA	27 – 44	0,0	0,0	10 YR 4/6	argilosa	fo. méd. a gr. bl. ang. a gran.	fri. plás. peg.	dif. e pla.
Bt <sub>1</sub>	44 – 65	0,0	0,0	10 YR 5/6	argilosa	fo. méd. a gr. bl. ang. a bl. sub	fir. mplás. mpeg.	dif. e pla.
Bt <sub>2</sub>	65 - 89	0,0	0,0	10 YR 6/6	argilosa	fo. gr. a mgr. bl. sub a gran.	fir. mplás. mpeg.	gra. e pla.
Bt <sub>3</sub>	89 - 115*	0,0	0,0	10 YR 6/6	mt. argilosa	fo. gr. a mgr. bl. ang. a bl. sub	fir. mplás. mpeg.	-

P7 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico

Aup <sub>1</sub>	0 – 19	11,15	67,90	5 Y 2,5/1	franca	fo. mpeq. gran.	mfri. nplás. npeg.	cla. e pla.
Au <sub>2</sub>	19 – 35	12,80	13,50	5 Y 2,5/1	fr.arenosa	fo. mpeq. gran.	mfri. nplás. npeg.	cla. e pla.
AB	35 – 64	0,0	0,0	5 Y 2,5/2	fr.argilosa	fo. mpeq. gran.	mfri. nplás. npeg.	dif. e pla.
BA	64 – 89	0,0	0,0	5 Y 3/2	argilosa	fo. mpeq. gran.	mfri. nplás. lig.peg.	dif. e pla.

Bt <sub>1</sub>	89 – 121	0,0	0,0	5 Y 5/4	argilosa	mod. mpeq. bl. sub e gran.	mfri. lig.plás. lig.peg.	cla. e pla.
Bt <sub>2</sub>	121 - 150	0,0	0,0	5 Y 6/8	argilosa	fo. peq. gran.	mfri. lig.plás. lig.peg.	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade. <sup>1</sup> fr.: franco; fr.arg.: franco-argiloso; mt.: muito.<sup>2</sup> fr.: fraca, mod.: moderada; fo.:forte; peq.: pequena, mpeq.: muito pequena; méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares. <sup>3</sup> mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso. <sup>4</sup> cla.: clara; pla.: plana; gra.:gradual; ond.: ondulada; dif.: difusa.

Tabela 1. Características morfológicas de perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região Sul do Estado do Amazonas.

Exceto o P1, os demais horizontes antrópicos exibiram estrutura granular variando de moderado a forte o seu grau de desenvolvimento (Tabela 1). Para Cunha et al., (2007), este resultado deve-se à ação do carbono pirogênico (particulado, livre, protegido e em complexos organo-minerais), que tem papel importante na formação e estabilização dos agregados. Já os horizontes subsuperficiais, a estrutura variou entre granular (P2 e P7) blocos angulares e subangulares (P1, P3, P4, P5 e P6).

A consistência úmida apresentou-se variando de friável a muito friável nos horizontes antrópicos, enquanto que nos horizontes subsuperficiais foram observadas a consistência friável e firme. A consistência molhada nos horizontes antrópicos, variou de não plástica a ligeiramente plástica, também foi verificado solos não plástico a ligeiramente plástico. Já os horizontes subsuperficiais, tanto a plasticidade como a pegajosidade tenderam a aumentar em profundidade (Tabela 1).

### 3.2 Atributos Físicos

Observou-se a dominância da fração silte no horizonte antrópico (Tabela 2) de todos os perfis estudados, exceto no P1 que apresentou a areia como a fração dominante, este fato deve-se a proximidade do material de origem. Em relação aos horizontes subsuperficiais, excetuando-se o P1 que apresentou textura arenosa, P2 e P4 domínio da fração silte, refletindo seu estágio inicial de pedogênese e natureza do material de origem, todos os demais perfis (P3, P5, P6 e P7) exibiram presença marcante de frações mais finas (argila) em profundidade, corroborando com resultados encontrados por Campos et al., (2011).

A argila dispersa em água apresentou valores mais elevados com o aumento da profundidade, com exceção para os P1, P5 e P6 que apresentaram resultados contrários. O grau de floculação tem maior expressão nos horizontes A antrópico (Tabela 2). Estes resultados estão em concordância com Lima et al., (2002) que afirmam que em TPAs apesar das condições climáticas favoráveis à destruição dos agregados do solo, o estado de organização da estrutura é tão fortemente desenvolvido que não propicia a desagregação. Além disso, a elevada atividade biológica e o teor de matéria orgânica, especialmente os

ácidos húmico e fúlvico favorecem a maior agregação.

A relação silte/argila (S/A) apresentou valores distintos entre os solos sendo que os perfis P1, P2 e P4 apresentaram os valores mais elevados da relação S/A, coincidindo com os solos menos desenvolvidos. De modo geral todos os horizontes antrópicos apresentaram uma relação silte/argila mais elevada em comparação aos horizontes subsuperficiais (Tabela 2). Segundo Marques Júnior (1995) e Jacomine (2005) a relação S/A é utilizada como um índice auxiliar na indicação do grau de intemperismo dos solos, desta maneira quanto maior o valor desta relação menos intemperizado é o solo.

Horiz.	Prof.	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	AD	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
	cm	..... g kg <sup>-1</sup> .....				%			.. g cm <sup>3</sup> ..		%
<b>P1 - Neossolo Litólico Distrófico típico, textura arenosa, A antrópico</b>											
Aup <sub>1</sub>	0 -19	697	14	196	93	4,2	53	2,1	1,4	2,7	50
Au <sub>2</sub>	19 -35	709	16	192	83	2,4	70	2,3	1,3	2,8	51
<b>P2 - Neossolo Litólico Distrófico típico, textura siltosa, A antrópico</b>											
Au <sub>1</sub>	0 -24	151	26	672	151	6,5	56	4,4	0,8	2,5	66
Au <sub>2</sub>	24 -50	121	17	696	166	8,2	50	4,1	0,8	2,7	68
<b>P3 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico</b>											
Aup <sub>1</sub>	0 – 22	86	128	504	281	16,6	28	1,7	0,7	2,5	69
Au <sub>2</sub>	22- 40	82	128	443	347	26,1	24	1,2	1,0	2,6	62
AB	40 -64	86	126	398	390	35,4	24	1,0	1,2	2,7	57
BA	64 -87	67	89	294	550	46,2	16	0,5	1,2	2,9	57
Bt <sub>1</sub>	87 -116	54	76	294	576	48,7	15	0,5	1,3	2,8	52
Bt <sub>2</sub>	116 -146 <sup>+</sup>	58	76	253	613	50,4	17	0,4	1,3	2,8	53
<b>P4 - Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico, textura siltosa, A antrópico</b>											
Au <sub>1</sub>	0 – 22	62	88	608	242	9,5	17	2,5	1,0	2,5	59
Au <sub>2</sub>	22 - 44	56	91	593	260	9,1	38	2,2	1,0	2,7	62
AC	44 – 62	54	85	583	278	12,1	19	2,0	1,1	2,7	57
CR/Bi	62 <sup>+</sup>	53	88	513	346	11,2	42	1,4	nd	nd	nd
<b>P5 - Argissolo Amarelo Ditrófico típico, textura argilosa, A antrópico</b>											
Aup <sub>1</sub>	0 – 16	150	162	450	238	3,5	54	1,8	1,0	2,6	62
Au <sub>2</sub>	16- 35	149	150	464	237	7,1	27	1,9	0,8	2,5	67
AB	35 -58	125	152	478	245	4,7	59	1,9	0,9	2,6	65
BA	58 – 86	57	98	410	435	9,9	38	0,9	1,1	2,8	58
Bt <sub>1</sub>	86 – 110	56	98	408	438	0,4	97	0,9	1,2	2,8	56
Bt <sub>2</sub>	110 - 125	56	105	367	472	0,1	99	0,7	1,2	2,8	56
<b>P6 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico</b>											
Au <sub>1</sub>	0 – 12	104	143	440	313	15,0	52	1,4	0,9	2,7	64
Au <sub>2</sub>	12- 27	87	151	396	366	25,9	29	1,0	1,0	2,6	59

BA	27 – 44	76	105	268	551	33,9	38	0,4	1,3	2,8	54
Bt <sub>1</sub>	44 – 65	55	80	268	597	1,4	97	0,4	1,2	2,8	56
Bt <sub>2</sub>	65 - 89	51	72	290	587	0,0	100	0,4	1,3	2,9	55
Bt <sub>3</sub>	89 - 115*	51	78	254	617	0,1	99	0,4	1,2	2,7	54
P7 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico											
Aup <sub>1</sub>	0 – 19	297	145	372	196	9,4	38	1,8	1,4	2,6	43
Au <sub>2</sub>	19 – 35	367	145	289	199	11,4	42	1,4	1,7	2,8	40
AB	35 – 64	282	133	258	327	22,6	30	0,7	1,7	2,8	39
BA	64 – 89	253	125	155	467	31,9	31	0,3	1,8	2,9	36
Bt <sub>1</sub>	89 – 121	235	130	165	470	29,0	38	0,3	1,8	2,9	37
Bt <sub>2</sub>	121 - 150	267	121	153	459	26,6	41	0,3	1,8	2,8	36

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; AD: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; S/A: silte/argila; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula; Pt: porosidade total.

Tabela 2. Atributos físicos de perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região Sul do Estado do Amazonas.

De maneira geral a densidade do solo foi menor nos horizontes antropogênicos de todos os perfis estudados, e aumentou com a profundidade (Tabela 2). Resultados semelhante foram encontrados por Campos et al., (2012) em áreas de TPAs na região de Manicoré, AM. Neves Junior (2008) estudando solos com A antrópico na Amazônia Central afirma que a baixa densidade do solo nos horizontes antropogênicos relaciona-se aos altos teores de carbono orgânico. Para Steinbeiss et al., (2009), a menor densidade do solo nos horizontes superficiais pode se resultar ainda da intensa atividade biológica (fauna e raízes), que contribui para a formação de bioporos.

A densidade de partículas apresentou valores semelhantes em todos os perfis, evidenciando a presença de partículas de mesma natureza mineral (Tabela 2). Já a porosidade total nos horizontes antropogênicos é mais elevada que nos demais horizontes subsuperficiais. Segundo Campos et al., (2011), estes resultados relacionam-se aos elevados teores de matéria orgânica e a intensa atividade biológica nos horizontes antrópicos.

### 3.3 Atributos químicos

Os valores de pH em água nos horizontes antropogênicos variaram de 4,5 a 6,8, já os valores do pH em KCl foram sempre menores variando de 3,7 a 5,7 (Tabela 3), esses resultados são semelhantes aos encontrados por Falcão et al., (2009) de 4,3 a 6,6 o pH em água e de 3,7 a 6,0 o pH em KCl, as diferenças de pH nos solos estudados evidencia a natureza heterogênea de ocorrência de TPAs, seja pelas condições pedoambientais ou atividade humana em cada local. O valor do  $\Delta$ pH foi negativo para todos os horizontes dos solos estudados, indicando a predominância de argilas silicatadas e maior capacidade deste em reter cátions.

Osteores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis foram mais elevados nos horizontes antropogênicos (Tabela 3) dos perfis P3, P4 e P7, o que está de acordo com Steiner et al., (2004), que afirmaram que, em geral as TPAs exibem elevados níveis de nutrientes, principalmente Ca e P, provavelmente, proveniente de restos de ossos humanos e de animais, além da formação de complexos matéria orgânica-cálcio de alta estabilidade, estando associado ao carvão pirogênico (Novotny et al., 2007). Já os perfis P1, P2, P5 e P6 exibiram baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , o que pode ser reflexo da variação do tempo e da densidade da ocupação humana nas áreas (Campos et al., 2012).

Os maiores resultados de soma de bases foram observados nos horizontes antropogênicos quando comparados aos horizontes subsuperficiais. Entretanto, também foram notadas diferenças entre os perfis de TPAs estudados, com valores mais elevados nos perfis P3, P7 e P4, de 18,52; 17,84 e 14,42  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente, e 0,38; 1,16; 1,90 e 2,39  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , para os perfis P2, P1, P4 e P6, respectivamente (Tabela 3), concordando com os resultados de Lehmann et al., (2003).

Horiz.	Prof. cm	pH $\text{H}_2\text{O}$	pH KCl	$\Delta\text{pH}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	SB	$\text{Al}^{3+}$	H+Al	CTC	V	m	P	COT	MO
P1 – Neossolo Litólico Distrófico típico, textura arenosa, A antrópico																
Aup <sub>1</sub>	0-19	5,5	4,0	-1,5	0,70	0,40	0,06	1,16	0,95	9,32	10,48	11,07	45,02	95,0	50,63	87,29
Au <sub>2</sub>	19-35	5,4	4,0	-1,3	2,20	0,60	0,10	2,90	0,61	9,90	12,80	22,66	17,38	107,0	52,87	91,14
P2 – Neossolo Litólico Distrófico típico, textura siltosa, A antrópico																
Au <sub>1</sub>	0-24	4,9	4,1	-0,8	0,20	0,10	0,08	0,38	0,71	15,35	15,73	2,42	65,14	39,0	50,63	87,29
Au <sub>2</sub>	24-50	5,2	4,1	-1,0	0,20	0,10	0,07	0,37	0,85	12,21	12,58	2,94	69,67	48,0	52,87	91,14
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico																
Aup <sub>1</sub>	0-22	6,6	5,4	-1,1	15,60	2,50	0,42	18,52	0,35	6,93	25,45	72,77	1,85	425,0	73,06	125,95
Au <sub>2</sub>	22-40	6,6	5,2	-1,4	12,50	1,50	0,16	14,16	0,72	6,77	20,93	67,65	4,84	384,0	52,47	90,46
AB	40-64	6,8	5,2	-1,5	9,90	1,30	0,12	11,32	0,21	5,20	16,52	68,52	1,82	371,0	30,03	51,76
BA	64-87	6,6	5,3	-1,3	7,70	1,00	0,10	8,80	0,45	4,54	13,34	65,97	4,86	146,0	25,6	44,13
Bt <sub>1</sub>	87-116	6,3	5,0	-1,2	5,30	0,70	0,10	6,10	0,25	3,71	9,81	62,18	3,94	126,0	21,93	37,8
Bt <sub>2</sub>	116-146*	6,3	5,0	-1,2	4,00	0,60	0,10	4,70	0,41	4,04	8,74	53,78	8,02	126,0	20,37	35,12
P4 – Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico, textura siltosa, A antrópico																
Au <sub>1</sub>	0-22	6,4	5,0	-1,3	12,60	1,40	0,42	14,42	0,21	9,98	24,40	59,10	1,44	432,0	98,87	170,46
Au <sub>2</sub>	22-44	6,5	4,8	-1,6	8,90	1,20	0,25	10,35	0,41	11,47	21,82	47,43	3,81	517,0	90,25	155,6
AC	44-62	6,3	4,7	-1,5	5,80	0,90	0,18	6,88	0,21	9,65	16,53	41,62	2,96	475,0	30,34	52,31

CR/Bi	62+	5,7	4,5	-1,2	4,50	0,90	0,12	5,52	0,22	8,66	14,18	38,93	3,83	449,0	25,64	44,2
P5 – Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico																
Au <sub>1</sub>	0 – 16	5,0	4,0	-0,9	1,30	0,50	0,10	1,90	1,15	17,24	19,14	9,93	37,70	94,0	111,48	192,19
Au <sub>2</sub>	16- 35	5,3	4,1	-1,2	0,70	0,30	0,05	1,05	0,81	14,93	15,98	6,57	43,55	88,0	67,95	117,15
AB	35 -58	5,3	4,2	-1,1	0,30	0,20	0,03	0,53	0,72	12,54	13,07	4,06	57,60	78,0	59,17	102,01
BA	58 – 86	5,3	4,2	-1,1	0,30	0,20	0,06	0,56	0,55	9,41	9,97	5,62	49,55	73,0	45,05	77,66
Bt <sub>1</sub>	86 – 110	5,3	4,3	-1,0	0,30	0,20	0,06	0,56	0,45	7,10	7,66	7,31	44,55	87,0	21,85	37,66
Bt <sub>2</sub>	110 - 125	4,8	4,4	-0,3	0,30	0,10	0,05	0,45	0,41	5,94	6,39	7,04	47,67	100,0	20,13	34,7
P6 – Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico																
Au <sub>1</sub>	0 – 12	4,5	3,7	-0,7	1,80	0,50	0,09	2,39	0,51	15,84	18,23	13,11	17,59	90,0	96,32	166,05
Au <sub>2</sub>	12 - 27	4,6	3,7	-0,9	0,70	0,30	0,05	1,05	1,03	15,10	16,15	6,50	49,52	107,0	86,26	148,72
BA	27 – 44	4,7	3,6	-1,0	0,40	0,20	0,04	0,64	1,89	11,14	11,78	5,43	74,70	74,0	42,73	73,67
Bt <sub>1</sub>	44 – 65	4,8	3,6	-1,1	0,30	0,20	0,04	0,54	1,81	8,00	8,54	6,32	77,02	73,0	22,72	39,24
Bt <sub>2</sub>	65 - 89	4,5	3,6	-0,9	0,30	0,20	0,04	0,54	1,79	6,68	7,22	7,48	76,82	81,0	20,65	35,6
Bt <sub>3</sub>	89 - 115*	4,4	3,6	-0,8	0,20	0,10	0,03	0,33	1,31	7,01	7,34	4,50	79,88	90,0	19,73	34,02
P7 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico																
Au <sub>1</sub>	0 – 19	6,5	5,7	-0,8	14,80	2,90	0,14	17,84	0,45	5,94	23,78	75,02	2,46	347,0	65,4	112,74
Au <sub>2</sub>	19 – 35	6,1	5,0	-1,1	9,20	1,60	0,05	10,85	0,19	7,43	18,28	59,35	1,72	150,0	48,80	84,13
AB	35 – 64	6,5	5,0	-1,5	4,50	0,60	0,02	5,12	0,59	5,28	10,40	49,23	10,33	105,0	25,96	44,75
BA	64 – 89	6,4	5,0	-1,3	2,80	0,40	0,01	3,21	0,46	4,79	8,00	40,13	12,53	100,0	37,55	64,73
Bt <sub>1</sub>	89 – 121	6,4	5,2	-1,1	1,90	0,30	0,01	2,21	0,69	3,63	5,84	37,84	23,79	39,0	21,97	37,87
Bt <sub>2</sub>	121 - 150	6,3	5,6	-0,6	1,20	0,20	0,01	1,41	0,41	3,05	4,46	31,61	22,53	14,0	19,73	34,02

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação de alumínio.

Tabela 3. Caracterização química de perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região Sul do Estado do Amazonas.

Com relação à capacidade de troca de cátions (CTC), verificou-se também que os perfis P3, P4 e P7 foram os que apresentaram maiores valores quando comparados aos perfis P1, P2, P5 e P6. Para todos os perfis estudados há nítida tendência de decréscimo da CTC com a profundidade do solo, comportamento também observado por Glaser et al., (2000) em estudos de TPAs na Amazônia.

A saturação por bases revelou valores mais elevados nos horizontes antrópicos de todos os perfis estudados, valendo ressaltar que no perfil P3 os valores do V% foram também elevados nos horizontes subsuperficiais, resultado que não foi observado para

os demais perfis estudados. Provavelmente, o impacto da ação antrópica não se limita aos horizontes superficiais, mas pode alterar o solo em profundidade, contando com a contribuição de processos pedogênicos (melanização, lessivagem e bioturbação) (Kern & Kampf, 2005).

Outro aspecto importante em relação a saturação por bases é que apenas os perfis P3, P4 e P7 apresentaram-se eutróficos, enquanto que os demais revelaram comportamento distrófico, evidenciando que as TPAs podem também ter características semelhantes a solos não antropogênicos, este fato pode estar relacionado ao uso não sustentado dado a estes solos.

Os teores de fósforo disponível foram elevados nos horizontes antropogênicos, entretanto com valores oscilando entre os perfis estudados, com destaque para os perfis P3 que tiveram teores entre 126 e 425 mg kg<sup>-1</sup>, P4 com teores de P entre 432 a 517 mg kg<sup>-1</sup> e P7 entre 14 e 347 mg kg<sup>-1</sup> de P (Tabela 3). Estes resultados são provavelmente decorrentes da intensidade da incorporação de detritos pelos antigos habitantes, conforme destacam Fraser & Clement (2008) em estudo sobre solos de TPAs na região Amazônica.

Os teores de carbono orgânico oscilaram entre 25,96 a 111,48 g kg<sup>-1</sup> nos horizontes antrópicos (Tabela 3), havendo um decréscimo deste com a profundidade do solo, resultados similares foram obtidos por Campos et al., (2011). O conteúdo elevado de carbono nas TPAs, mesmo estando em ambiente propício à decomposição da matéria orgânica e lixiviação, pode ser atribuído composição da matéria orgânica rica em carbono pirogênico (carvão) adicionada ao solo pela atividade dos povos indígenas pré-colombianos (Glaser, 2000).

Os teores totais de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foram semelhante em todos os perfis estudados e com tendência de aumento em profundidade (Tabela 4), exceção ao P1 que apresentou menor teor. Este fato deve-se, possivelmente, ao regime de umidade associado aos teores de matéria orgânica e carência do material de origem do sítio do P1 que pode favorecer a mobilização, redistribuição e exportação do ferro na forma amorfa (Fe<sub>0</sub>) para outros locais, incidindo diretamente na expressão de cores de cromas mais baixos, em relação aos demais perfis. Já em relação aos teores totais de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verificou-se que nos perfis P2, P6 e P7 os conteúdos foram mais elevados enquanto que o P1 exibe os menores valores totais, demonstrando maior ação do intemperismo e riqueza de alumínio no material de origem em P1, P6 e P7 em relação aos demais perfis estudados.



Horiz	Prof.	Óxidos do Ataque Sulfúrico			Relações		<sup>(1)</sup> Fe <sub>d</sub>	<sup>(2)</sup> Fe <sub>o</sub>	Relações	
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr			Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>
		..... g kg <sup>-1</sup> .....							.....g kg <sup>-1</sup> .....	
P1 – Neossolo Litólico Distrófico típico, textura arenosa, A antrópico										
Aup <sub>1</sub>	0 -19	24,0	27,3	75,0	0,54	0,44	6,4	3,8	0,59	0,23
Au <sub>2</sub>	19 -35	37,0	17,9	70,0	0,90	0,77	3,5	2,7	0,77	0,20
P2 – Neossolo Litólico Distrófico típico, textura siltosa, A antrópico										
Au <sub>1</sub>	0 -24	130,0	30,0	175,0	1,26	1,14	15,0	10,7	0,71	0,50
Au <sub>2</sub>	24 -50	131,0	32,9	195,0	1,14	1,03	12,8	9,6	0,75	0,39
P3 – Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico										
Aup <sub>1</sub>	0 – 22	226,0	45,3	280,0	1,37	1,24	28,4	9,5	0,33	0,63
Au <sub>2</sub>	22- 40	311,0	46,2	305,0	1,73	1,58	29,2	9,5	0,33	0,63
AB	40 -64	376,0	49,1	345,0	1,85	1,70	39,1	8,0	0,20	0,80
BA	64 -87	342,0	49,1	380,0	1,53	1,41	37,9	5,4	0,14	0,77
Bt <sub>1</sub>	87 -116	321,0	56,0	410,0	1,33	1,22	37,9	4,5	0,12	0,68
Bt <sub>2</sub>	116 -146*	314,0	63,0	425,0	1,26	1,15	37,3	4,9	0,13	0,59
P4 – Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico, textura siltosa, A antrópico										
Au <sub>1</sub>	0 – 22	123,0	47,0	165,0	1,27	1,07	22,0	12,1	0,55	0,47
Au <sub>2</sub>	22 - 44	116,0	47,0	180,0	1,10	0,94	27,0	16,4	0,61	0,57
AC	44 – 62	153,0	49,7	165,0	1,58	1,32	33,4	19,0	0,57	0,67
CR/Bi	62*	100,0	55,1	190,0	0,89	0,75	42,0	14,9	0,35	0,76
P5 - Argissolo Amarelo Disrófico típico, textura argilosa, A antrópico										
Aup <sub>1</sub>	0 – 16	45,0	30,7	145,0	0,53	0,46	15,4	19,3	1,25	0,50
Au <sub>2</sub>	16- 35	60,0	23,1	140,0	0,73	0,66	17,5	22,4	1,28	0,76
AB	35 -58	57,0	30,2	150,0	0,65	0,57	17,5	21,6	1,23	0,58
BA	58 – 86	72,0	35,8	155,0	0,79	0,69	20,8	19,5	0,94	0,58
Bt <sub>1</sub>	86 – 110	74,0	33,6	160,0	0,79	0,69	22,0	17,5	0,80	0,65
Bt <sub>2</sub>	110 - 125	88,0	35,9	185,0	0,81	0,72	21,8	18,7	0,86	0,61
P6 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico										
Au <sub>1</sub>	0 – 12	189,0	47,3	305,0	1,05	0,96	34,2	10,2	0,30	0,72
Au <sub>2</sub>	12 - 27	288,0	56,5	340,0	1,44	1,30	35,4	6,7	0,19	0,63
BA	27 – 44	278,0	51,8	370,0	1,28	1,17	36,0	5,5	0,15	0,69
Bt <sub>1</sub>	44 – 65	255,0	65,4	410,0	1,06	0,96	45,3	6,1	0,13	0,69
Bt <sub>2</sub>	65 - 89	258,0	64,5	415,0	1,06	0,96	44,5	5,8	0,13	0,69
Bt <sub>3</sub>	89 - 115*	296,0	65,4	425,0	1,18	1,08	43,2	5,7	0,13	0,66
P7 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico										
Aup <sub>1</sub>	0 – 19	102,0	58,3	250,0	0,69	0,60	22,4	5,2	0,23	0,38

Au <sub>2</sub>	19 – 35	110,0	64,1	255,0	0,73	0,63	31,5	3,6	0,11	0,49
AB	35 – 64	157,0	69,7	310,0	0,86	0,75	22,9	1,9	0,08	0,33
BA	64 – 89	200,0	82,7	360,0	0,94	0,82	17,1	1,3	0,08	0,21
Bt <sub>1</sub>	89 – 121	125,0	74,9	350,0	0,61	0,53	28,6	0,8	0,03	0,38
Bt <sub>2</sub>	121 – 150	115,0	67,2	350,0	0,56	0,50	17,1	0,2	0,01	0,25

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; <sup>(1)</sup> Fe<sub>d</sub>: formas cristalinas extraídas por ditionito-citrato-bicarbonato. <sup>(2)</sup> Fe<sub>o</sub>: formas de baixa cristalinidade, extraídas por oxalato ácido de amônio.

Tabela 4. Teores dos óxidos do ataque sulfúrico (SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxidos livre extraídos com ditionitocitrato-bicarbonato (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e formas amorfas extraídas com oxalato ácido de amônio (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e relações entre eles, em perfis de Terras Pretas Arqueológicas na região Sul do Estado do Amazonas.

Os valores da relação Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub> distribuíram-se de maneira semelhante nos perfis P3, P6 e P7 com valores da relação mais baixos, enquanto que os demais perfis (P1, P2, P4 e P5) exibiram relações mais elevadas. Este resultado deve-se, possivelmente, às maiores quantidades de matéria orgânica, combinadas com os maiores teores de umidade, dificultando assim, a cristalização dos óxidos de Fe para os perfis P3, P6 e P7 (Tabela 4). Segundo Demattê et al., (1994), à medida que os óxidos vão ficando menos cristalinos, em superfície, eles são mais facilmente removidos do solo e transportados para as partes mais baixas do terreno.

A relação (Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub>) tem sido utilizada como indicador auxiliar do grau de desenvolvimento do solo, sendo maior nos solos mais intemperizados. No presente estudo verificou-se que os valores desta relação (Fe<sub>o</sub>/Fe<sub>d</sub>) são maiores nos perfis P3, P5 e P6 quando comparados a P1, P2 e P4 indicando que estes solos estão em estágio mais avançado de intemperismo.

### 3.4 Classificação dos solos

Com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), os quatro perfis foram classificados até o 4.º nível categórico, sendo utilizado para o 5.º nível o agrupamento textural e tipo de horizonte A.

Dessa maneira, os solos foram assim classificados: P1 - Neossolo Litólico Distrófico típico, textura arenosa, A antrópico; P2 – Neossolo Litólico Distrófico típico, textura siltosa, A antrópico; P3 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico; P4 – Cambissolo Háptico Ta Eutrófico léptico, textura siltosa A antrópico; P5 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico; P6 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A antrópico e P7 - Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura argilosa, A antrópico. As classes de solos encontradas são concordantes com as identificadas por Lima (2001), que afirma que as TPAs taxonomicamente enquadram-se nas ordens dos Argissolos, Latossolos, Cambissolos e Neossolos.

## 4 | CONCLUSÕES

Os fragmentos cerâmicos e material lítico apresentam-se quantidades e profundidades semelhantes no horizonte A dos perfis estudados, sugerindo certa similaridade dos fatores antrópicos que promoveram suas formações;

Os horizontes antrópicos dos perfis P3, P4 e P7 são de caráter eutrófico e apresentam teores altos a muito altos de fósforo disponível quando comparado aos perfis P1, P2, P5 e P6, evidenciando heterogeneidade das TPAs;

As TPAs foram adequadamente enquadradas nos diversos níveis categóricos do SiBCS.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A. & VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C. & ALMEIDA, M. C. Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**, 70:18-27, 2011.

CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C. & SOARES, M. D. R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **R. Agro@mbiente On-line**, 6:102-109, 2012.

CORRÊA, G. R. **Caracterização pedológica de arqueoo-antropossolos no Brasil: sambaquis da Região dos Lagos (RJ) e Terras pretas de índio na região do baixo rio Negro/Solimões (AM)**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2007, 115p. (Dissertação de Mestrado).

CPRM - **Centro de Pesquisa de Recursos Minerais. Hidroclimatologia, geologia, recursos minerais, geomorfologia e unidades de paisagens**. Manaus, 2001. 93p. (Relatório Técnico).

CPRM - **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**. Base Cartográfica digital obtida pela CPRM, a partir da base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo elaborada pelo IBGE. 2005.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. & SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amaz.**, 37:91-98, 2007.

DEMATTÊ, J. A. M.; ALOISI, R. R.; DEMATTE, J. L. I. Sequência Latossolo Amarelo - Podzólico Amarelo - Areias Quartzosas sob material da formação barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. **Sci. Agric.**, 51:345-356, 1994.

DENEVAN, W.M. A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. In: **Annals of the American Geographers**, 1996. p.654–681.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006. 354p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 247p.

FALCÃO, N. P. S.; CARVALHO, E. J. M. & COMERFORD, N. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. In: **Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI**. Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte. Rio de Janeiro, 2001.. 2p.

FALCAO, N. P. S.; MOREIRA, A.; COMERFORD, N. B. & LEHMANN, J. Fertilidade do solo de Terra Preta de Índio. Em: TEIXEIRA, W. G., KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N. & WOODS, W. I. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia -- Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. 1ª Ed. Manaus: UFAM, 2009, p. 201-211.

FRASER, J.A. & CLEMENT, C.R. Dark Earths and manioc cultivation in Central Amazonia: a window on pre-Columbian agricultural systems? *Bol. Mus. Pará **Emilio Goeldi Cien. Hum.***, 3:175-194, 2008.

GERMAN, L. A. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. **Geoderma**, 111:307–331, 2003.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Phil Trans R. Soc. B**. 362:187–196, 2007.

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G. & ZECH, W. **Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region**. *Org. Geo*, 31:669-678, 2000.

JACOMINE, P. K. T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Em: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. da; & CARDOSO, E. J. (Ed.) *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, p.193-231.

KÄMPF, N. & KERN, D. C. **O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia**. Em: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A.P. & CARDOSO, E. J. (Org.). **Tópicos em Ciência do solo**. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2005, p.277-320.

KERN, D. C. & KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológicas na região de Oriximiná – PA. **R. Bras. C. Solo**. 13:219-225, 1989.

KERN, D.C. **Geoquímica e pedoquímica de sítios arqueológicos com Terra Preta na Floresta de Caxuaná (Portel-Pará)**. Belém, Universidade Federal do Pará, 1996, 124p. (Tese de Doutorado).

LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GERMAN, L.A.; MCCANN, J.; MARTINS, G.C. & MOREIRA, A. Soil fertility and production potential. Em: LEHMANN, J., KERN, D.C., GLASER, B. & WOODS, W.I. (Ed.). Amazonian dark earths; origin, properties and management. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 2003. p.105-124.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001, 176p. (Tese de Doutorado).

LIMA, H. N.; SCHAEFER, C. E. R.; MELLO, J. W. V.; GILKES, R. J. & KER, J. C. Pedogenesis and pre-Columbian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. **Geoderma**. 110:1-17, 2002.

MARQUES JÚNIOR, J. **Distribuição e atributos dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP**. Piracicaba. Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1995. 226p. (Tese de Doutorado).

MEHRA, O. P. & JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY MINERALS, 7., Washington, 1960. **Proceedings... New York**, 1960. p.317-327.

NEVES JUNIOR, A. F. **Qualidade física de solos com horizonte antrópico (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008, 94p. (Tese de Doutorado).

NEVES, E. G.; PETERSON, J. B; BARTONE, R.N. & SILVA, C. A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. Em: LEHMAN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B. & WOODS, W.I. Amazonian dark earths; origin, properties and management, 1 **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, 2003. p. 29-50.

NOVOTNY, E. H.; DEAZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M. & HAYES, M. H. B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian dark earth soils. **Environ. Sci. Technol.** 41:400-405, 2007.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELLA, H. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 107p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; ANJOS, L.H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5. ed. Viçosa. SBCS, 2005. 100p.

SDS - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Relatório técnico síntese dos diagnósticos: Área estadual sul de Apuí e Manicoré**. Manaus, 2004. 20p.

SMITH, N. J. H. Anthrosol and human carrying capacity in Amazonia . In: **ANNALS OF THE ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS**, 70. 1980, Durham. Annals.. Durham, 1980. p. 553-566.

SMITH, N. J. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia. **Annals of the Association of American Geographers**. 70:553-566, 1980.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G. & ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biol. Biochem.** 41:1301-1310, 2009.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, j. & ZECH, W. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and Amazonian dark earths in Central Amazonia – preliminary results. Em: GLASER, B. & WOODS, W.I. (Ed.). Amazonian dark earths: explorations in space and time. **New York: Springer**, 2004. p.195-212.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** 19:1467-1476, 1988.

# TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO<sub>2</sub> em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



@atenaeditora



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



0 400 800 km



**Atena**  
Editora

Ano 2021



# TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO<sub>2</sub> em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



0 400 800 km



**Atena**  
Editora

Ano 2021