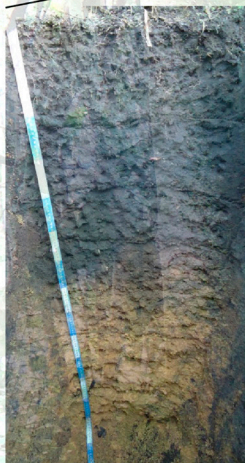


TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas

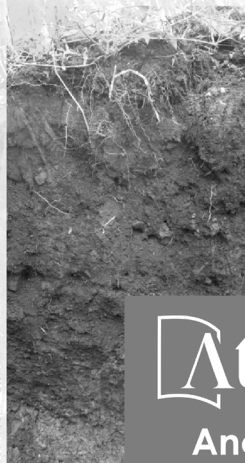
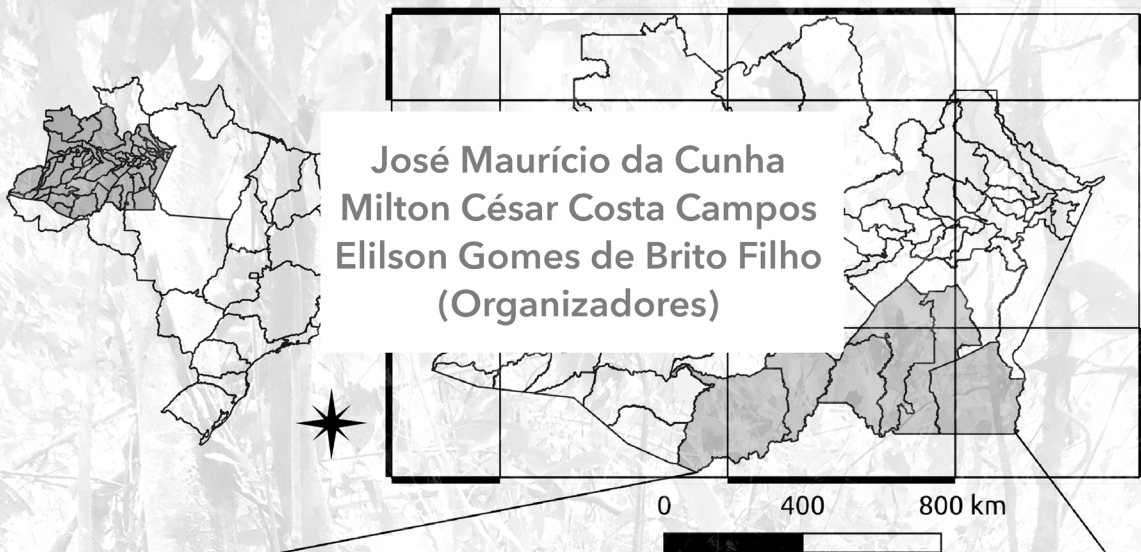


Atena
Editora

Ano 2021

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ 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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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. Adaylson 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 Cremo
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

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 CO₂ 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 CO₂ 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 ORGANIZADORES239

CAPÍTULO 12

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

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 11/05/2021

Romário Pimenta Gomes

Universidade Estadual Paulista
Jaboticabal – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0003-0663-0962>

Milton César Costa Campos

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

Marcelo Dayron Rodrigues Soares

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0003-2942-5320>

Douglas Marcelo Pinheiro Silva

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://orcid.org/0000-0001-8147-5726>

José Maurício Cunha

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0003-4057-1708>

Laercio Santos Silva

Universidade Estadual Paulista
Jaboticabal – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0002-0805-1318>

Ivanildo Amorim Oliveira

Instituto Federal de Rondônia
Ariquemes – Rondônia
<https://orcid.org/0000-0003-2299-3229>

Wildson Benedito Mendes Brito

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5992>

ABSTRACT: Indian Black Earths (IBEs) are distributed throughout the Amazon. They are characterized by their high chemical fertility and agricultural potential. IBEs have high organic carbon, favouring the improvement of soil structure. This work aimed to evaluate the aggregates and organic carbon (OC) spatial variability in different IBEs in southern Amazonas. We evaluated the organic carbon spatial variability, mean weight diameter (MWD), soil bulk density (pb) and aggregate classes under three uses of soil: pasture, cocoa, and coffee. We collected 528 soil samples in a point grid according to its use at two depths: 0.0-0.05 m and 0.10-0.20 m. Results were subjected to variance, descriptive, and geostatistical analyses. We concluded that the soil use influenced the IBEs physical attributes soil behavior, concentrating the higher values of CO, aggregates > 2.00 mm, and MWD at 0.0-0.05 m in relation to pb and aggregates < 2.00 mm where the higher values were the ones at 0.10-0.20 m. Aggregates < 2.00 mm (0.10-0.20 m) and OC (0.0-0.05 m) did not show spatial dependence, while the class of aggregates > 2.00

mm was the only attribute which represented to be a natural characteristic of the soil, with a strong spatial dependence, independently the land use and depth. There was no spatial relationship between the attributes studied and the geomorphic diversity.

KEYWORDS: Spatial dependence, Aggregate classes, Soil aggregation, Land use.

VARIABILIDADE ESPACIAL DE AGREGADOS E CARBONO ORGÂNICO SOB TRÊS DIFERENTES USOS DE TERRA PRETA DE ÍNDIO NO SUL DO AMAZONAS

RESUMO: As Terras Pretas de Índio (TPIs) encontram-se distribuídas por toda a Amazônia. Elas são caracterizadas pela alta fertilidade química e potencial agrícola. As TPIs possuem alto carbono orgânico, favorecendo a melhoria da estrutura do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos agregados e do carbono orgânico (CO) em diferentes usos de TPIs no sul do Amazonas. Foi avaliado a variabilidade espacial do carbono orgânico, diâmetro médio ponderado (DMP), densidade do solo (ρ_b) e as classes de agregados sob três usos do solo: pastagem, cacau e café. Nas áreas estudadas construiu-se um grid regular de pontos, de acordo com o uso do solo e nas profundidades, 0-0,05 m e 0,10-0,20 m, totalizando 528 amostras de solo. Os resultados foram submetidos à análise de variância, descritiva e geoestatística. O uso do solo influenciou o comportamento dos atributos físicos das TPIs, concentrando os valores mais altos de CO, agregados > 2,00 mm e DMP na profundidade 0,0-0,05 m em relação a ρ_b e agregados < 2,00 mm, que assumiram valores mais altos na profundidade 0,10-0,20 m. Agregados < 2,00 mm (0,10-0,20 m) e CO (0,0-0,05 m) não apresentaram dependência espacial, enquanto a classe de agregados > 2,00 mm foi o único atributo que representou uma característica natural do solo, com forte dependência espacial, independentemente do uso e profundidade do solo. Não houve relação espacial entre os atributos estudados e a diversidade geomórfica.

PALAVRAS-CHAVE: Dependência espacial, Classes de agregados, Agregação do solo, Uso da terra.

1 | INTRODUCTION

Spatial variability of soil physical attributes occurs naturally due to factors and processes of soil formation and geomorphic expressions (CAMARGO et al., 2010). In the case of Indian Black Earths (IBE), several factors contributed to the spatial discontinuity of physical attributes such as burial and burning of ceramic artifacts and animal bones. In addition, this discontinuity was conditioned by the trampling of indigenous peoples who inhabited these sites (AQUINO et al., 2014a; OLIVEIRA et al., 2015).

Besides the natural variability, land use and management in agriculture play an additional source of variation (OLIVEIRA et al., 2013). This use and management influence carbon distribution in different soil fractions and cause short and/or long-term changes (MARQUES et al., 2015). Deforestation and agriculture change soil properties, such as the aggregate stability (CAMPOS et al., 2013), altering porous space, aggregate size, water movement, and soil density (VIEIRA et al., 2011). Several studies have identified that the

smaller the organic carbon content, higher the soil disintegration (CAMPOS et al., 2011).

Another factor that influences spatial variability of soil physical attributes is the curvature of land surface (CAMARGO et al., 2010). This curvature conditions the movement of water and the mass flow in the soil along the landscape. In this aspect, it is necessary to use methodologies to identify spatial discontinuity allowing soil characterization for sustainable use and management (CAJAZEIRA and ASSIS JÚNIOR, 2011). In this aspect, geostatistics allows the detection and a better understanding spatial variability (VIEIRA, 2000).

The State of Amazonas has a great territorial extension and geomorphological diversity. Thus, the use of geostatistics becomes an extremely viable practice due to its low cost and high representativeness of local conditions. Despite its applicability, few studies using geostatistics were carried out in the Amazonian soils, where some of them can be highlighted like the Campos et al (2011), Aquino et al. (2014a), Oliveira et al. (2015), and Alho et al. (2016). Thus, there is a need to characterize the soil and its use in the Amazon region. In this way, the objective of this work was to evaluate the spatial variability of aggregates and organic carbon in Terra Preta de Índio (Indian Black Earth) under different land uses in southern Amazonas.

2 | MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in the southern part of the Amazonas State, in Apuí and Manicoré at the roadside BR 230, the Transamazônica highway. Three areas of Indian Black Earth (IBE) were selected where cocoa, coffee, and pasture were growing. The IBE area with pasture (7 years of pasture growth) is located in Manicoré (Latitude 7° 59' 22" S, Longitude 61° 39' 51.2" W). This pasture is characterized by the use of brachiaria (*Brachiaria brizanta*) which supports one animal unit per hectare in an extensive system (Figure 1). The soil from this area was classified as Eutrophic Red-Yellow Argisol (Embrapa, 2013) or Red Ultisol (Soil Survey Staff, 2014), where the region primary ecosystem is Dense Tropical Forest. This type of soil developed geologically from sandstones of the Içá Formation.

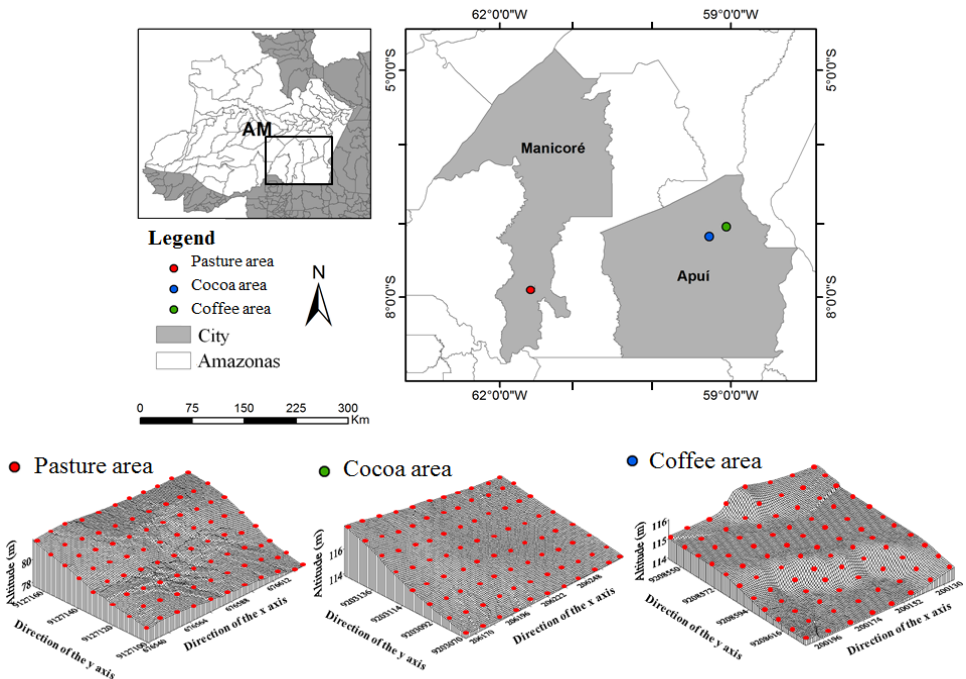


Figure 1. Map of location and digital elevation model of the studied areas in Manicoré and Apuí, AM.

The IBEs areas where cocoa and coffee were growing in Apuí (Latitude $7^{\circ} 12' 05''$ S, Longitude $59^{\circ} 39' 35''$ W). This soil was classified as Eutrophic Yellow Argisol, according to Embrapa (2013) or Yellow Ultisol (Soil Survey Staff, 2014). This soil is composed of sandstones of the Beneficial geological formation, which presents a clayey tertiary package and primary covered with Dense Tropical Forest.

The IBE area with cocoa (8 years of cocoa growth) was previously grown with rice, corn, beans, and watermelon (Figure 1). The area of IBE with coffee (6 years of coffee growth) was previously under pasture. Cocoa and coffee were manually cultivated.

Soil samples from the study areas were collected in a grid (Figure 1). The sampled pasture area was $4,480 \text{ m}^2$ ($56 \times 80 \text{ m}$), in a grid of 88 points spaced $6 \times 8 \text{ m}$. The sampling area in both coffee and cocoa areas was $4,228 \text{ m}^2$ in a grid of 88 points spaced $8 \times 8 \text{ m}$. Soil samples were collected at two depths in small trenches at depths $0\text{-}0.05 \text{ m}$ and $0.10\text{-}0.20 \text{ m}$. At total, we collected 528 soil samples. The points of the sample grids were georeferenced to construct the digital elevation model. The equipment used in the georeferencing was the GPSMAP 76CS (Garmin International, USA) with accuracy of $<10 \text{ m}$.

Texture analysis was performed using 0.1 mol L^{-1} NaOH solution as a chemical dispersant and mechanical stirring in high-speed apparatus for 15 min. Clay fraction was determined by the pipette method, the sand, by sieving, and the silt calculated by the

difference (Embrapa, 1997). The results are presented at Table 1.

Layers	Coffee			Cocoa			pasture		
	-----g kg ⁻¹ -----								
	Sand	Silt	Clay	Sand	Silt	Clay	Sand	Silt	Clay
Superficial	364.65	617.37	17.98	221.10	572.83	204.52	711.13	235.49	51.18
Sub superficial	344.32	638.52	17.16	187.97	537.86	274.23	713.76	205.94	73.91

Superficial = 0.0-0.05 m, Sub superficial = 0.10-0.20 m

Table 1. IBE areas soil texture under different managements.

Soil bulk density (ρ_b) was determined in cylinders of 5.57 cm of diameter and 4.1 cm in height. Collected soil samples were oven-dried at 105-110 °C for 48 hours (Embrapa 1997). Organic carbon (OC) was determined by the Walkley-Black method, modified by Yeomans and Bremner (1998).

Soil samples for aggregate determination were removed in blocks, which were air dried and passed through 9.52 mm and 4.76 mm sieves. Then, the aggregates retained at 4.76 mm sieve were used in the wet aggregates stability analysis, placed on a set of sieves with 2.0 mm, 1.0 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.105 mm, and 0.053 mm sieving, subjecting them to vertical oscillations. After fifteen minutes or 15 min, portions retained in each sieve were transferred to aluminum pots with the aid of water jets, and then dried at 105 °C for 24 hours for later weighing (KEMPER and CHEPIL, 1965). Results were expressed as Mean Weight Diameter (MWD), percentage of aggregates greater than 2 mm (% > 2 mm) and percentage of aggregates smaller than 2 mm (% < 2 mm).

Results were submitted to analysis of variance and Tukey's mean separation test ($p < 0.05$). We also did the descriptive analysis (mean, median and coefficient of variation) of these results and the evaluation of their normality, by using the Kolmogorov-Smirnov test. Finally, spatial variability was evaluated using geostatistics. For this evaluation, the experimental semivariogram was estimated according to equation (1).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Where: $\gamma(h)$ – semivariance value to a “h” distance; $N(h)$ – number of pairs involved in the semivariance calculus; $Z(x_i)$ – value of Z at x_i ; $Z(x_i+h)$ – value of Z separated by a distance “h” at x_i .

Both spherical and exponential mathematic models were adjusted to the semivariograms. This adjustment was made based on the number of pairs involved in the semivariogram, sum of the square of the residuals (SQR), presence of the plateau (BURROUGH and MCDONNEL, 2000) and coefficient of determination (R^2). Then, the

cross-validation (CV) technique was used to obtain the correlation coefficient (VIEIRA, 2000). Subsequently, the degree of spatial dependence (DSD) was succeeded by the relation between the nugget effect (C_0) and semivariogram plateau (C_0+C_1). Attributes were considered with strong DSD when the relation was $[C_0/(C_0+C_1) \leq 25\%]$, moderate DSD $[(C_0/(C_0+C_1))$ between 25 and 75%] and weak DSD when $[(C_0/(C_0+C_1)) > 75\%$ (CAMBARDELLA et al., 1994). Finally, we performed variable value distribution estimates to points not sampled in the grid by kriging.

Descriptive and variance analyzes were performed using the Minitab program, while the geostatistical analysis using the Surfer program (Golden Software Inc., 1999).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The results referring to the descriptive statistical analysis and soil attributes mean test are shown in Table 2. The studied variables values of mean and median were similar among each other at the different soil use systems. This closeness indicated a normal distribution of data (CRUZ et al., 2010; CAMPOS et al., 2013a). No. However, the normality was only observed in all variables at 0.10-0.20 m in the soil grown with cocoa. We also observed that only the aggregates > 2.00 mm class presented normal distribution in all soil uses, regardless of depth. The normality of results obtained in this study was similar to other researches that studied soils with pastures (OLIVEIRA et al., 2015).

In general, the behavior of physical attributes evaluated in pasture and coffee areas were closer than the ones observed in soil where cocoa was grown (Table 2). At the three soil uses both Mean Weight Diameter (MWD) and aggregates class > 2.00 mm, obtained the highest values and they did not differ statistically at 0.0-0.05 m, evidencing few influence in this attributes influence. However, the decreased of MWD and aggregates > 2.00 mm at 0.10-0.20 mm was due to the smaller amount of CO, given that the magroaggregates genesis is closely associated to the CO content, mainly up to a 0.05-0.20 m depth (GARCIA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2016).

Soil bulk density (ρ_b) and aggregates class < 2.00 mm were the most sensitives physical attributes to the soil use type, mainly at 0.0-0.05 m, where we could found statistical difference to the adopted management (Table 2). The ρ_b was higher at pasture due to the livestock and intensive animal trampling, corroborating with Oliveira et al. (2015) and Silva et al. (2016) results. The smaller ρ_b in the cocoa and coffee soil is due to the big amount of cultural residues, like branches, leaves, and fruits, added to the soil in each crop cycle (Silva et al., 2016). In this sense, Steinbeiss et al. (2009) affirm the lower soil density in these areas happen not only due to the high amount of carbon, but also due to the intense biologic activity (fauna and roots).

Attributes	Statistics	Pasture	Coffee	Cocoa	Pasture	Coffee	Cocoa
		Surface (0.0 – 0.05 m)			Sub-surface (0.10 – 0.20 m)		
MWD (mm)	Mean	3.14 A	3.14 A	3.14 A	3.01 A	2.90 A	2.53 B
	Median	3.16	3.14	3.15	3.07	2.91	2.63
	CV (%) ⁽¹⁾	3.14	3.18	4.45	6.55	4.82	17.39
	d ⁽²⁾	0.03	0.20*	0.09*	0.01	0.20*	0.20*
OC (g kg ⁻¹)	Mean	34.26 B	38.96 B	55.62 A	33.46 A	33.83 A	31.66 B
	Median	34.25	37.25	54.71	33.50	35.19	32.35
	CV (%) ⁽¹⁾	4.06	29.85	17.70	1.56	19.59	17.37
	d ⁽²⁾	0.15*	0.03	0.20*	0.15*	0.20*	0.15*
ρ_b (Kg dm ⁻³)	Mean	1.29 A	1.08 B	0.89 C	1.17 A	1.20 A	0.93 B
	Median	1.30	1.09	0.89	1.16	1.23	0.92
	CV (%) ⁽¹⁾	9.03	9.25	11.23	9.29	19.16	8.42
	d ⁽²⁾	0.15*	0.20*	0.02	0.15*	0.001	0.20*
> 2.00 mm (%)	Mean	91.96 A	90.60 A	90.51 A	86.54 A	81.58 B	76.91 C
	Median	92.49	91.26	90.72	88.59	81.74	76.59
	CV (%) ⁽¹⁾	4.43	4.95	5.80	8.91	8.05	13.27
	d ⁽²⁾	0.14*	0.08*	0.20*	0.12*	0.20*	0.20*
< 2.00 mm (%)	Mean	5.57 B	7.56 AB	9.48 A	11.04 B	13.83 B	23.08 A
	Median	4.45	6.65	9.28	9.49	12.95	23.41
	CV (%) ⁽¹⁾	67.99	53.04	55.37	59.51	50.25	44.23
	d ⁽²⁾	0.17*	0.01	0.20*	0.11*	0.20*	0.20*

Means followed by the same capital letter in the same depth line do not differ statistically from each other by the Tukey test ($p < 0.05$). ¹CV: coefficient of variation. ²d: Kolmogorov-Smirnov normality test ($p < 0.05$).

Table 2. Mean and descriptive statistics test of Mean Weight Diameter (MWD), organic carbon (OC), soil density (ρ_b), aggregate class greater than 2 mm (> 2 mm), aggregate class smaller than 2 mm (< 2 mm) in Indian Black Earth (IBE) areas under different managements.

According to the classification proposed by Warrick and Nielsen (1980), only aggregates < 2.00 mm in pasture presented high coefficient of variation (CV) at 0.0-0.05 m, while MWD, ρ_b , and aggregates > 2.00 mm presented low variability in the three soil uses. However, the variability was moderate for the MWD and aggregates > 2.00 mm in the coffee area and for ρ_b in the soil cultivated with cocoa. The OC observed in the pasture at the two studied depths presented low variability, while the variability was mild in the areas with coffee and cocoa. The decrease of ρ_b , MWD and OC in pasture was also observed in Alho et al. (2016) articles. Campos et al. (2013b) reported low variability for aggregates > 2.00 mm in Red Argisol, while Aquino et al. (2015) found low and medium variability for aggregates < 2.00 mm when the depth increased.

We observed a spatial dependence between depth and land use in most of the studied attributes (Table 3). This dependence can be observed in the semivariograms of

Figure 2.

The exponential model was predominant for all attributes, depths and soil uses (Table 3). Only the exponential model adjusted to the spatial dependence for ρ_b and aggregates < 2.00 mm, regardless land depth and use. However, there is an exception done to aggregates < 2.00 mm in the soil use with pasture at 0.10-0.20 m, where it was observed absence of spatial dependence (pure nugget effect – PNE), behavior also verified to OC at 0.0-0.05 m in the cocoa area. It is worth noting the absence of spatial dependence in these variables does not necessary means absence of variance, but the incapability of adjustment the semivariogram model (CAMBARDELLA et al., 1994; VIEIRA, 2000).

Attributes	Parameters	Pasture	Coffee	Cocoa	Pasture	Coffee	Cocoa
		Surface (0.0 – 0.05 m)			Sub-surface (0.10 – 0.20 m)		
MWD (mm)	Model	Exp	Exp	Sp	Sp	Exp	Sp
	Nugget	0.00007	0.002	0.02	0.001	0.003	0.08
	Plateau	0.0007	0.01	0.05	0.03	0.03	0.26
	Reach (m)	23.00	22.80	39.40	16.60	18.90	38.10
	R ²	0.88	0.87	0.97	0.73	0.92	0.99
	SDD (%)	10.44	20.00	40.00	3.00	10.00	30.76
	CV	0.77	1.00	0.88	0.98	0.72	0.92
OC (g kg ⁻¹)	Model	Sp	Exp	PNE	Sp	Exp	Exp
	Nugget effect	0.84	86.40	-	0.14	25.47	3.70
	Plateau	1.64	172.90	-	0.28	56.46	40.25
	Reach (m)	41.80	31.50	-	43.80	37.30	14.70
	R ²	0.97	0.74	-	0.97	0.91	0.95
	SDD (%)	51.00	49.97	-	50.00	45.11	9.19
ρ_b (Kg dm ⁻³)	Model	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
	Nugget effect	0.001	0.005	0.00001	0.001	0.002	0.0028
	Plateau	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01	0.0099
	Reach (m)	25.80	48.90	17.80	21.90	15.60	25.80
	R ²	0.91	0.96	0.97	0.82	0.71	0.98
	SDD (%)	10.00	50.00	0.11	10.00	20.00	28.28
>2.00 mm (%)	Model	Exp	Sp	Exp	Exp	Exp	Sp
	Nugget effect	0.01	0.89	6.10	4.30	6.30	0.10
	Plateau	12.10	25.51	50.11	54.30	62.14	96.00
	Reach (m)	25.00	14.30	28.80	11.50	19.80	12.40
	R ²	0.86	0.76	0.92	0.92	0.90	0.73
	SDD (%)	0.08	3.48	12.07	7.92	10.13	0.10

	CV	0.78	0.76	0.81	0.76	0.75	0.73
	Model	Exp	Exp	Exp	PNE	Exp	Exp
	Nugget effect	0.01	6.74	6.50	-	35.90	8.10
	Plateau	8.80	17.15	51.17	-	94.16	92.92
<2.00 mm (%)	Reach (m)	16.00	25.70	28.50	-	38.50	21.60
	R ²	0.97	0.86	0.92	-	0.89	0.93
	SDD (%)	0.11	39.90	12.70	-	38.12	8.71
	CV	0.75	0.93	0.79	-	0.74	0.91

PNE: Pure Nugget Effect; Exp: Exponential; Sp: Spherical; R²: coefficient of determination; SDD%: spatial dependence degree, and CV: Crossed validation.

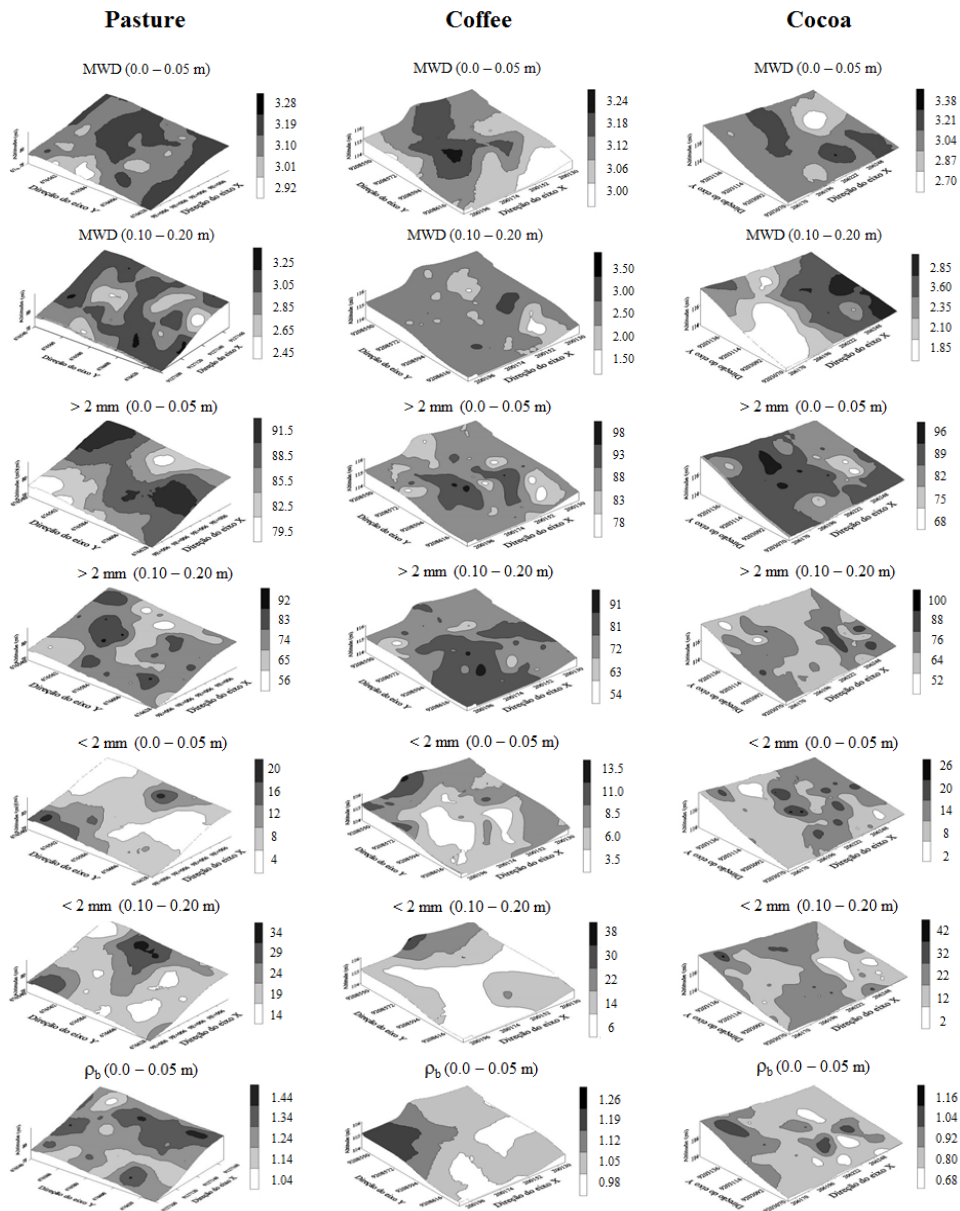
Table 3. Geostatistical parameter estimates to Mean Weight Diameter (MWD), organic carbon (OC), soil density (ρ_b), aggregate class greater than 2 mm (> 2 mm), aggregate class smaller than 2 mm (< 2 mm) in Indian Black Earth (IBE) areas under different managements.

The evaluated attributes presented range values superior to the sampling mesh (8 m), indicating that the variables are spatially related and they allow interpolations (VIEIRA, 2000). The highest range values were found for ρ_b (48.90 m) at 0.0-0.05 m in soil grown with coffee, while aggregates > 2.00 mm presented the lowest reach value (11.50 m) at 0.10-0.20 m in soil grown with pasture. The range values for all variables were smaller as deeper, in this way the obtained results indicated greater spatial continuity of soil attributes in the superficial layers. This behavior corroborates with results observed by Souza et al. (2001).

The spatial dependence degree (SDD) was classified as strong for almost all soil uses, except in the area with cocoa, where the MWD presented moderate SDD. Moderate dependence was also found for the class of aggregates < 2.00 mm in coffee use, and ρ_b in both coffee and cocoa areas regardless of depth. In turn, strong SDD was observed for OC in soil use with cocoa at 0.10-0.20 m, however, the aggregate class > 2.00 mm presented strong SDD at all evaluated depths and soil uses. The Strong spatial dependence observed is due to the native anthropic activities, ended up with IBEs formation (Aquino et al., 2015), while the mild spatial dependence reflected the nowadays soil use alterations, mostly at 0.0-0.05 m, the depth easilier affected by the soil management (CAMBARDELLA et al., 1994).

The isolines, surface and three-dimensional isoline maps obtained by interpolation of Kriging data presented similar values for the following variables: MWD, aggregates (> 2.00 <mm), ρ_b and OC at different depths and soil uses (Figure 2). However, maps allowed to illustrate spatial variability as a function of land use, which cannot be clarified with classical statistics. In pasture soil use, it was observed that the MWD and the class of aggregates (< 2.00> mm) presented greater spatial continuity at 0.0-0.05 m, this behavior was evidenced by the greater distance between the isolines and indicated a more defined behavior for these variables. The reduction of MWD values in aggregates > 2.00 mm coincided with the increase in the class of aggregates < 2.00 mm at 0.10-0.20 m. This relation of decrease

and increase of aggregates of different classes reflected influence of the management in the properties of the soil.



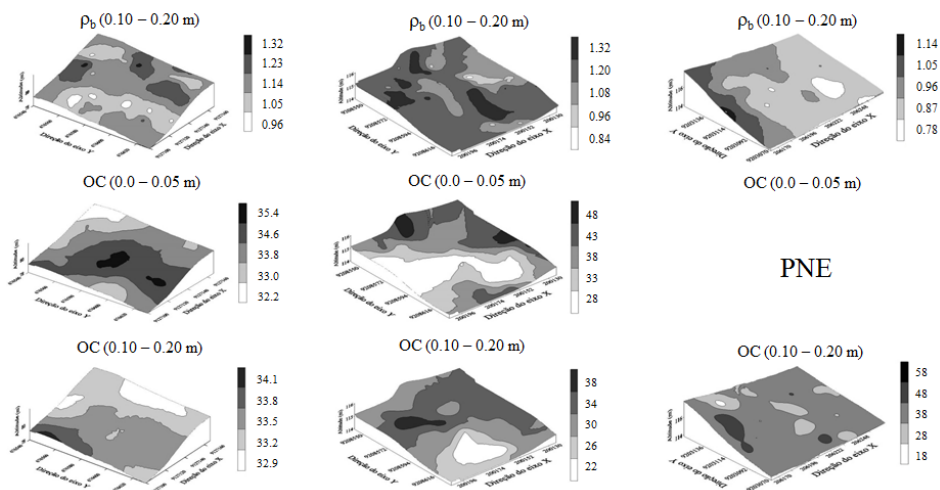


Figure 2. Isoline Maps of Mean Weight Diameter distribution (MWD, mm), aggregate class higher than 2 mm (> 2 mm), aggregate class smaller than 2 mm (< 2 mm), Bulk density (ρ_b , kg dm^{-3}), and organic carbon (OC, g kg^{-1}) at two depths.

The pasture soil use ρ_b maps of were closer due to the greater access and permanence of the cattle in the pasture. These maps characterize the compaction of this environment caused by animal trampling, which caused the destruction of the larger aggregates and ρ_b elevation to up to 0.05 m (AQUINO et al., 2014a; CAJAZEIRA and ASSIS JUNIOR 2011). However, ρ_b and compaction observed in this study did not compromise root development in the different uses due to the high organic matter content observed in IBEs (CAMPOS et al., 2012).

The landscape and soil shape in pasture and cacao areas were similar, but soil attributes presented distinct aspects due to differences in cultural habit, use, and type of soil. At 0.0-0.05 m, it was not possible to capture the spatial variability (Figure 2), considering the sampling distance used (McBratney and Webster, 1986), due to the greater uniformity of the soil surface provided by cacao cultivation, which covers the soil with remains and where conditions a more homogeneous environment. These plant remains favored the maintenance of organic matter, reflecting in the highest values of OC (0.10-0.20 m) when compared to the other types of soil uses.

In a general way, soil under coffee cultivation, due to the diversity of geomorphological expressions (linear, concave and convex pedoforms), presented greater spatial discontinuity in the class of aggregates < 2.00 mm and in the WMD at 0.0-0.05 m. This discontinuity can be observed on the map, where there is the predominance of erratic isolines at close range (Figure 2), in the case, the spatial variability was a natural consequence of the landscape configuration, since maps at depth 0.10-0.20 m are spatially more uniform for these attributes. Other studies have also reported the influence of landscape shape on soil

physical properties (ALHO et al., 2015).

The results did not identify correlation between the soil physical attributes and the existing geomorphic expressions. However, other studies observed such correlation (SILVA et al., 2016). It was not observed due to the scale used in the studied areas. However, it was possible to observe a more homogeneous behavior for the physical attributes at 0.10-0.20 m regardless both soil use and type, confirming the deeper, the less affect the adopted management to the soil attributes in IBEs.

4 | CONCLUSIONS

The soil use influenced the soil physical attributes behavior in IBEs, where the higher values of CO, aggregates > 2.00 mm, and MWD at 0.00-0.05m in relation to ρ_b and aggregates < 2.00 mm increased at 0.10-0.20 m.

Aggregates < 2.00 mm (0.10-0.20 m) and OC (0.0-0.5 m) did not show spatial dependence, while the aggregates class > 2,00 mm was the only soil attribute characterized as natural with a strong spatial dependence, regardless the soil use and depth.

There was no spatial relationship between the attributes studied and the geomorphic diversity.

REFERENCES

ALHO LC, CAMPOS MCC, MANTOVANELLI BC, SILVA DMP, SOUZA ZM, CUNHA JM, SOARES MDR. Physical and geospatial attributes of inceptisols and ultisols under native vegetation in Humaitá, Am, Brazil. **Bioscience Journal**. v.32, n.2, p.422-430, 2016.

ALHO LC, CAMPOS MCC, SILVA DMP, MANTOVANELLI BC, SOUZA ZM. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.44, n.3, p.246-254, 2014.

AQUINO RE, CAMPOS MCC, MARQUES JÚNIOR J, OLIVEIRA IA, MANTOVANELLI BC, SOARES MDR. Geostatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na Região de Manicoré, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.38, n.2, p.397-406, 2014a.

AQUINO RE, CAMPOS MCC, MARQUES JÚNIOR J, OLIVEIRA IA, TEIXEIRA DB, CUNHA JM. Uso de semivariogramas escalonados no planejamento amostral de atributos físicos do solo em ambientes na região Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.39, n.1, p.21-30. 2015.

AQUINO RE, CAMPOS MCC, OLIVEIRA IA, MARQUES JÚNIOR J, SILVA, DMP. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, AM. **Bioscience Journal**. v.30, n. 4, p.988-97, 2014b.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. 17ª ed. Rio de Janeiro: **Folha SB. 20, Purus**; 1978.

Burrough PA, McDonnell RA. **Principles of geographical systems**. New York: Oxford University Press; 2000.

CAJAZEIRA JP, ASSIS JÚNIOR RN. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**. v.42, n.2, p.258-267, 2011.

CAMARGO LA, MARQUES JJ, PEREIRA GT. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, n.4, p.617-630, 2010.

CAMBARDELLA CA, MOORMAN TB, NOVAK JM, PARKIN TB, KARLEM DL, TURCO RF, KONOPA AE. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Science Society American Journal**. v.58, n.4, p.1501–1511, 1994.

CAMPOS MCC, AQUINO RE, OLIVEIRA IA, BERGAMIN AC. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Agrária**. v.8, n.2, p.305-310, 2013b.

Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Souza RVCC, Almeida MC. Caracterização e Classificação de Terras Pretas Arqueológicas na região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**. v.70, n.4, p.598-609, 2011.

CAMPOS MCC, SANTOS LAC, SILVA DMP, MANTOVANELLI BC, SOARES MDR. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Agro@ambiente**. v.6, n.1, p.102-109, 2012.

Campos MCC, Soares MDR, Santos LAC, Oliveira IA, Aquino RE, Bergamin AC. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. **Comunicata Scientia**. v.4, p.168-178, 2013a.

CRUZ JS, ASSIS JÚNIOR RN, MATIAS SSR, CAMACHO-TAMAYO JH, TAVARES RC. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**. v.34, n.2, p.271-278. 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 1997, 167p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 3ª ed. Brasília. 2013, 263 p.

GARCIA, RA, ROSOLEM, CA. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45, n.6, p.1489-1498. 2010.

KEMPER WD, CHEPIL WS. **Aggregate stability and size distribution**. In: Black CA, editor. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy; 1965. p. 499–510.

MARQUES JDO, LUIZÃO JL, TEIXEIRA GT, SARRAZIN M, FERREIRA SJF, BELDINI TP, ARAÚJO MARQUES EM. Distribution of organic carbon in different soil fractions in ecosystems of Central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.39, n.1, p.232-42. 2015.

MCBRATNEY AB E WEBSTER R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal Soil Science*. v.37, n.3, p.617-639. 1986.

MINITAB RELEASE 14.1. **Statistical Software**. US/Canadá; 2000.

OLIVEIRA IA, CAMPOS MCC, SOARES MDR, AQUINO RE, JÚNIOR JM, NASCIMENTO EP. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.37, n.4, p.1103-1112. 2013.

OLIVEIRA IA, MARQUES JÚNIOR J, CAMPOS MCC, AQUINO RE, FREITAS L, SIQUEIRA DS, CUNHA JM. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da região de Manicoré, AM. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.39, n.4, p.668-681. 2015.

SILVA DMP, CAMPOS MCC, FRANCISCON U, ALHO LC, SANTOS LAC, PAULA NETO P, BERGAMIN AC, SOUZA ZM. Spatial Variability of Soil Properties in Archeological Dark Earth Sites under Cacao Cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 40, p. 816-828, 2016.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 12th ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service; 2014.

SOUZA, ZM, SILVA, MLS, GUIMARÃES, GL, CAMPOS, DTS, CARVALHO, MP, PEREIRA, GT. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.699-707. 2001.

STEINBEISS S, GLEIXNER G, ANTONIETTI M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biol Biochem*. 2009;41:1301-10.

SURFER FOR WINDOWS. Release 7.0. **Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers**. User's guide. NY/Estados Unidos: Golden Software; 1999.

VIEIRA SR. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS RF, ALVAREZ VH, SCHAEFER GR, editors. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p.1-54.

VIEIRA SR. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**. v.70, n.2, p.185-195. 2011.

WARRICK AW, NIELSEN DR. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: Hillel D, editor. *Applications of soil physics*. New York: Academic Press; 1980.

YEOMANS JC, BREMNER JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant and Analysis**. v.19, n.2., p.1467-1476. 1988.

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



0 400 800 km



Atena
Editora

Ano 2021

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



0 400 800 km



Atena
Editora

Ano 2021