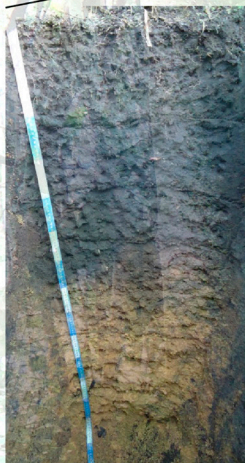


TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

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

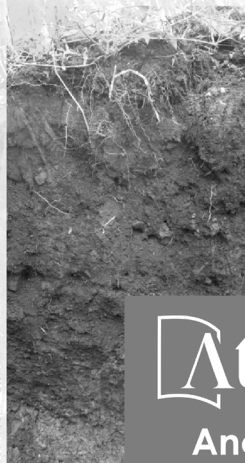
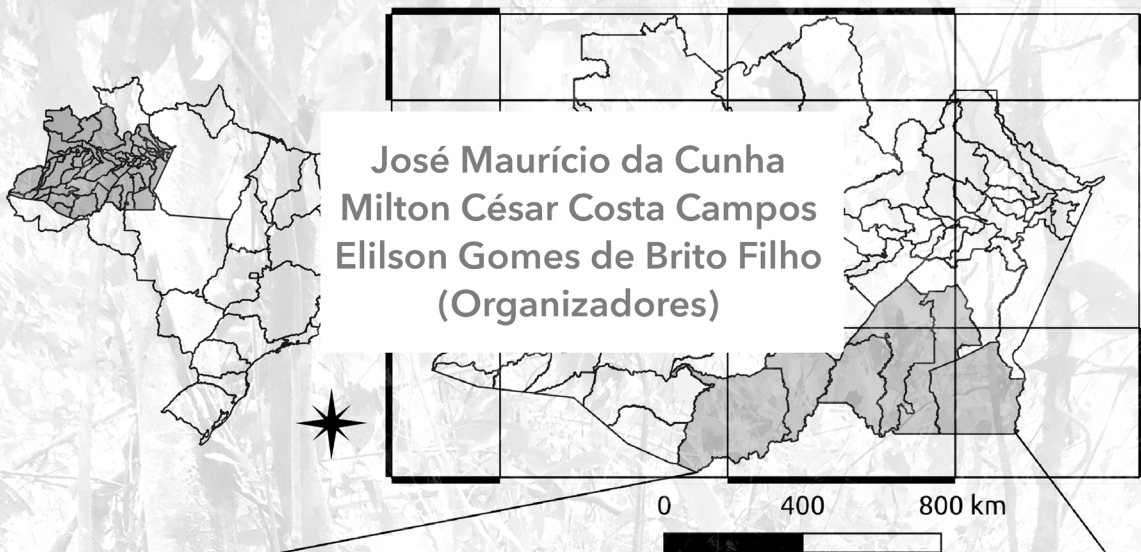


Atena
Editora

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 Internazionele 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. 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 Andreza 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

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

EMIÇÃO 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

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

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 11/05/2021

Pedro Cardoso Mota Júnior

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/0421375811578499>

Milton César Costa Campos

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

Bruno Campos Mantovanelli

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-4291-1729>

Uilson Franciscon

Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/1521927742256456>

José Mauricio da Cunha

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

RESUMO: A conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas provoca alterações significativas nos atributos do solo, associado ao crescente desmatamento na região amazônica influenciando a desestabilidade do ecossistema.

Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de terra preta de índio (TPI) sob cultivo de café Conilon. Foi demarcado um grid amostral com dimensões de 88 × 64 m, com espaçamento regular de 8 m, perfazendo um total de 88 pontos amostrais. Foram coletadas amostras estruturadas e indeformadas nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Realizaram-se as seguintes análises físicas: granulometria, estabilidade de agregados, carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstC), macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), resistência do solo à penetração (RP) e umidade volumétrica (θ). Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva e geoestatística. As TPI's apresentam grande potencial que podem subsidiar o aumento na produção, visto que estes solos apresentam excelente condição que se refere aos atributos físicos, sendo que nas camadas avaliadas estes não apresentaram nenhuma restrição e impedimento ao sistema radicular da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, atributos do solo, manejo, semivariogramas escalonados, TPI.

SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL IN AMAZONIAN BLACK SOIL UNDER COFFEE CULTIVATION

ABSTRACT: The conversion of natural ecosystems into agricultural systems causes significant changes in soil properties associated with the growing deforestation in the Amazon

region influencing the destabilization of the ecosystem. Thus, it is aimed with this study was to evaluate the spatial variability of physical attributes of the soil in black Indian land area (ICC) under Conilon coffee cultivation. It was marked a sampling grid with dimensions of 88 × 64 m, with regular spacing of 8 m, for a total of 88 sampling points, structured and undisturbed soil samples were collected in layers of 0.00 to 0.05; 0.05-0.10; 0.10- 0.20 and 0.20-0.30 m. We conducted the following physical analysis: particle size, aggregate stability, total organic carbon (TOC), carbon stock (EstC), macroporosity (MAP), microporosity (MiP), bulk density (Ds), total porosity (PT), soil penetration resistance (RP) and volumetric water content (θ). The results were submitted to descriptive statistical and geostatistical analysis. The ICC's exhibit great potential that can support the increase in production, since they have excellent soil condition that refers to physical attributes, and evaluated in these layers exhibited no constraint and hindrance to the root culture.

KEYWORDS: Geostatistics; soil properties; management; semivariogram staggered, TPI.

1 | INTRODUÇÃO

A cafeicultura, atualmente, ocupa uma área de 2,2 milhões de hectares plantados no Brasil, segundo os dados da Companhia Nacional do Abastecimento - CONAB (2016), sendo que o Brasil é maior produtor e o maior exportador mundial de café e deve colher, na safra 2015/16 mais de 40,3 milhões de sacas beneficiadas, sendo que, deste total, cerca de 81,1 % é de café Arábica e o restante de café Conilon. Em relação a produtividade a nível de Amazonas, esta não ultrapassa 9 sacas ha⁻¹, e conforme as estimativas recentes da produção, o estado aparece com uma produção muito baixa, muito em função das condições de solos, a qual praticamente não são manejados no que se refere a adubação e correção por práticas de calagem (GONÇALVES et al., 2015).

Em meio à vasta região Amazônica ocorrem áreas em que a característica original do solo foi modificada por processos antrópicos, tais solos são conhecidos como Terras Pretas de Índio (TPI) ou Terra Preta Arqueológica (TPA), podendo ser comumente encontrados na paisagem Amazônica (CAMPOS et al., 2011).

Nos últimos anos, as áreas de TPI vêm sendo constantemente exploradas de forma rudimentar, principalmente para atividades agrícolas, aos quais os processos de uso e manejo provocam alterações significativas em ambientes nativos, degradando o solo (CAMPOS et al., 2012a). A retirada da cobertura vegetal original, para implantação de culturas e práticas de manejo inadequadas, promove modificações nos atributos do solo, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à erosão hídrica (CARVALHO FILHO et al., 2009). Estudos sobre uso e manejo dos solos são de fundamental importância para adoção de sistemas produtivos mais compatíveis com a característica do ambiente avaliado (ROZANE et al., 2010).

O conhecimento da distribuição espacial dos atributos do solo em áreas naturais e antropizadas é de extrema importância, pois os processos de formação que imprimiram,

no longo do tempo, somados ao manejo realizado pelo homem, acentuam a variação dos atributos do solo e seu entendimento é fundamental para o refinamento das práticas de manejo e avaliação dos efeitos sobre o ambiente (CAMBARDELLA et al., 1994; CAVALCANTE et al., 2007). De acordo com Oliveira et al. (2015), as dificuldades encontradas em estudos de variabilidade dos atributos do solo se devem a dois fatores: primeiro, grande extensão territorial da região amazônica e poucos pesquisadores; a quantidade de amostras torna a prática onerosa, além da falta de conhecimento e a escolha de um padrão do espaçamento amostral.

Dessa forma, objetivou-se, com este estudo avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de terra preta de índio (TPI) sob cultivo de café Conilon.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada no município de Apuí, sul do estado do Amazonas, as margens da BR 230, sob as coordenadas geográficas de 07° 59' 77 S e 61° 39' 51 W e altitude média de 180 m (Figura 1). A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual variando entre 2.250 e 2.750 mm, e com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As médias anuais de temperatura variam em torno de 25° C e 27° C, e umidade relativa do ar variam entre 85 e 90% (SDS, 2004).

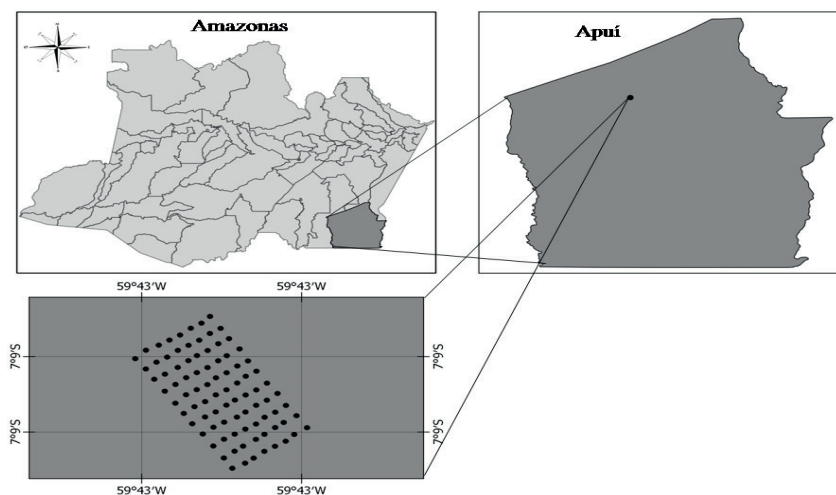


Figura 1. Mapa de localização do município de Apuí, AM e grid amostral da área de estudo.

A geologia da região de Apuí envolve o domínio geológico formado por rochas mais antigas (Proterozóicas e Paleozóicas). A vegetação característica dessa região é a Floresta

Tropical Densa, constituída por árvores adensadas e multiestratificadas de 20 a 50 m de altura, com clima úmido, elevadas temperaturas e alta precipitação (SDS, 2004).

A pesquisa foi realizada entre agosto e dezembro de 2014, sendo delimitado um grid amostral com as dimensões 88 x 64 m, com espaçamento regular de 8 m entre os pontos, perfazendo um total de 88 pontos amostrais em uma área cultivada com café Conilon. Foram coletadas amostras em estrutura preservada na forma de agregados e em anéis volumétricos nas profundidades: 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m perfazendo um total de 352 amostras.

Para determinação da estabilidade de agregados, utilizouse das amostras em estrutura preservada. A separação e a estabilidade dos agregados foram determinadas segundo Kemper e Chepil (1965). Os resultados foram expressos diâmetro médio geométrico (DMG). A análise granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, após dispersão da amostra com NaOH 1,0 mol L⁻¹ e agitação rápida (6.000 rpm), por 15 min (EMBRAPA, 2011).

A porosidade total foi determinada pelo método da saturação, que consiste na saturação das amostras antes serem levadas para a mesa de tensão. Para a quantificação da macroporosidade (MaP), está foi obtida a partir do equilíbrio do conjunto (anel-solo), após aplicada a tensão de 6 kPa em mesa de tensão. A microporosidade (MiP) foi obtida após subtração do peso do conjunto anel-solo equilibrados à 60 kPa e o seu respectivo peso seco em estufa a 105 °C. A umidade volumétrica (θ) foi obtida pela diferença entre a massa do solo úmido e a massa do solo seco em estufa a 105 °C durante 24 h (EMBRAPA, 2011). A determinação da densidade do solo (Ds) foi realizada pelo método do anel volumétrico, com coleta de amostras em estrutura preservada, em cilindros com volume médio de 98,33 cm³.

Resistência do solo à penetração (RP), foi determinada a partir das mesmas amostras coletadas para avaliação de Ds e porosidade total (PT) do solo, as quais foram determinadas em laboratório utilizando um penetrômetro eletrônico com velocidade constante de 0,1667 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm de diâmetro de base e semiângulo de 30°, receptor e interface acoplado a um microcomputador para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento (DALCHIAVON et al., 2011).

O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado por Yeomans e Bremner (1988), o estoque de carbono (EstC) foi determinado em todas as profundidades de coleta e foi calculado pela expressão (WELDKAMP, 1994), conforme equação (1).

$$\text{EstC} = \text{COT} \times \text{Ds} \times e \quad (1)$$

Em que:

COT: Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; e: espessura da camada avaliada.

Após obtenção dos dados, foram realizadas as análises exploratórias, calculando-se a média, a mediana, o desvio padrão, o coeficiente de variação (CV), de assimetria e de curtose, a partir do software estatístico Minitab 14.0 (MINITAB, 2000). O CV foi calculado com base no critério de Warrick e Nielsen (1980), que classifica o CV como baixo <12%, médio de 12% a 24% e alto >24%. Para a hipótese de normalidade, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para a caracterização da variabilidade espacial, utilizou-se a análise geoestatística. Sob a teoria da hipótese intrínseca, o semivariograma experimental foi estimado pela equação (2):

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

Onde: (h) é o valor da semivariância para uma distância h; N(h), o número de pares envolvidos no cálculo da semivariância; Z(xi), o valor do atributo Z na posição xi; Z(xi+h), o valor do atributo Z separado por uma distância h da posição xi.

Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}^{(h)}$ são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (efeito pepita, C_0 ; variância estrutural, C_1 ; patamar, $C_0 + C_1$; e alcance, a) (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985). Na determinação da existência ou não da dependência espacial (DE), utilizou-se o exame de semivariogramas, por meio do programa GS⁺ (ROBERTSON, 1998). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o melhor coeficiente de determinação (R^2). Para analisar o grau da dependência espacial (GDE) dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados dependência espacial forte os semivariogramas que têm efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar, moderada quando está entre 25% e 75% e fraca quando for maior que 75%.

Para a modelagem dos semivariograma escalonado, primeiramente foram modelados os atributos do solo no software Gs⁺, para a escolha do melhor modelo, para que se fosse obtido distância média e semivariância média de cada atributo, estes valores foram colocados em planilha Excel, para a modelagem do semivariograma escalonado pela equação (3).

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right], h \geq 0 \quad (3)$$

Onde: $C_0 + C_1$ = patamar; a = alcance do semivariograma; Exp = modelo do escolhido para modelagem dos semivariogramas escalonados; h = distância de separação entre duas observações.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos valores médios obtidos para os atributos físicos (Tabela 1), é notória

a tendência de qualidade estrutural física destes solos de TPI, muito em função de sua origem antropogênica, pois todos os parâmetros físicos avaliados estão dentro dos limites adequados para que ocorra o pleno desenvolvimento das culturas, principalmente para a cultura em questão a qual está implantada na área de estudo. Os valores médios referentes a RP indicaram aumento conforme as variações na profundidade, corroborando Rodrigues et al. (2015) no qual estudaram os atributos físicos em solos de TPI sob pastagem. Mesmo com este crescente aumento os valores encontrados estão bem abaixo do limite de 2,0 Mpa estabelecido por Araújo et al. (2004), no qual é caracterizado como prejudicial para que ocorra o crescimento e desenvolvimento radicular.

Os resultados obtidos para as variáveis de MaP, MiP, PT e umidade volumétrica, estão adequadas as condições estabelecidas por Araújo et al. (2004) que afirmam que os limites considerados ideais para o pleno desenvolvimento de plantas é de no mínimo 10% para a MaP e umidade do solo de 20 %, pois, é necessário manter o solo acima ou abaixo desses limites para garantir condições adequadas para as plantas, pois MaP inferior a 10% imprime inadequada difusão de oxigênio para atender a demanda respiratória das raízes e o adequado crescimento e atividade de micro-organismos. Outro fator que explica a natureza destas variáveis é o material orgânico presente nestes solos, o que favorece diretamente a aeração, possibilitando assim com que ocorra o equilíbrio de macroporos facilitando assim a distribuição de oxigênio e o equilíbrio de microporos (em seu limite superior de 50 μm) em condições suficientes para que ocorra o armazenamento de água e redistribuição a matriz do solo, tornando assim está água altamente retida a altas tensões disponível para o sistema radicular.

A estabilidade de agregados apresentada a partir do DMG mostra variação conforme as camadas avaliadas. Para a área de estudo, os valores de DMG obtidos estão relacionados aos baixos valores de Ds nos horizontes antrópicos, corroborando com resultados encontrados por Campos et al., (2011) e Oliveira et al. (2015), no qual estudando TPAs na região Sul do Amazonas encontraram resultados expressivos de DMG associados a baixa Ds. Estudando solos antropogênicos Campos et al. (2012b) encontraram resultados semelhantes ao deste estudo para estas variáveis descritas anteriormente, afirmando também que estes resultados estão relacionados à formação dos solos de TPI's que concentram grandes quantidades de matéria orgânica derivada da queima parcial do carvão vegetal, e conhecendo que as TPI's são formadas por um grande depósito estável de matéria orgânica, contendo aproximadamente 30% de carbono preto, originado da queima incompleta da biomassa, sendo este, um dos possíveis agentes responsáveis pela alta capacidade de estoque de nutrientes no solo, possibilitando a maior aeração e como consequência, a predominância em formações de microagregados (GLASER et al., 2000).

Estatística Descritiva	MaP	MiP	PT	RP	θ	DMG
	----- m ⁻³ m ⁻³ -----			MPa	m ⁻³ m ⁻³	mm
0,00 - 0,05 m						
Média	0,23	0,37	0,60	1,04	0,45	2,79
Mediana	0,24	0,36	0,61	1,04	0,46	2,77
Máximo	0,29	0,41	0,66	1,84	0,62	3,33
Mínimo	0,17	0,33	0,54	0,49	0,30	2,47
¹ CV (%)	13,85	5,33	4,96	29,07	18,97	7,83
Assimetria	-0,28	-0,05	-0,36	0,39	0,14	0,14
Curtose	-0,59	-0,55	-0,18	-0,01	-0,75	-0,75
² d	*	*	*	*	*	*
0,05 - 0,10 m						
Média	0,19	0,37	0,56	1,13	0,41	2,72
Mediana	0,19	0,37	0,56	1,14	0,40	2,71
Máximo	0,28	0,42	0,65	1,67	7,46	3,25
Mínimo	0,11	0,33	0,48	0,59	2,15	2,15
¹ CV (%)	22,10	6,18	7,64	21,37	28,31	9,08
Assimetria	0,09	0,38	0,01	-0,14	0,56	0,56
Curtose	-0,88	-0,35	-0,80	-0,36	0,27	0,27
² d	0,18	*	*	*	*	*
0,10 - 0,20 m						
Média	0,16	0,37	0,54	1,28	0,38	2,22
Mediana	0,17	0,37	0,54	1,25	0,37	2,21
Máximo	0,26	0,42	0,64	2,16	0,62	2,75
Mínimo	0,06	0,33	0,47	0,55	0,02	1,70
¹ CV (%)	31,67	5,38	7,87	32,45	25,54	11,88
Assimetria	-0,04	0,24	0,12	0,28	0,59	0,08
Curtose	-0,99	-0,41	-0,63	-0,63	0,20	-0,45
² d	0,19	*	*	*	*	*
0,20 - 0,30 m						
Média	0,11	0,39	0,51	1,71	0,33	2,50
Mediana	0,10	0,40	0,51	1,65	0,29	2,53
Máximo	0,17	0,43	0,54	2,56	0,53	2,83

Mínimo	0,07	0,35	0,47	1,11	0,10	1,90
¹ CV (%)	20,38	6,12	3,85	23,52	31,22	9,43
Assimetria	0,47	-0,27	-0,34	0,75	-0,08	-0,71
Curtose	-0,23	-0,71	-0,55	-0,23	0,17	0,20
² d	*	*	*	*	0,02	*

¹CV: coeficiente de variação; ²d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; *significativo a 5 % de probabilidade; MaP: Macroporosidade; MiP: Microporosidade; PT: Porosidade Total; RP: Resistência do Solo a Penetração; θ : Umidade Volumétrica; DMG: Diâmetro Médio Geométrico.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos físico-hídricos em área de Terra Preta de Índio sob cultivo de café em Apuí, AM.

Os baixos valores de Ds encontrados (Tabela 2), são resultantes dos elevados teores de carbono orgânico e de intensa atividade biológica (fauna e raízes), que constroem canais, cavidades e galerias (STEINBEISS; GLEIXNER; ANTONIETTI, 2009). Estudando Ds em solos antrópicos Campos et al. (2012b) e Rodrigues et al. (2015), também encontraram baixos índices para esta variável física, o qual atribuíram tais valores aos elevados teores de matéria orgânica desses solos, que contribuem diretamente como fator que possibilita a maior aeração do solo, ocasionando assim baixos índices para a Ds.

Os atributos granulométricos apresentados na Tabela 2, indicam a maior predominância das frações de silte e areia respectivamente, nas camadas avaliadas. A dominância da fração de areia e silte também foi encontrada por Campos et al. (2012b), estudando a caracterização de horizontes antrópicos na região de Apuí - AM, associando esta característica granulométrica com a formação destes solos e materiais constituintes.

Os teores de COT apresentaram grande variação na camada superficial (Tabela 2) corroborando com os resultados obtidos por Cunha et al. (2007) e Campos et al. (2012b) que encontraram maiores teores de carbono nos horizontes A de solos antropogênicos na região Amazônica. Esses resultados podem ser atribuídos ao carbono pirogênico (carvão) proveniente das atividades dos povos indígenas pré-colombianos, conforme destaca Glaser (2000), ou à dominância de estruturas aromáticas, com baixo grau de substituição de oxigênio (Cunha et al., 2007). O EstC apresentou um decréscimo a partir da camada de 0,2 – 0,3 m, sendo esta condição característica das TPI's, visto que em sua grande maioria o horizonte antrópico tem uma camada de aproximadamente 0,4 m, e a partir dessa redução no EstC, o fator de horizonte adjacente é uma condição que reduz estes valores, influenciado pela não ocorrência de resíduos orgânicos oriundos das ações de povos pré-colombianos, corroborando Campos et al. (2012b) estudando a caracterização de solos antrópicos.

Estadística Descritiva	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	Ds g cm ⁻³	COT g kg ⁻¹	EstC g kg ⁻¹
0,00 - 0,05 m						
Média	371,95	611,30	16,74	1,07	39,03	20,75
Mediana	370,50	612,44	16,90	1,08	36,60	19,21
Máximo	426,66	666,38	18,98	1,19	62,06	32,89
Mínimo	315,91	558,83	14,50	0,96	22,89	13,05
¹ CV (%)	6,55	3,95	6,34	5,44	29,43	27,63
Assimetria	-0,09	0,07	0,07	-0,11	0,40	0,50
Curtose	0,11	-0,01	-0,01	0,05	-1,06	-0,93
² d	*	*	*	0,14	*	0,18
0,05 - 0,10 m						
Média	417,96	568,26	13,76	1,17	35,95	20,99
Mediana	421,96	568,65	14,14	1,18	38,31	21,02
Máximo	475,98	626,65	17,16	1,39	58,65	34,61
Mínimo	358,28	508,39	9,83	0,97	12,84	6,87
¹ CV (%)	7,06	5,13	12,14	8,78	31,72	32,81
Assimetria	0,07	-0,06	-0,60	0,02	-0,41	-0,26
Curtose	-0,70	-0,69	0,06	-0,66	-0,32	-0,60
² d	*	*	0,05	*	0,00	0,00
0,10 - 0,20 m						
Média	349,49	631,15	19,34	1,23	35,24	43,40
Mediana	349,01	631,35	19,27	1,23	35,52	43,23
Máximo	414,50	680,53	24,81	1,45	47,31	62,96
Mínimo	294,74	570,45	15,05	0,93	24,24	25,71
¹ CV (%)	7,48	3,97	10,70	10,81	14,86	18,82
Assimetria	0,02	-0,01	0,40	-0,17	-0,27	-0,14
Curtose	-0,19	-0,30	0,34	-0,79	-0,18	-0,35
² d	*	*	*	*	*	*
0,20 - 0,30 m						
Média	310,96	667,12	21,90	1,34	11,67	15,73
Mediana	318,72	659,57	21,82	1,35	12,00	16,44
Máximo	422,87	758,19	28,89	1,43	18,38	24,27

Mínimo	212,92	563,99	13,14	1,25	8,51	8,51
¹ CV (%)	16,33	7,02	19,22	3,33	25,74	25,75
Assimetria	0,00	0,02	-0,17	-0,11	0,23	0,11
Curtose	-0,41	-0,39	-0,84	-0,21	-0,38	-0,60
² d	*	*	*	*	*	*

¹CV: coeficiente de variação; ²d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov; *significativo a 5 % de probabilidade; Ds: Densidade do Solo; COT: Carbono Orgânico Total; EstC: Estoque de Carbono.

Tabela 2. Estatística descritiva de atributos físicos em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café em Apuí, AM.

Conforme os resultados referentes as análises de estatística descritiva apresentados nas Tabelas 1 e 2, os valores de média e mediana apresentam distanciamento para areia e COT na camada de 0,0-0,05 m e areia e silte na camada de 0,2-0,3 m, as demais variáveis apresentaram aproximação, indicando assim a distribuição simétrica destes parâmetros, o qual são confirmados pelos valores de assimetria e curtose próximos a zero. No entanto, segundo Guimarães et al. (2010), esta variação entre média e mediana não caracterizam afastamento expressivo da normalidade, apenas evidenciam que, na natureza, não são encontradas distribuições que sejam absolutamente normais. A partir do critério de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, as informações geradas pela análise exploratória permitem afirmar que as variáveis apresentam distribuição suficientemente simétrica para o emprego das análises geoestatísticas.

A partir do coeficiente de variação (CV), percebe-se que grande parte das variáveis estudadas apresentaram baixa variabilidade dos dados (Tabelas 1 e 2), a exceção de MaP, RP, umidade volumétrica, em todas as camadas avaliadas e argila nas profundidades de 0,05-0,10 m e 0,20-0,30 m ao qual apresentaram média variabilidade, enquanto que COT e EstC nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m apresentaram alto CV. Tais resultados obtidos estão em acordo com trabalhos desenvolvidos por Cruz et al. (2010); Campos et al. (2011b) e Aquino et al. (2014), o qual afirmam que a média e baixa variabilidade dos atributos físicos deve-se à similaridade dos processos de formação destes solos antropogênicos.

A partir das análises geoestatísticas identificou-se que as variáveis físicas apresentaram grau de dependência espacial (GDE) variando entre forte apenas para MaP e RP na camada de 0,1-0,2 m enquanto que as demais variáveis apresentaram GDE médio. O processo antrópico ao qual estes solos foram submetidos ao longo dos anos, evidenciam este comportamento, ainda mais associado ao processo de ocupação agrícola que ocasiona a modificação estrutural destes solos e com este fator, acarreta em uma maior variabilidade destes solos. Oliveira et al. (2015) e Rodrigues et al. (2015), encontraram forte e médio GDE para atributos físicos em áreas de TPI's na região Sul do Amazonas.

O ajuste dos semivariogramas pela análise geoestatística evidenciou que a área

de estudo apresentou variabilidade no espaço dos atributos estudados (Tabelas 3 e 4). Os semivariogramas ajustaram-se preferencialmente aos modelos exponenciais, com valores de VC e R² acima de 0,75. O COT referente a camada de 0,10 - 0,20 m e Argila, Ds e umidade volumétrica referentes a camada de 0,20 - 0,30 m, apresentaram efeito pepita puro (EPP), ou seja, variação espacial aleatória. De acordo com Carvalho et al. (2008) a predominância do modelo matemático esférico predomina para trabalhos em ciência do solo, por outro lado destacam que os modelos de ajuste do semivariograma para as propriedades do solo mais frequentemente encontrados são os modelos esférico e exponencial.

Avaliando o alcance dos semivariogramas individuais, é possível observar que os atributos apresentaram variabilidade espacial menor que o estabelecido na malha amostral (Tabelas 3 e 4). Esses valores de alcance fornecem informações a respeito da heterogeneidade da distribuição espacial em relação às propriedades estudadas no ambiente de estudo, corroborando Oliveira et al. (2015). A distância máxima na qual os atributos estão espacialmente correlacionados, foi comparada para os diferentes atributos do solo na área estudada. A dimensão desse parâmetro indica um raio no qual os valores apresentados são correlacionados. Observou-se que os valores do alcance em sua maioria foram próximos, variando entre 15 e 56 m, o menor alcance foi encontrado para o COT, na profundidade de 0,05-0,10 m e o maior para a RP, na profundidade de 0,00-0,05m (Tabela 3 e 4). Os baixos valores de alcance obtidos, estão relacionados com a baixa territorialidade das TPI's, sendo que estes solos apresentam uma pequena extensão, e desta forma a variabilidade do alcance também é caracterizada como baixa, não se alongando a solos adjacentes, corroborando Rodrigues et al. (2015) e Oliveira et al. (2015).

Parâmetros	Map	MiP	PT	RP	θ	DMG
0,00-0,05 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	1,67	1,62	1,60	0,04	0,00	0,10
Patamar	20,57	9,55	17,64	0,22	1,62	0,11
Alcance (m)	34,50	46,30	22,80	56,10	26,10	16,20
¹ R ²	0,95	0,96	0,92	0,92	0,89	0,82
² GDE (%)	8,11	16,96	9,07	21,25	0,05	9,43
³ VC (%)	0,92	0,74	0,91	0,94	0,87	0,76
0,05-0,10 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	1,72	0,01	3,16	0,03	0,00	0,00
Patamar	25,33	11,53	17,80	0,24	1,22	0,13
Alcance (m)	29,70	22,20	20,70	43,50	27,00	21,30
¹ R ²	0,99	0,87	0,84	0,90	0,90	0,84
² GDE (%)	6,79	0,08	17,75	15,67	0,08	0,07

³ VC (%)	0,79	0,99	0,87	0,79	0,90	0,83
0,10-0,20 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	6,95	1,82	1,99	0,06	0,00	0,00
Patamar	24,80	7,44	16,84	0,17	1,66	0,09
Alcance (m)	21,90	47,70	23,10	40,50	25,20	18,00
¹ R ²	0,95	0,94	0,93	0,88	0,87	0,81
² GDE (%)	28,02	24,46	11,81	36,36	0,05	9,04
³ VC (%)	0,82	0,75	0,83	0,77	0,87	0,89
0,20-0,30 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Lin	Exp.
Efeito Pepita	0,01	0,40	0,01	0,02	-	0,02
Patamar	20,70	7,75	17,25	0,24	-	0,38
Alcance (m)	15,60	23,10	31,50	17,40	-	29,70
¹ R ²	0,88	0,91	0,93	0,90	-	0,85
² GDE (%)	0,04	22,85	0,05	8,33	EPP	5,26
³ VC (%)	0,91	0,76	0,86	0,81	-	0,76

MaP: macroporosidade; MiP: microporosidade; VTP: volume total de poros; RP: resistência do solo a penetração; θ : umidade volumétrica; DMG: diâmetro médio geométrico; Esf.: Esférico; Exp.: Exponencial; Lin: Linear; ¹R²: coeficiente de determinação; ²GDE%: grau de dependência espacial e; ³VC: validação cruzada.

Tabela 3. Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas dos atributos físico-hídricos em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café em Apuí, AM.

Parâmetros	Areia	Silte	Argila	Ds	COT	EstC
0,00-0,05 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Lin	Exp.
Efeito Pepita	1,00	1,00	0,60	0,04	-	3,90
Patamar	1045,00	1350,00	4,63	0,08	-	50,37
Alcance (m)	25,80	34,50	26,40	18,00	-	17,10
¹ R ²	0,87	0,95	0,97	0,78	-	0,85
² GDE (%)	0,09	0,07	12,95	13,45	EPP	7,74
³ VC (%)	0,97	0,99	0,75	0,80	-	0,75
0,05-0,10 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	196,00	191,00	0,01	0,03	0,10	0,10
Patamar	1246,00	1171,00	8,56	0,01	120,40	44,35
Alcance (m)	20,40	18,30	17,70	24,90	15,00	15,30
¹ R ²	0,92	0,90	0,82	0,92	0,76	0,76
² GDE (%)	15,73	16,31	1,16	12,09	8,30	2,25
³ VC (%)	0,85	0,83	0,79	0,94	0,86	0,75
0,10-0,20 m						

Modelo	Exp.	Exp.	Lin	Lin	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	74,00	71,00	-	-	9,70	18,10
Patamar	714,90	579,80	-	-	54,27	119,40
Alcance (m)	17,40	22,50	-	-	27,00	26,10
¹ R ²	0,87	0,81	-	-	0,76	0,84
² GDE (%)	10,35	12,24	EPP	EPP	0,17	0,15
³ VC (%)	0,77	0,78	-	-	0,83	0,81

0,20-0,30 m						
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
Efeito Pepita	454,00	10,00	0,01	0,01	8,10	35,90
Patamar	3546,00	3334,00	16,27	0,01	53,62	90,64
Alcance (m)	23,10	23,40	16,80	16,80	20,40	25,50
¹ R ²	0,83	0,81	0,82	0,95	0,83	0,89
² GDE (%)	12,80	0,29	0,06	0,00	15,10	39,60
³ VC (%)	0,84	0,75	0,85	0,72	0,84	0,78

Ds: densidade do solo; COT: carbono orgânico total; EstC: estoque de carbono; Exp.: Exponencial; Lin: Linear; ¹R²: coeficiente de determinação; ²GDE%: grau de dependência espacial e; ³VC: validação cruzada.

Tabela 4. Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas das frações areia, silte, argila, Ds, COT e EstC do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de café em Apuí, AM.

Os semivariogramas escalonados dos atributos físicos do solo são apresentados na Figura 2, onde para os atributos estudados o modelo que melhor se ajustou foi o modelo exponencial, tendo o grau de dependência espacial (GDE) alto para areia, silte, argila, Ds, RP, MaP, MiP, PT, θ , DMG e EstC, nas profundidades estudadas, demonstrando assim comportamento semelhante entre os atributos avaliados corroborando Oliveira et al. (2015) estudando atributos físicos de solos antrópicos na Amazônia Ocidental.

Avaliando os valores do alcance ajustados aos modelos dos semivariogramas escalonados, observou-se que o menor alcance de 18,97 m foi constatado na profundidade de 0,05-0,10m com e o maior alcance para profundidade 0,00-0,05m com 24,71m. Esses valores a partir dos semivariogramas escalonados evidenciaram que possivelmente existe maior heterogeneidade dos atributos na área de TPI, fato justificado em razão de esses solos serem formados por influência antrópica, o que ocasiona a maior variabilidade dos atributos estudados. Cabe salientar que a baixa variabilidade a partir do CV possibilita uma magnitude diferente dos dados, quando se compara com os semivariogramas escalonados estes, a partir da distribuição de frequência e posicionamento dos pontos na curva possibilitam evidenciar a possível heterogeneidade do ponto de vista espacial dos dados. Em relação ao processo de formação, apesar de terem sofridos as mesmas influencias, mas as alterações antrópicas ocasionam diferentes modificações nos atributos físicos do solo, e este fator ocasiona a heterogeneidade espacial destes solos.

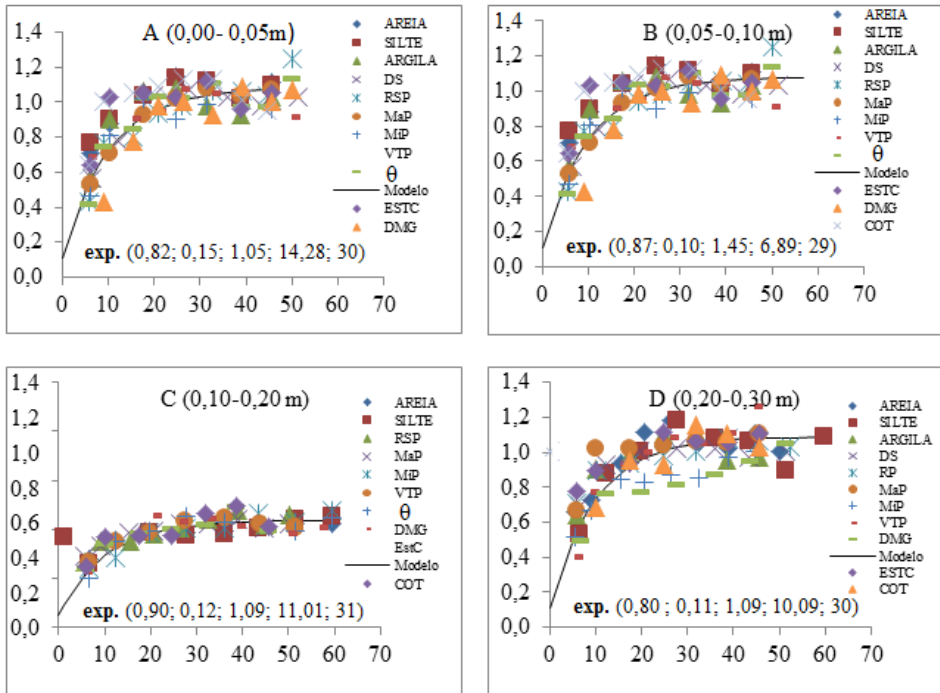


Figura 2. Parâmetros e modelos dos semivariogramas escalonados ajustados aos atributos físicos do solo em área de Terra Preta de Índio sob o cultivo de café Conilon em Apuí, Amazonas. [Modelo (efeito pepita – patamar -alcance –GDE - R^2)]. GDE = grau de dependência espacial; R^2 = Coeficiente de determinação; Ds: Densidade do Solo; COT: Carbono Orgânico Total; EstC: Estoque de Carbono; MaP: Macroporosidade; MiP: Microporosidade; PT: Porosidade Total; RP: Resistência do Solo a Penetração; θ : Umidade Volumétrica; DMG: Diâmetro Médio Geométrico.

4 | CONCLUSÕES

Os atributos físicos avaliados apresentaram estrutura de dependência espacial variando entre fraca a moderada, estando estes adequados ao modelo exponencial, caracterizados como o que melhor se adapta aos atributos físicos do solo e explicam a variabilidade espacial destas variáveis.

Os semivariogramas escalonados são valiosas ferramentas nos estudos geoestatísticos, pois com base nos valores de alcance de dependência espacial pode-se inferir adequadamente sobre o maior ou menor grau de distribuição espacial dos atributos ao longo da área de estudo, além de possibilitar relacionar com a possível relação de distribuição espacial em uma determinada unidade de espaço.

A partir dos resultados médios obtidos percebe-se que as TPI's apresentam grande potencial do ponto de vista físico do solo para que ocorra desenvolvimento do cafeeiro em seus diferentes estágios de produção, contribuindo assim diretamente com a produção.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, R. E., CAMPOS, M. C. C., MARQUES JÚNIOR, J., OLIVEIRA, I. A., MANTOVANELI, B. C., SOARES, M. D. R. 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, p. 397-406, 2014.
- ARAÚJO, M. A., TORMENA, C. A., SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.
- CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., NOVAK, J. M., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., TURCO, R. F., KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, p.1501-1508, 1994.
- 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**, v. 70, p.18-27, 2011.
- CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO, M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S., RIBEIRO FILHO, M. R., ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. Acta Amazônica, v. 42, p.387-398, 2012a.**
- 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 314 solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Agro@ambiente On-line**. v. 6, p. 102-109, 2012b.
- CAMPOS, M. C. C., SOARES, M. D. R., SANTOS, L. A. C., OLIVEIRA, I. A., AQUINO, R. E. Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 56, p. 149-159, 2013.
- CARVALHO FILHO, A., CARVALHO, L. C. C., CENTURION, J. F., BEUTLER, A. N., CORTEZ, J. W., RIBON, A. A. Qualidade física de um Latossolo vermelho férrico sob sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 43-51, 2009.
- CAVALCANTE, E. G. S., ALVES, M. C., SOUZA, Z. M., PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, p. 1329-39, 2007.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira – Café safra 2015/2016**. Segundo levantamento. v.2, 99p. 2016.
- CRUZ, J. S., ASSIS JÚNIOR, R. N., MATIAS, S. S. R., TAMAYO, J. H. C., TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana de açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, p. 271-278, 2010. 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 Amazônica**, v. 37, p. 91-98, 2007.
- DALCHIAVON, F. C., CARVALHO, M. P., NOGUEIRA, D. C., ROMANO, D., ABRANTES, F. L., ASSIS, J. T., OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 8-19, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p

GLASER, B., BALASHOV, E., HAUMAIER, L., GUGGENBERGER, G., ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, v.31, p.669-678, 2000.

GONÇALVES, E. T., CARRERO, G., GROSSI, N. T., FIGUEIREDO, V. **Guia para Produção de Café Sustentável na Amazônia: Experiência de Apuí (AM)**. Piracicaba, SP: Imaflora e Idesam, 2015. 33 p.

GUIMARÃES, R. M. L., GONÇALVES, A. C. A., TORMENA, C. A., FOLEGATTI, M. V., BLAINSKI, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas de um Nitossolo sob a cultura do feijoeiro irrigado. *Revista de Engenharia Agrícola*. v. 30, p. 657- 669, 2010.

KEMPER, W. D., CHEPIL, W. S. Aggregate stability and size distribution. In: BLACK, C.A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: ASA, v.1, p. 499-510, 1965.

MINITAB RELEASE 14.1. Statistical Software.US/ Canada. 2000.

OLIVEIRA, I. A., MARQUES JÚNIOR, J., CAMPOS, M. C. C., AQUINO, R. E., FREITAS, L., SIQUEIRA, D.S., CUNHA, J.M. 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, p. 668-681, 2015.

RODRIGUES, M. D. R., CAMPOS, M. C. C., SOUZA, Z.M., BRITO, W.B.M., FRANCISCON, U., CASTIONE, G.A.F. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem em Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 58, p. 434-441, 2015.

ROZANE, D. E., CENTURION, J. F., ROMUALDO, L. M., TANIGUCHI, C. A. K., TRABUCO, M., ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**. v. 26, p. 24-32, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SDS. **Relatório técnico síntese dos diagnósticos: Área estadual Sul de Apuí e Manicoré**. Manaus: 2004.

STEINBEISS, S., GLEIXNER, G., ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biological Biochemical**. v. 41, p. 1301-10, 2009.

TRANGMAR, B. B., YOST, R. S., UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil proprieties. **Advances in Agronomy**, v. 38, p.45-94, 1985.

WARRICK, A.W. e NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, 1980. p. 319-344.

YOEMANS, J. C., BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication Soil Science Plant Anal**. v. 19, 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