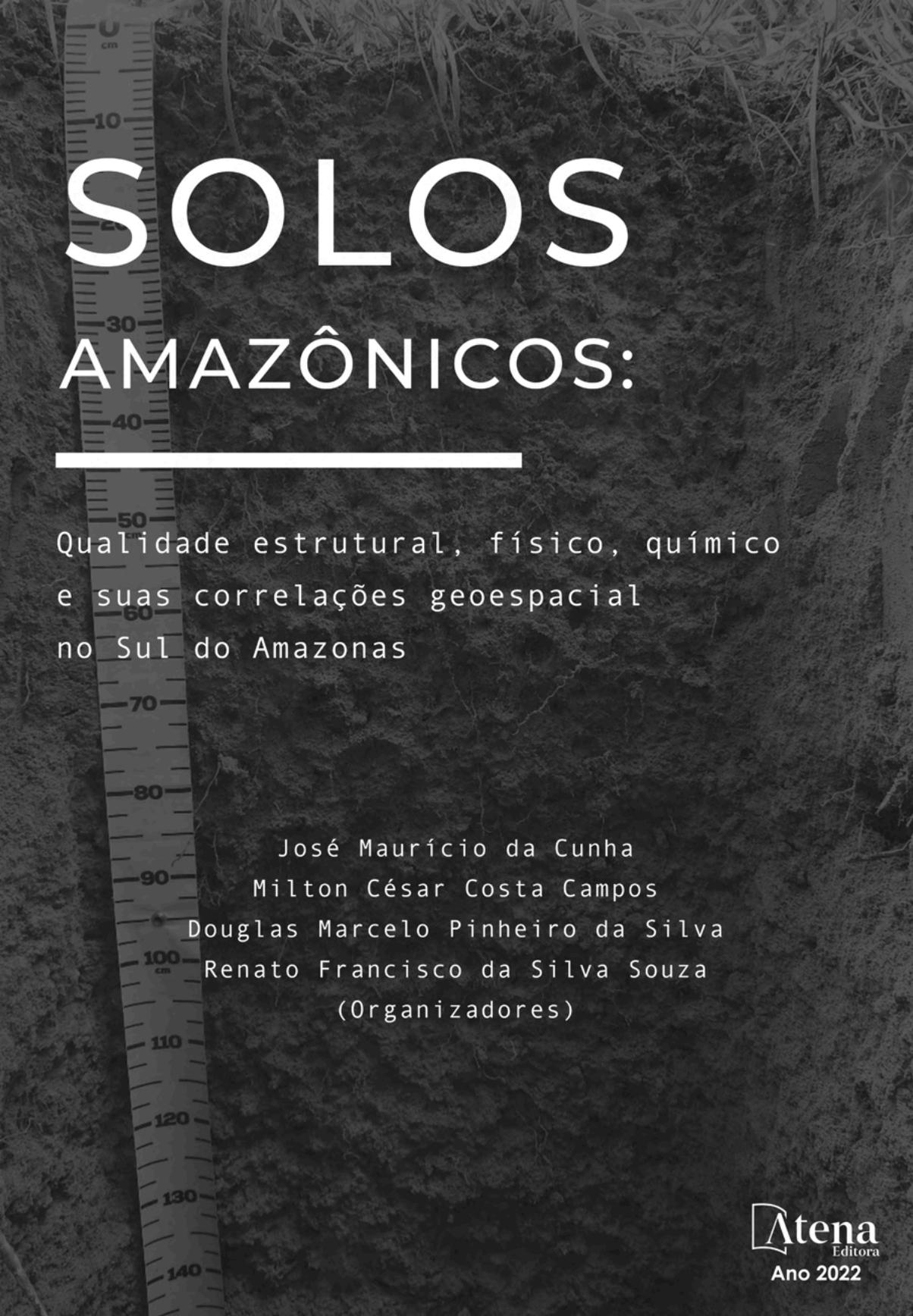




SOLOS AMAZÔNICOS:

Qualidade estrutural, físico, químico
e suas correlações geoespacial
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Renato Francisco da Silva Souza
(Organizadores)



SOLOS AMAZÔNICOS:

Qualidade estrutural, físico, químico
e suas correlações geoespacial
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Renato Francisco da Silva Souza
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

José Maurício da Cunha

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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 Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso



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. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
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. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
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



Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Renato Francisco da Silva Souza

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outro organizador
Renato Francisco da Silva Souza

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0247-3
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.473221905>

1. Solo - Uso - Amazônia. I. José Maurício da Cunha (Organizador). II. Milton César Costa Campos (Organizador). III. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva (Organizador). IV. Título.

CDD 333.75130981

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



Atena
Editora
Ano 2022

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 autoriza 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

Os estudos sobre solos da Amazônia, especialmente no Sul-sudeste do Amazonas iniciaram-se com a criação do Grupo de Pesquisa “Solos e Ambiente Amazônico” em 2009 com a implantação do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas em Humaitá, naquela ocasião conseguiu-se congregiar um pequeno grupo de estudantes e professores com trabalhos voltados para estudar as relações entre Solos e Ambiente.

O grupo Solos e Ambiente Amazônico foi crescendo e se consolidando à medida que os Projetos foram sendo aprovados (FAPEAM e CNPq), aqui destaca-se que o projeto intitulado “Impactos no solo da conversão floresta-uso agropecuário na região Sul do Amazonas” aprovado junto ao Edital - FAPESP/FAPEAM em 2009, possibilitou a criação de infraestrutura necessária a pesquisa. Em 2013 duas Dissertações de Mestrado foram defendidas junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, a saber: i) Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em Cambissolo e Argissolo na região de Humaitá, AM (Leandro Coutinho Alho); ii) Atributos do solo e emissão de CO₂ em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau na região de Apuí, AM (Douglas Marcelo Pinheiro da Silva) com total suporte da infraestrutura adquirida.

Os projetos de pesquisa aprovados auxiliaram/auxiliam o Grupo de Pesquisa a prover de equipamentos o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas e o Laboratório de Fitotecnia, o que possibilitou a realização de diversas análises vinculados a Projetos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado favorecendo a geração de conhecimento e formação de recursos humanos altamente qualificadas no interior da Amazônia. Além disso, o grupo de pesquisa também realizou Eventos Científicos e de Popularização da Ciência e publicação de Livros.

Atualmente o grupo de pesquisa coordena diversos Projetos de Pesquisa e de Popularização da Ciência, bem como orientação de trabalhos em nível de Graduação e Mestrado. Dessa forma é possível apresentar esta **Coletânea de Trabalhos em Solos e Ambiente Amazônico** oriundo de várias Dissertações de Mestrado e Tese de Doutorado. Além disso, foi possível fazer parcerias e trazer para este material iniciativas em outras regiões e instituições para colaborar com este trabalho.

O material apresentado está relacionado a duas áreas da Ciência do Solo, a primeira referente aos estudos de Solo no Tempo e no Espaço e a segunda relacionada a Processos e Propriedades do Solo. Importante destacar que no primeiro caso há investigações nos diferentes tipos de material de origem, relevo e suas influencias nos distintos tipos de solos existentes na Amazônia. E no segundo caso estudou-se as interferências das mudanças da

cobertura vegetal (usos e manejos) nos atributos físicos e químicos do solo.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) que apoiou a realização do **III Simpósio de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental**, sendo possível apresentar o material intitulado: **"Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética"**.

Milton César Costa Campos.

José Maurício do Lencó

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ERODIBILITY IN PASTURES AND FOREST AREAS IN THE MUNICIPALITY OF PORTO VELHO, RONDÔNIA

Lucivânia Izidoro da Silva
Milton César Costa Campos
Wildson Benedito Mendes Brito
José Maurício da Cunha
Alan Ferreira Leite de Lima
Abdul Luís Hassane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219051>

CAPÍTULO 2..... 31

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NA REGIÃO DE HUMAITÁ-AM

Half Weinberg Corrêa Jordão
Milton César Costa Campos
José César Frozzi
Bruno Campos Mantovanelli
José Maurício da Cunha
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219052>

CAPÍTULO 3..... 69

SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE ARGISSOLOS SOB FLORESTA E CULTIVADOS NO SUL DO AMAZONAS

Wildson Benedito Mendes Brito
Milton César Costa Campos
Fernando Gomes de Souza
Alan Ferreira Leite de Lima
Thalita Silva Martins
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219053>

CAPÍTULO 4..... 102

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB CONVERSÃO FLORESTA/PASTAGEM NO NORTE DE RONDÔNIA, BRASIL

Alan Ferreira Leite de Lima
Milton César Costa Campos
Bruna Firmino Enck
Wener da Silva Simões
Raquel Manhuary de Araújo
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219054>

CAPÍTULO 5..... 142

INFLUÊNCIA DO MANEJO E RELEVO NOS ATRIBUTOS DO SOLO E ACÚMULO DE BIOMASSA EM ÁREAS CONVERTIDAS EM PASTAGENS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Alan Ferreira Leite de Lima
Milton César Costa Campos
Thalita Silva Martins
Wildson Benedito de Mendes Brito
Lucivânia Izidoro da Silva
Erika Micheilla Brasil de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219055>

CAPÍTULO 6..... 164

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA AMAZÔNICA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SUL DO AMAZONAS, BRASIL

Fernando Gomes de Souza
Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha
Elilson Gomes de Brito Filho
Elyenayra Nogueira Pinheiro
Wildson Benedito de Mendes Brito
Alan Ferreira Leite de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219056>

CAPÍTULO 7..... 188

ESTABILIDADE DE AGREGADOS E ESTOQUE DE CARBONO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SUL DO AMAZONAS, BRASIL

Fernando Gomes de Souza
Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha
Thalita Silva Martins
Alan Ferreira Leite de Lima
Wildson Benedito de Mendes Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219057>

SOBRE OS ORGANIZADORES 213

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB CONVERSÃO FLORESTA/PASTAGEM NO NORTE DE RONDÔNIA, BRASIL

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 03/03/2022

Alan Ferreira Leite de Lima

Mestre em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas

Milton César Costa Campos

Doutor em Ciência do Solo – Universidade Federal da Paraíba

Bruna Firmino Enck

Mestre em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas

Wener da Silva Simões

Graduando em Agronomia – Universidade Federal do Amazonas

Raquel Manhuary de Araújo

Graduando em Agronomia – Universidade Federal do Amazonas

José Maurício da Cunha

Doutor em Física Ambiental - Universidade Federal do Amazonas

RESUMO: A principal causa de degradação física em áreas de pastagens é o sobrepastoreio, que aliado a solos pouco produtivos causa a perda de milhões de hectares de solos agrícolas ao ano. Com isso são necessários trabalhos que monitorem quais atributos físicos são mais sensíveis a degradação, gerando informações para que se possa propor manejos de solos, que visem aspectos econômico, social e ambiental.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar, os impactos causados nos atributos físicos do solo, em floresta convertidas em pastagens no norte de Rondônia, Brasil. O estudo foi realizado no município de Porto Velho Rondônia, em três áreas, uma com floresta e duas com pastagens (braquiária e mombaça). Em campo foram coletadas amostras de solo deformadas, na profundidade de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m nas três áreas de estudo. Em laboratório foram realizadas as análises físicas, textura, agregados e porosidade, compactação, além disso foram realizadas análise de carbono orgânico do solo. Em seguida foram realizadas as análises uni, bi e multivariada, e também a análise geoestatística. A conversão de floresta em pastagens, impactou negativamente nos agregados, compactação, porosidade e acúmulo de carbono orgânico do solo. Os ambientes estudados são influenciados pelos teores elevados de areia e argila, que interferem na agregação, compactação, porosidade e acúmulo de carbono no solo. Observamos maior variabilidade espacial dos atributos físicos no ambiente com mombaça, atribuímos isso a maior intensidade de pastejo e pisoteio animal.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação física; Estrutura do solo; Geoestatística; Agricultura de precisão.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN AREAS UNDER FOREST/PASTURE CONVERSION IN NORTHERN RONDÔNIA, BRAZIL.

ABSTRACT: The main cause of physical degradation in pasture areas is overgrazing, which combined with poorly productive soils causes the loss of millions of hectares of agricultural soils per year. Thus, studies are needed to monitor which physical attributes are more sensitive to degradation, generating information so that soil management can be proposed, aiming at economic, social and environmental aspects. Therefore, the objective of this study was to evaluate the impacts caused on the physical attributes of the soil in forests converted to pasture in the north of Rondônia, Brazil. The study was conducted in the municipality of Porto Velho Rondônia, in three areas, one with forest and two with pastures (brachiaria and mombaça). Deformed soil samples were collected in the field at a depth of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m in the three study areas. In the laboratory, physical analyses were performed: texture, aggregates and porosity, compaction, and soil organic carbon analysis. Then the uni, bi and multivariate analyses were performed, as well as the geostatistical analysis. The conversion from forest to pasture had a negative impact on aggregates, compaction, porosity and organic carbon accumulation in the soil. The environments studied are influenced by high sand and clay contents, which interfere in soil aggregation, compaction, porosity and carbon accumulation. We observed greater spatial variability of physical attributes in the Mombasa environment, which we attribute to the greater intensity of grazing and animal trampling.

KEYWORDS: Physical degradation; Soil structure; Geostatistics; Precision Agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui 162,19 milhões de hectares com pastagens, correspondendo a 19% do território. Essas áreas em média apresentam uma taxa de ocupação de 1,32 cabeça/ha e lotação: 0,93 UA/ha (ABIEC, 2019). Segundo Barbosa et al. (2014), os sistemas produtivos apresentam baixas taxas de lotação (<1 unidade animal UA/ha) e produtividade (<120 kg de peso vivo/ha). Esses sistemas se expandem para compensar essa ineficiência, o que mostra um claro reflexo da baixa adoção de tecnologias (Silva Filho et al., 2010). Estima-se que anualmente 12 milhões de hectares de solos agrícolas são perdidos devido a degradação. (Rickson et al., 2015).

Os atributos físicos do solo de maneira geral apresentam variação no espaço, tempo e dependem dos diferentes manejos aplicados em cultivos de pastagens, tendo modificações no reservatório de carbono no solo (Petter et al., 2017), densidade do solo, resistência do solo à penetração e porosidade (Silva et al., 2017), com isso, diminui a infiltração e acúmulo de água (Bonetti et al., 2019) aumentando os riscos de erosão, perda de nutrientes (Merten et al., 2015) e flutuações de temperatura do solo (Lal, 2015), que impactam o solo, cultura e ambiente (Busari et al., 2015). Por outro lado, estudos tem centrado esforços em avaliar de alterações na estabilidade de agregados e carbono do solo na região amazônica (Alho et al., 2014; Soares et al., 2016; Cunha et al., 2017), como forma de avaliar a qualidade estrutural do solo em função de diferentes manejos.

Há estudos que evidenciam que pastagens quando manejadas adequadamente, estocaram mais C (Seó et al., 2017), melhoram as condições físicas, elevando as porcentagens de agregados com maiores diâmetros (Soares et al., 2016), aumentando a retenção de água, taxa de infiltração e porosidade, além de diminuir a densidade do solo (Bonetti et al., 2019).

Na região amazônica, as pastagens são pouco desenvolvidas e mostram redução de produtividade nos primeiros anos de cultivo, principalmente por causa do sobrepastoreio, ausência ou reposição insuficiente de nutrientes e inadequação de espécies forrageiras para as condições edafoclimáticas locais (Neves Junior et al., 2013). Diante disto, são necessários estudos que avaliem os impactos gerados nos atributos físicos do solo, em áreas de florestas convertidas em pastagem, e com isso gerar informações relevantes na região de estudo, para que se possa propor manejos de solos, que visem aspectos econômico, social e ambiental. Em contrapartida, quando se observa os processos de conversão floresta em pastagens, verifica-se impactos nos atributos físicos do solo de diversas ordens, que dependerão do manejo adotado nas áreas após a conversão. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar, os impactos causados nos atributos físicos do solo, em floresta convertidas em pastagens no norte de Rondônia, Brasil.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no distrito União Bandeirantes localizado no município de Porto Velho, Rondônia, Brasil (Figura 1), em três áreas, sendo duas áreas sob cultivo de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) e uma área de floresta nativa.

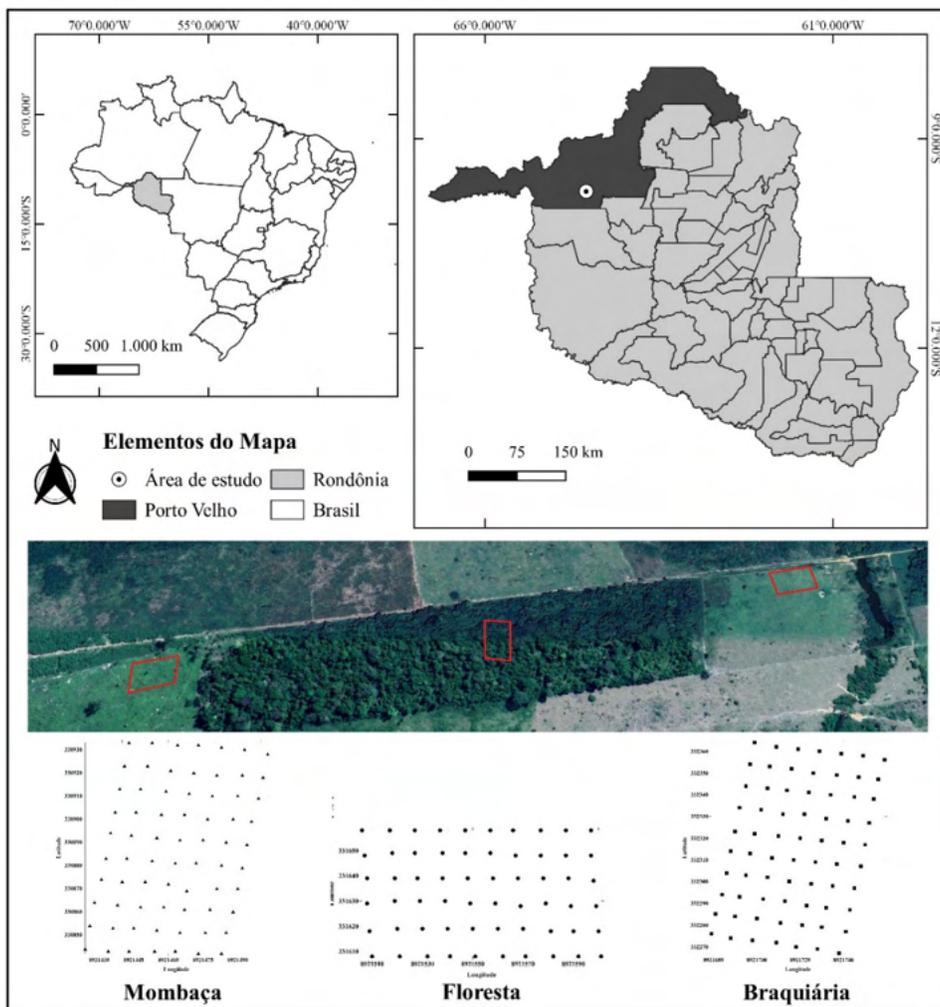


Figura 1. Mapa de localização e malha de amostragem da área de estudo em Porto Velho, Rondônia.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção). A região apresenta uma estação seca de pequena duração entre os meses de junho a setembro. A pluviosidade anual varia de 2.500 a 2.800 mm. A temperatura anual está entre 24 a 26° C. A umidade relativa é bastante elevada, variando entre 85% a 90% na época chuvosa e entre 60 a 70% na época seca. (Alvares et al., 2013). A tipologia da vegetação é denominada, floresta ombrófila densa, constituída por árvores adensadas e multiestratificadas de 25 a 30 m de altura (Perigolo et al., 2017).

A área de estudo situa-se sobre os tabuleiros da depressão Amazônica, o relevo

regional, apresenta superfície suave ondulada, com altitude variando de 100 a 200 m. Os solos encontrados são desenvolvidos a partir de coberturas sedimentares indiferenciadas, associadas a ambientes de leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e lagos, constituídas por sedimentos cuja granulometria varia de cascalho a argila, com lateritização significativa (Adamy, 2010).

Os solos para os diferentes usos possuem relevo local variando de plano a suave ondulado e bem drenados. São classificados como Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura argilosa segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018).

Para implantação das áreas de pastagem foram realizadas desmatamento com sucessivas queimadas ao longo do tempo, as queimadas tiveram o intuito de facilitar a limpeza para posterior semeadura das forragens. Ao todo são 110 animais criados em toda a área de 44,28 ha, que ficam 45 dias alterando entre o piquete com braquiária e o piquete com mombaça. A área com braquiária possui 26,36 ha, foi implantada em 2008, ficou um ano sem uso e foi usada com pouca frequência até 2010, após isso utilizou-se 4,5 animais ha. A área com mombaça possui 17,92 ha, foi introduzida em 2007, ficou três anos sem uso, após isso utilizou-se 6,14 animais por hectare no rodízio de 45 dias entre a braquiária.

2.2 Metodologia de campo

Em campo foi estabelecida uma malha de 90 x 60 m para as áreas com braquiária e mombaça, e 90 x 50 m para a área de floresta com espaçamento regular de 10 m entre os pontos amostrais. Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento das malhas, sob as profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, perfazendo um total de 60 pontos amostrais para área de floresta e 70 pontos para as áreas de pastagens, totalizando 400 amostras ao todo.

Os pontos de cruzamento das malhas foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação (MDE). Nos mesmos pontos amostrados foram realizados o levantamento altimétrico para fins de estudo do relevo nas malhas.

Para obtenção das amostras nos pontos de cruzamento das malhas, foram coletadas em cada área, amostras com estrutura preservada em forma de torrões e anéis volumétricos de 4,0 cm de altura e 5,1 cm de diâmetro interno. Essas amostras foram utilizadas para a determinação do carbono orgânico e as propriedades físicas do solo.

2.3 Análise de laboratório

Em cada ponto amostral foram coletadas amostras de solos, na forma de torrão, em seguida foram secas à sombra e destorroadas, de forma manual, passando-as num conjunto de peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, 4,76 mm de diâmetro e de 2,00 mm de diâmetro. Após o solo passar por esse processo de destorroamento, foram realizadas

as análises físicas, segundo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017). Foram realizadas as análises de estabilidade de agregados, diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), classes de agregados >2 mm, de 1-2 mm e <1 mm com o solo que ficar retido na malha de 4,76 mm. Uma parte do torrão dessas amostras de solos foram separados e destorroados, os solos que passaram na peneira de malha 2 mm foram utilizados para as análises granulométricas areia, silte e argila. Com os anéis volumétricos foram realizadas as análises de resistência do solo a penetração (RSP), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), microporosidade (MiP) e macroporosidade (MaP) e Umidade gravimétrica (Ug).

A determinação da estabilidade dos agregados do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas segundo Kemper & Chepil (1965), a qual colocou-se as amostras sobre um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; e 0,063 mm e submetendo-as a oscilações verticais durante 15 minutos numa frequência de 32 oscilações por minuto. Os resultados serão expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras para >2 mm, de 1-2 mm, <1 mm e posteriormente serão calculados o DMP, através da fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998), e DMG segundo Schaller & Stockinger (1953), citados por Alvarenga et al. (1986), de acordo com as equações:

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^N n_i D_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

$$DMG = 10^{\frac{\sum_{i=1}^N n_i \log D_i}{\sum n_i}} \quad (2)$$

em que:

n_i = porcentagem de agregados retidos em uma determinada peneira;

D_i = diâmetro médio de uma determinada peneira;

N = número de classes de peneiras.

A análise textural do solo foi determinada utilizando o método da pipeta, com solução de NaOH 1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação mecânica utilizando o agitador tipo Wagner, em aparato de rotação lenta por 16 horas a 50 rpm. As areias, grossa e fina, foram separadas por tamisação, a fração argila e silte foram separadas por sedimentação.

Para as determinações da RSP, Ds, Pt, MiP, MaP e Ug, as amostras coletadas em anéis volumétricos foram saturadas por capilaridade, até cerca de dois terços da altura do anel, de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras foram pesadas e levadas à mesa de tensão, para obtenção da MiP, sendo submetidas a uma tensão de -6 KPa para retirar a água presente nos macroporos. Após atingirem o equilíbrio em um potencial matricial de -0,006 MPa, as amostras foram novamente pesadas e, em

seguida, foram feitas as medidas da resistência do solo à penetração (RSP), utilizando-se um penetrógrafo eletrônico de bancada (MA-933, Marconi, SP, BR). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa a 105 °C para a determinação da Ug, Ds e Pt, pelo método do anel volumétrico, já a MaP foi determinada pela diferença entre Pt e MiP.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado no método via úmida de acordo com Walkley-Black, modificado por Yeomans & Bremner (1988). Onde o carbono orgânico do solo é oxidado com uma mistura de dicromato de potássio a 0,0667 mol L⁻¹, utilizou-se como indicador a difenilamina 1% e sulfato ferroso amoniacal a 0,102 mol L⁻¹ como titulante.

2.4 Análises estatística uni, bi e multivariada

Com a obtenção dos atributos físicos e o carbono orgânico, os dados foram submetidos às análises univariada, bivariada e multivariada, no software estatístico Statistica 7 (Statsoft, 2004).

A estatística univariada dos dados foi realizada por meio da estatística descritiva onde foram calculadas a média, mediana, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e curtose. Além disso, foram confeccionados os gráficos de boxplot, com intuito de representar as estatísticas descritivas e distribuição primária dos dados. As comparações das médias das variáveis dentro de cada ambiente estudado foram analisadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As hipóteses de normalidade dos dados dentro de cada ambiente foram testadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

A estatística bivariada foi utilizada para verificar a correlação entre duas variáveis diferentes par a par, afim de estudar a influência direta ou antagônica de uma na outra. Na avaliação foi utilizado o teste de correlação de Pearson a 5% de probabilidade entre todas as variáveis estudadas.

Para as análises multivariadas, foi realizada análise fatorial dos componentes principais (ACP), aos quais foram realizadas a fim de encontrar significância estatística dos conjuntos dos atributos físicos e carbono orgânico do solo que mais discriminam os ambientes, com relação as diferentes áreas em estudo, obtendo como resposta quais são os ambientes cujos atributos sofrem maior influência pela ação antrópica.

A adequabilidade da análise fatorial foi feita pela medida de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que avalia as correlações simples e parciais das variáveis, e pelo teste de esfericidade de Bartlett, ao qual se pretende rejeitar a igualdade entre a matriz correlação com a identidade. A extração dos fatores foi realizada pela análise de componente principal, incorporando as variáveis que apresentaram comunalidades igual ou superior a cinco (5,0). A escolha do número de fatores a ser utilizado foi feita pelo critério de Kaiser (fatores que apresentam autovalores superiores a 1,0). A fim de simplificar a análise fatorial, foi feita a rotação ortogonal (varimax) e representada em um plano fatorial das variáveis e dos escores para os componentes principais (Burak et al., 2010).

2.5 Análise geoestatística

A geoestatística foi usada para avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos e carbono orgânico do solo para todas as variáveis em todas as áreas estudadas, e também foi utilizada para avaliar os fatores (F1 e F2) obtidos pela análise fatorial. Para se fazer a análise geoestatística, foi necessário saber se há dependência espacial ou não dos atributos estudados, onde foi verificado por meio do gráfico do semivariograma. Com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual o semivariograma é estimada por:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2\eta(h)} \sum_{i=1}^{\eta(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (3)$$

sendo:

$\hat{\gamma}(h)$ = valor da semivariância para uma distância h ;

$\eta(h)$ = número de pares envolvidos no cálculo da semivariância;

$Z(x_i)$ = valor do atributo Z na posição x_i ;

$Z(x_i+h)$ = valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x_i .

O ajuste dos semivariogramas foram feitos com base no melhor coeficiente de determinação (R^2) e validação cruzada (VC), estimados pelo Software GS+ 7.0 (Gamma Design, 2004). A partir desses ajustes, foram definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma: efeito pepita (C_0) = valor da semivariância para a distância zero, que representa o componente da variação ao acaso; variância estrutural (C_1); patamar ($C_0 + C_1$) = valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; e alcance (a) = distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (Trangmar et al., 1985).

Para a análise do grau de dependência espacial (GDE) dos atributos em estudo, foi utilizado a classificação de Cambardella et al. (1994), em que as propriedades do solo são consideradas com dependência espacial forte se a razão do efeito pepita (C_0) em relação ao patamar (C_0+C_1) for menor que 25%. Se a razão estiver entre 26 a 75%, a dependência espacial é considerada moderada, enquanto que, se a propriedade do solo for maior que 75% a aproximadamente 95%, classificam-se como dependência espacial fraca.

Após o ajuste dos modelos matemáticos permissíveis, foram feitas as interpolações dos dados, por meio da krigagem no software Surfer versão 13.0 (Golden Software Inc., 1999). A construção dos mapas de Krigagem possibilitou verificar e relacionar espacialmente os atributos químicos.

Neste trabalho, foram utilizados os semivariogramas escalonados para todos as variáveis em cada área e profundidade estudada com o objetivo de reduzi-los à mesma escala, facilitando a comparação entre resultados de diferentes áreas (Ceddia et al.,

2009). Os semivariogramas experimentais foram escalonados por meio da divisão das semivariâncias pela variância estatística (Guimarães, 1993). A escolha do modelo de semivariograma escalonado que melhor se ajustou aos dados foi realizada com base no R² e validação cruzada (VC), além do conhecimento prático do comportamento dos atributos nos ambientes.

Pelo alcance dos semivariogramas de cada variável, foi determinado o número mínimo de amostras para que seja possível promover a caracterização da variabilidade espacial de cada atributo estudado individualmente (Oliveira et al., 2015a). Essas informações possibilitaram o cálculo do número mínimo de amostragem do solo e para determinar a variabilidade de todos os atributos em ambas às profundidades nos três ambientes estudados.

$$N = \frac{A}{a^2/10.000} \quad (2)$$

em que:

N = número mínimo de amostras necessárias para a determinação de uma malha de amostragem;

A = área total, em ha;

a = o alcance do semivariograma, em m.

3 | RESULTADOS

3.1 Conversão floresta em pastagem

Ao observarmos a dispersão das variáveis (Tabela 1), percebe-se que, o coeficiente de variação (CV), apresentou valores variando de 3,19 a 88,77% sendo classificado como baixo (<12%), médio (12 a 60%) e alto (>60%) (Warrick e Nielsen 1980). Areia, argila, Ds, Ug, Pt e MiP em todas as áreas e profundidades, classe de agregados >2mm e DMG nas três áreas na profundidade de 0,00-0,10 m e DMP na área de floresta e mombaça em todas as profundidades e na área de braquiária na profundidade de 0,00-0,10 m apresentaram CV classificado como baixo. O silte, MaP, RSP, COT para todas as áreas nas profundidades estudadas e as classes de agregados >2mm, 1-2mm, <1mm e DMG nas três áreas na profundidade de 0,10-0,20 m e DMP na profundidade de 0,10-0,20 m na área de braquiária apresentaram CV classificado como médio. Foram observados valores de CV alto apenas para classes de agregados 1-2mm na profundidade de 0,00-0,10 m nas três áreas estudadas e para classe <1mm na profundidade de 0,00-0,10 da área de floresta.

Ao avaliarmos a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 5% de probabilidade, verificou-se que a maioria das variáveis apresentaram distribuição normal, exceto para classes de agregados >2mm, 1-2mm, <1mm e DMP na área de floresta

na profundidade de 0,00-0,10 m, para Ug na profundidade de 0,10-0,20 m de floresta e braquiária e nas duas profundidades de mombaça e para Pt e Mip na profundidade de 0,10-0,20 m na áreas de mombaça. A assimetria dos dados apresentou valores variando de -1,25 a 0,99. Os valores de assimetria maiores que zero encontrados indica que os dados possuem distribuição assimétrica à direita enquanto os negativos indicam que possuem distribuição assimétrica à esquerda. Para curtose observamos valores variando de -1,35 a 2,53, esses valores devem ser preferencialmente nulos, entretanto é aceitável valores entre -2 a +2 (Negreiros Neto et al. 2014).

Ao avaliarmos a diferença na textura para os três ambientes estudados, observa-se que todas as áreas nas profundidades estudadas apresentaram diferença estatística (Figura 2). A área de floresta apresentou os menores teores de areia (543,70 e 476,22 g kg⁻¹) nas duas profundidades avaliadas, entretanto apresentou os maiores teores de silte (52,31 e 63,42 g kg⁻¹) e argila (399,71 e 458,65 g kg⁻¹) nas duas profundidades estudadas. A área de braquiária apresentou os maiores teores de areia (693,28 e 643,55 g kg⁻¹) e os menores de silte (26,24 e 33,01 g kg⁻¹) e argila (279,53 e 320,60 g kg⁻¹) para as duas profundidades estudadas. A área com mombaça apresentou teores intermediários em relação as outras áreas em todas as profundidades estudadas.

Parâmetros	Areia	Silte	Argila	Classes de agregados (%)			DMG	DMP	Ds	Ug	Pt	MiP	MaP	RSP	COT
				>2	1-2	<1									
				mm	mm	mm									
									kg kg ⁻¹						
														kgf	g kg ⁻¹
Floresta															
Profundidade 0,00-0,10 m															
CV	7,48	44,88	11,08	5,72	88,77	80,84	10,33	5,12	11,34	7,48	8,18	11,19	26,84	52,46	17,49
Assimetria	0,51	0,17	-0,26	-0,88	0,38	0,53	-1,10	-1,25	-0,16	0,09	-0,25	-0,21	0,28	0,28	0,36
Curtose	-0,10	-0,99	-0,84	-0,26	-1,35	-1,19	0,59	1,29	-0,97	-0,04	0,46	-0,71	-0,35	-1,02	-0,09

KS	0,13*	0,10*	0,11*	0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,14*	0,20 ^{ns}	0,09*	0,14*	0,12*	0,14*	0,10*	0,09*	0,08*
Profundidade 0,10-0,20 m															
CV	7,46	43,18	8,98	12,28	58,71	51,72	18,21	10,35	7,25	5,87	6,98	5,81	35,51	39,82	14,05
Assimetria	0,38	0,07	0,16	-0,36	0,27	0,48	-0,53	-0,64	-0,13	0,41	0,46	0,15	0,38	0,52	0,43
Curtose	-0,43	-1,11	-0,04	-1,03	-1,31	-0,95	-0,63	-0,30	0,66	0,35	-0,03	-0,71	-0,45	-0,43	-0,31
KS	0,09*	0,08*	0,07*	0,09*	0,11*	0,11*	0,10*	0,12*	0,07*	0,18 ^{ns}	0,12*	0,11*	0,12*	0,09*	0,09*
Braquiária															
Profundidade 0,00-0,10 m															
CV	5,66	36,12	11,72	4,87	68,99	45,87	10,31	4,73	11,35	11,69	11,11	11,55	33,78	35,40	22,64
Assimetria	-0,64	0,58	0,37	-0,40	0,43	0,53	-0,41	-0,88	-0,24	0,48	0,30	0,18	0,55	0,09	0,77
Curtose	0,88	-0,36	-0,36	-0,85	-1,03	-0,46	-0,61	0,42	-0,63	-0,43	-0,82	-0,24	-0,19	-0,98	0,56
KS	0,08*	0,14*	0,08*	0,12*	0,12*	0,08*	0,10*	0,11*	0,09*	0,12*	0,10*	0,08*	0,13*	0,11*	0,07*
Profundidade 0,10-0,20 m															
CV	4,48	39,79	9,81	16,75	42,56	54,57	23,44	16,97	7,54	5,24	8,92	7,28	38,80	28,96	23,64
Assimetria	-0,11	0,83	-0,42	-1,02	-0,03	0,67	-0,30	-1,22	-0,57	-0,99	0,34	-0,10	0,42	0,08	-0,46
Curtose	-0,25	0,32	-0,02	0,76	-1,20	-0,71	0,66	1,19	0,22	2,53	-0,14	-0,45	-0,75	-0,75	-0,23
KS	0,08*	0,10*	0,09*	0,12*	0,10*	0,14*	0,10*	0,15*	0,12*	0,22 ^{ns}	0,16*	0,10*	0,13*	0,06*	0,09*
Mombaça															
Profundidade 0,00-0,10 m															
CV	7,83	40,65	10,02	4,38	74,89	49,69	8,50	3,19	10,46	11,49	10,84	7,25	25,47	28,18	22,60
Assimetria	-0,17	0,47	0,03	-0,80	0,62	0,36	-1,14	-0,57	-0,52	0,99	0,72	0,41	0,51	0,25	0,17
Curtose	0,86	-0,91	-0,92	-0,34	-0,92	-1,12	1,05	-0,66	-0,27	-0,09	-0,18	0,08	-0,44	-0,73	-0,32
KS	0,07*	0,13*	0,07*	0,15*	0,16*	0,11*	0,13*	0,13*	0,10*	0,20 ^{ns}	0,15*	0,14*	0,11*	0,07*	0,09*
Profundidade 0,10-0,20 m															
CV	7,87	37,20	8,94	14,91	43,43	45,34	17,93	11,54	5,16	4,90	6,04	5,05	27,14	31,36	23,55
Assimetria	-0,81	0,16	0,11	-0,14	0,10	0,23	0,22	-0,19	-0,64	0,54	0,75	-0,14	0,48	0,42	0,39
Curtose	0,95	-1,16	-0,24	-0,53	-0,95	-1,15	-0,63	-0,66	-0,23	0,35	-0,29	1,35	-0,55	-0,46	-0,17
KS	0,12*	0,10*	0,06*	0,07*	0,07*	0,10*	0,06*	0,07*	0,11*	0,20 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,11*	0,07*	0,07*

CV = Coeficiente de Variação; KS = Kolmogorov Smirnov; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; * significativo a 5 de probabilidade;

Tabela 1. Análises descritiva e teste de normalidade dos dados, para os atributos físicos e carbono orgânico do solo em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia.

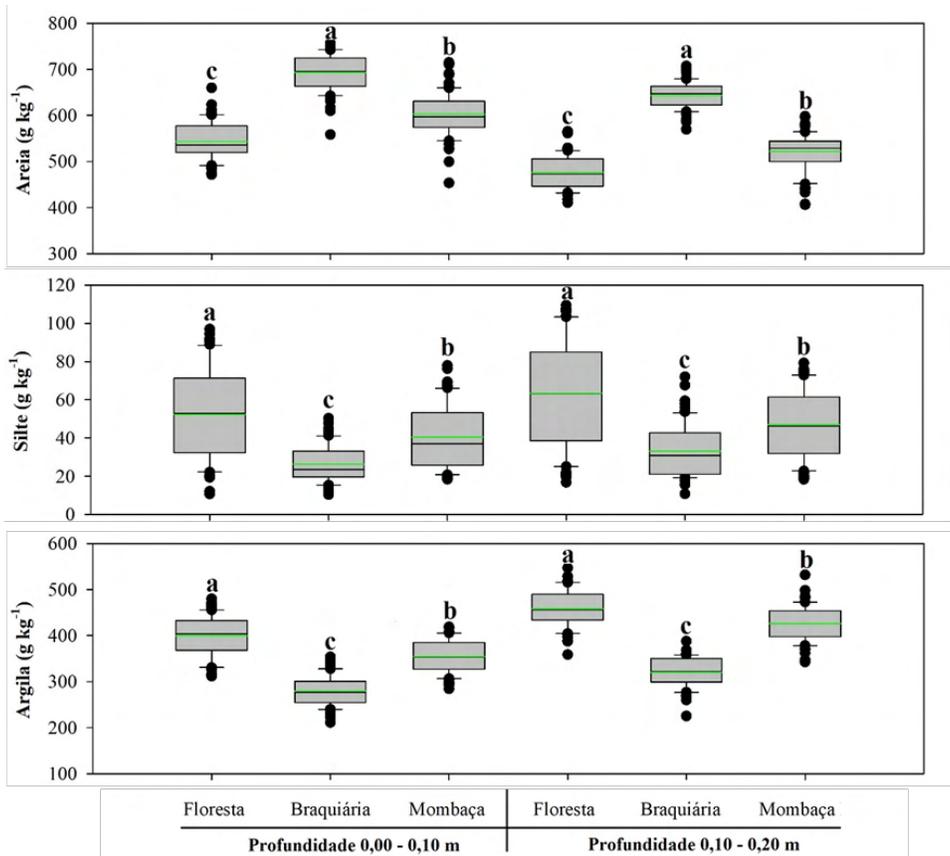


Figura 2. Boxplot e teste de média da textura do solo em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia. A linha verde indica o valor médio dos dados. Letras minúsculas diferentes representa que houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

Os agregados apresentaram diferença significativa para as classes >2mm, <1mm e de 1-2mm na profundidade da 0,10-0,20 m. Foram evidenciados os maiores valores para área de floresta (94,19 e 83,07 %) em relação as áreas de braquiária (91,89 e 76,97 %) e mombaça (93,78 e 77,08 %) nas duas camadas estudadas para a classe >2mm. Entretanto a área com mombaça se aproxima mais ao ambiente de pastagem (Figura 3). Para classe 1-2mm e <1mm os ambientes com pastagens nas duas camadas apresentaram os maiores valores em relação a floresta, sendo que a área com mombaça apresentou maiores valores da classe 1-2mm (1,69 e 7,86 %) e a área de braquiária da classe <1mm (6,22 e 17,13 %). Esses valores encontrados nas áreas de pastagens em relação a floresta não são indicativos de qualidade, mas sim de degradação, já que indicam que esses ambientes possuem maior porcentagem de agregados de menores diâmetros.

Em relação ao DMG e DMP a área de floresta apresentou os maiores diâmetros (DMG 2,99 e 2,48 mm; DMP 3,19 e 2,88 mm) em relação a pastagens nas duas profundidades

avaliadas, entretanto a pastagem com mombaça (DMG 2,95 mm; DMP 2,33 mm) na profundidade de 0,00-0,10 m aproximou-se mais ao ambiente de floresta. A pastagem com braquiária (DMG 2,76 e 2,22 mm; DMP 3,11 e 2,67 mm) apresentou os menores diâmetros de agregados em todas as profundidades estudadas (Figura 3).

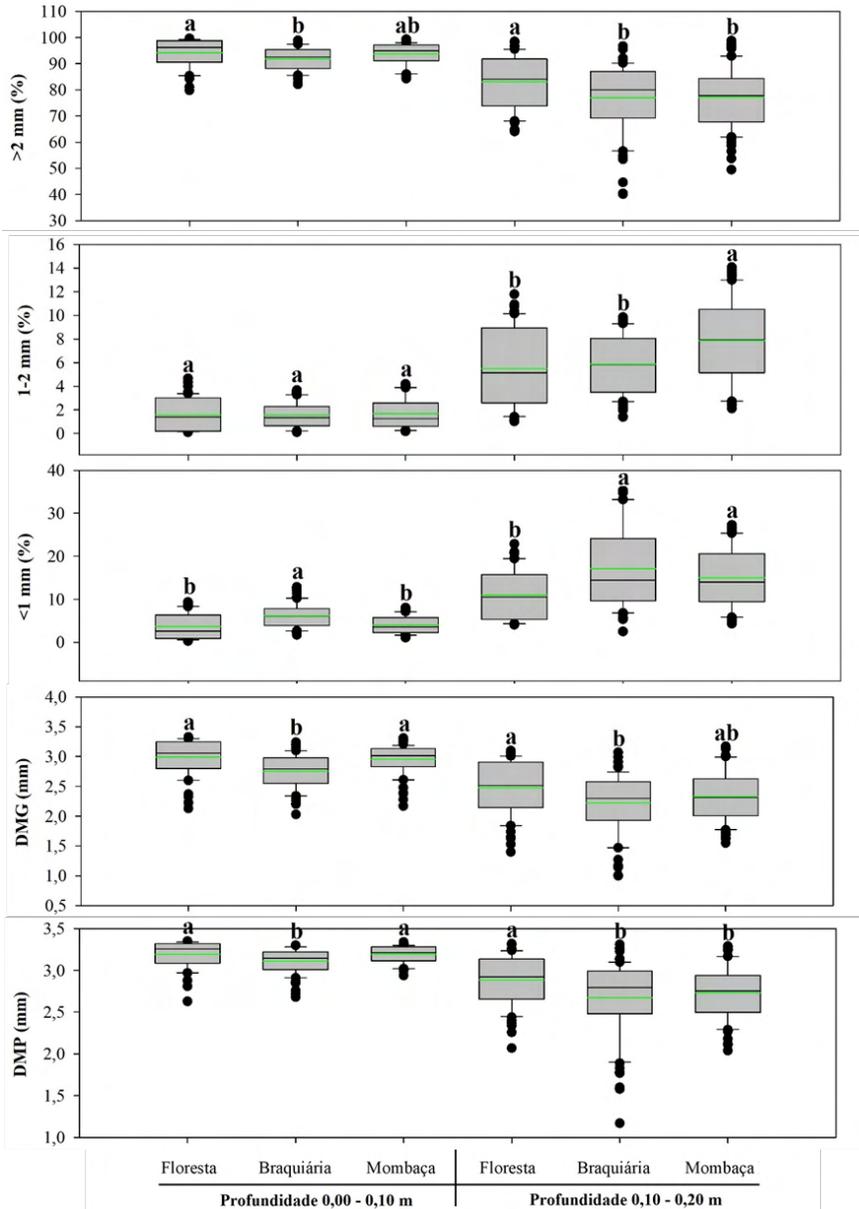


Figura 3. Boxplot e teste de média dos agregados do solo em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia. A linha verde indica o valor médio dos dados. Letras minúsculas diferentes representa que houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

Ao estudarmos a porosidade do solo observamos que a área de floresta apresentou os maiores valores de Pt (0,51 e 0,45 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), MiP (0,30 e 0,35 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em todas as profundidades estudadas e de MaP (0,21 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) na profundidade de 0,00-0,10 m, em comparação as áreas de pastagens. Dentre os cultivos de pastagens a área com mombaça apresentou maiores valores de Pt (0,46 e 0,43 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), MiP (0,30 e 0,31 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e MaP (0,16 e 0,12 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em todas as profundidades estudadas respectivamente (Figura 4).

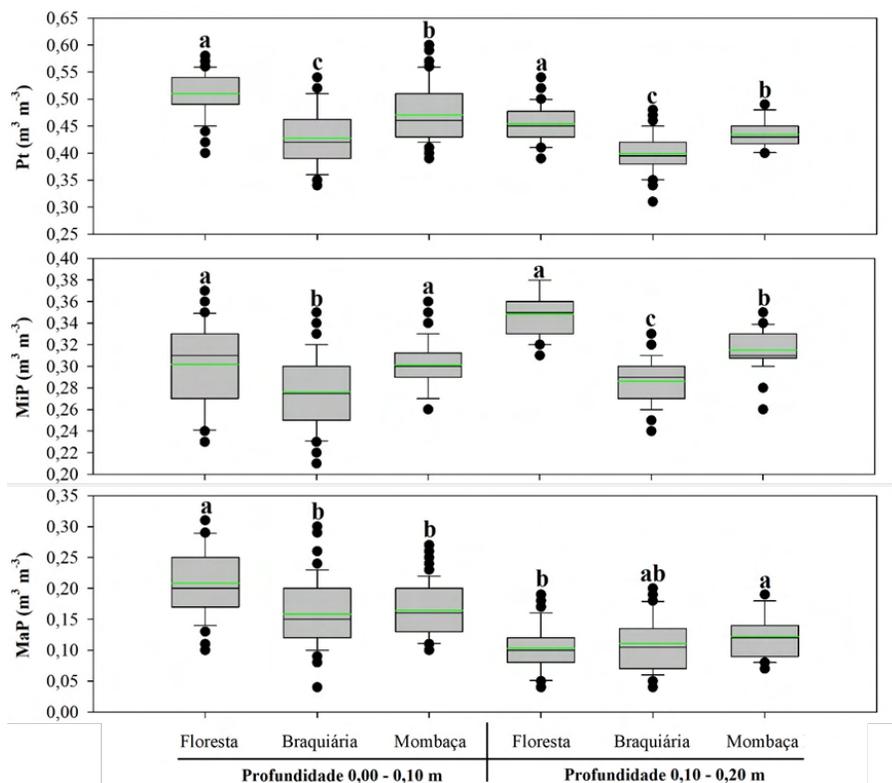


Figura 4. Boxplot e teste de média da porosidade do solo em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia. A linha verde indica o valor médio dos dados. Letras minúsculas diferentes representa que houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

O ambiente de floresta apresentou os menores valores de Ds (1,16 e 1,40 g cm^{-3}) nas duas profundidades e RSP (1,05 MPa) na profundidade de 0,00-0,10 m, entretanto apresentou os maiores valores de RSP (2,00 MPa) na profundidade de 0,10-0,20 m, Ug (0,26 e 0,25 kg kg^{-1}) e COT (23,88 e 18,09 g kg^{-1}) em todas as profundidades estudadas, em comparação aos ambientes de pastagens (Figura 5). O ambiente sob cultivo de mombaça apresentou valores intermediário entre as áreas, se aproximando ao ambiente de floresta, para os atributos Ds (1,32 e 1,45 g cm^{-3}), Ug (0,23 e 0,22 kg kg^{-1}) e COT (21,58 e 10,65 g kg^{-1})

kg⁻¹). Já o ambiente de braquiária apresentou maiores valores de Ds (1,39 e 1,51 g cm⁻³) e os menores valores de Ug (0,20 e 0,19 kg kg⁻¹) e COT (21,28 e 8,75 g kg⁻¹). Apesar disso os valores de Ds nas áreas estão abaixo do limite crítico (1,75 g cm⁻³) (Neves Junior et al., 2013). Para RSP entre as áreas de pastagens não houve diferenças significativas.

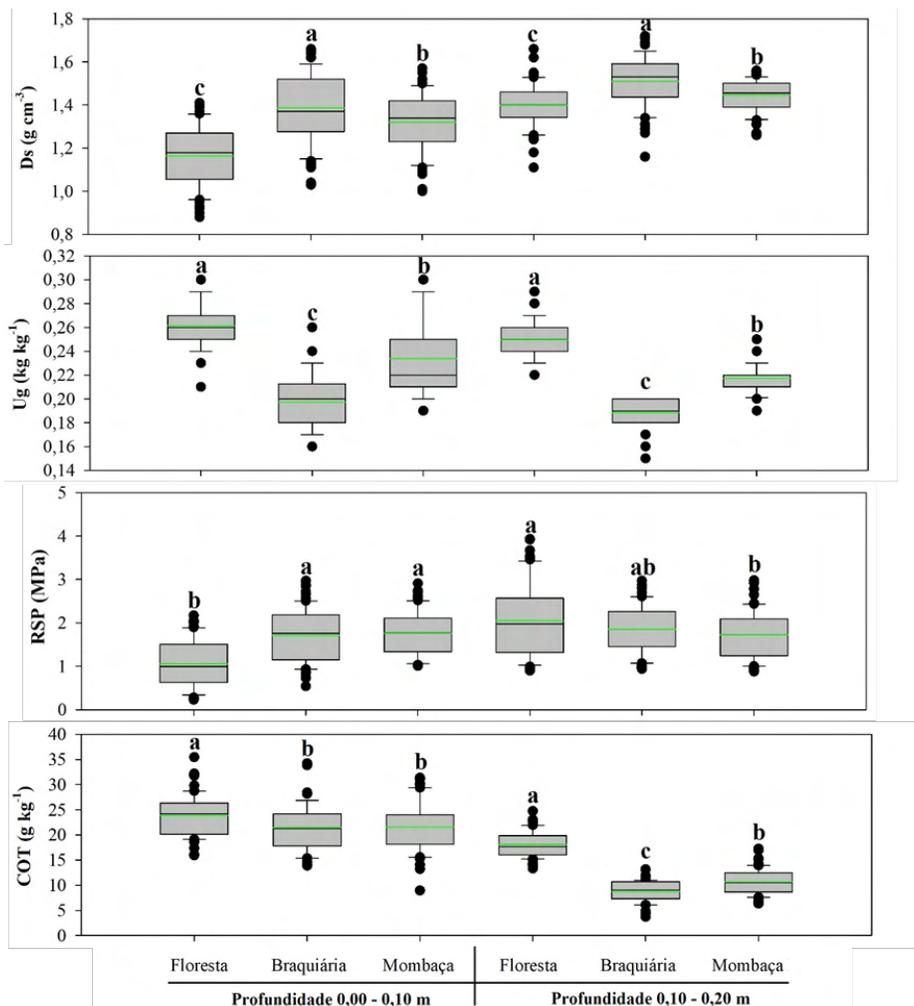


Figura 5. Boxplot e teste de média da densidade, umidade, resistência a penetração e carbono orgânico do solo em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia. A linha verde indica o valor médio dos dados. Letras minúsculas diferentes representa que houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

3.2 Interações ambientes e atributos físicos do solo

Ao observarmos a textura do solo (Tabela 2), verificamos que a areia na área de floresta e mombaça, apresentou correlação positiva com a classe de agregados >2mm,

DMG, DMP, Pt, MaP e COT enquanto que, para as classes 1-2mm, <1mm, Ds, MiP e RSP apresentou correlação negativa. O silte na área de floresta e mombaça apresentou correlação positiva apenas com a classe de agregados 1-2mm. Em contrapartida a argila na área de floresta e braquiária apresentou efeito contrário ao da areia, tendo correlações positiva com as classes 1-2mm, <1mm, Ds, MiP e RSP, e correlação negativa com a classe >2mm, DMG, DMP, Pt, MaP e COT. Ao avaliarmos o ambiente de mombaça observamos que, a as frações textural área e argila apresentaram correlação significativa apenas com os agregados do solo, sendo que, para a areia a classe >2mm, DMG, DMP e COT apresentaram correlação direta, já para as classes 1-2mm e <1mm apresentaram correlação inversa. Para argila observamos efeito contrário ao encontrado para a areia apresentando correlação positiva com as classes 1-2mm e <1mm, e correlação negativa com a classe >2mm, DMG, DMP e COT.

Os agregados do solo no ambiente de floresta apresentaram correlação com as variáveis relacionadas a compactação e porosidade do solo (Tabela 2). Os agregados de maior tamanho (>2mm, DMG e DMP) correlacionaram positivamente com Ug, Pt e MaP, enquanto que Ds, MiP e RSP correlacionaram negativamente. Os agregados de menor tamanho (classes 1-2mm e <1mm) apresentaram correlação contrária aos agregados de maiores tamanhos, evidenciando o efeito da agregação do solo, na retenção de água e no aumento de porosidade. Para as áreas de pastagens observou-se que os agregados de maior tamanho (>2mm, DMG e DMP) correlacionaram diretamente com Ug, Pt e MaP, e inversamente com Ds, enquanto que, as classes 1-2mm e <1mm correlacionaram diretamente com Ds e inversamente com Ug, Pt e MaP.

A Ds e RSP para as três áreas estudadas, apresentaram correlação positiva com MiP e negativa com Ug, Pt e MaP (Tabela 2). O COT para as três áreas estudadas correlacionou diretamente com a classe >2mm, DMG, DMP, Ug, Pt e MaP, entretanto correlacionou-se inversamente com as classes de agregados 1-2mm, <1mm e Ds. Apenas na área de floresta observou-se correlação negativa significativa de COT com MiP e RSP (Tabela 2).

	Areia	Silte	Argila	>2mm	1-2mm	<1mm	DMG	DMP	Ds	Ug	Pt	MiP	MaP	RSP	COT
Floresta															
Areia	1,00	-0,30**	-0,79**	0,34**	-0,31**	-0,34**	0,34**	0,34**	-0,50**	0,04 ^{ns}	0,40**	-0,49**	0,56**	-0,42**	0,53**
Silte	-0,30**	1,00	-0,35**	-0,18 ^{ns}	0,19*	0,17 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Argila	-0,79**	-0,35**	1,00	-0,22*	0,18*	0,23*	-0,23*	-0,23*	0,42**	0,01 ^{ns}	-0,35**	0,44**	-0,49**	0,39**	-0,42**
>2mm	0,34**	-0,18 ^{ns}	-0,22*	1,00	-0,94**	-0,99**	0,97**	0,99**	-0,48**	0,30**	0,39**	-0,27**	0,41**	-0,39**	0,43**
1-2mm	-0,31**	0,19*	0,18*	-0,94**	1,00	0,87**	-0,85**	-0,92**	0,45**	-0,30**	-0,38**	0,24**	-0,38**	0,31**	-0,42**
<1mm	-0,34**	0,17 ^{ns}	0,23*	-0,99**	0,87**	1,00	-0,98**	-0,99**	0,48**	-0,29**	-0,38**	0,28**	-0,41**	0,42**	-0,41**
DMG	0,34**	-0,16 ^{ns}	-0,23*	0,97**	-0,85**	-0,98**	1,00	0,98**	-0,48**	0,28**	0,37**	-0,28**	0,41**	-0,41**	0,42**
DMP	0,34**	-0,17 ^{ns}	-0,23*	0,99**	-0,92**	-0,99**	0,98**	1,00	-0,48**	0,30**	0,39**	-0,27**	0,41**	-0,40**	0,42**
Ds	-0,50**	0,11 ^{ns}	0,42**	-0,48**	0,45**	0,48**	-0,48**	-0,48**	1,00	-0,42**	-0,63**	0,74**	-0,85**	0,74**	-0,71**
Ug	0,04 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,30**	-0,30**	-0,29**	0,28**	0,30**	-0,42**	1,00	0,50**	0,29**	0,13 ^{ns}	-0,31**	0,33**
Pt	0,40**	-0,07 ^{ns}	-0,35**	0,39**	-0,38**	-0,38**	0,37**	0,39**	-0,63**	0,50**	1,00	-0,28**	0,81**	-0,57**	0,50**
MiP	-0,49**	0,06 ^{ns}	0,44**	-0,27**	0,24**	0,28**	-0,28**	-0,27**	0,74**	0,29**	-0,28**	1,00	-0,79**	0,53**	-0,51**
MaP	0,56**	-0,08 ^{ns}	-0,49**	0,41**	-0,38**	-0,41**	0,41**	0,41**	-0,85**	0,13 ^{ns}	0,81**	-0,79**	1,00	-0,69**	0,64**
RSP	-0,42**	0,04 ^{ns}	0,39**	-0,39**	0,31**	0,42**	-0,41**	-0,40**	0,74**	-0,31**	-0,57**	0,53**	-0,69**	1,00	-0,43**
COT	0,53**	-0,15 ^{ns}	-0,42**	0,43**	-0,42**	-0,41**	0,42**	0,42**	-0,71**	0,33**	0,50**	-0,51**	0,64**	-0,43**	1,00
Braquiária															
Areia	1,00	-0,27**	-0,93**	0,32**	-0,43**	-0,26**	0,15 ^{ns}	0,29**	-0,34**	0,00 ^{ns}	0,23**	-0,40**	0,40**	-0,14 ^{ns}	0,55**
Silte	-0,27**	1,00	-0,09 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,22**	0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,20*
Argila	-0,93**	-0,09 ^{ns}	1,00	-0,28**	0,36**	0,23**	-0,13 ^{ns}	-0,26**	0,32**	0,01 ^{ns}	-0,23**	0,37**	-0,39**	0,15 ^{ns}	-0,50**
>2mm	0,32**	-0,13 ^{ns}	-0,28**	1,00	-0,66**	-0,98**	0,63**	0,99**	-0,36**	0,17*	0,28**	-0,16	0,32**	-0,15 ^{ns}	0,50**
1-2mm	-0,43**	0,22**	0,36**	-0,66**	1,00	0,51**	-0,13 ^{ns}	-0,59**	0,46**	-0,24**	-0,35**	0,16 ^{ns}	-0,38**	0,17*	-0,65**
<1mm	-0,26**	0,10 ^{ns}	0,23**	-0,98**	0,51**	1,00	-0,69**	-0,99**	0,30**	-0,13 ^{ns}	-0,23**	0,14 ^{ns}	-0,27**	0,13 ^{ns}	-0,41**
DMG	0,15 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,63**	-0,13 ^{ns}	-0,69**	1,00	0,66**	-0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}
DMP	0,29**	-0,11 ^{ns}	-0,26**	0,99**	-0,59**	-0,99**	0,66**	1,00	-0,34**	0,15 ^{ns}	0,26**	-0,15 ^{ns}	0,30**	-0,14 ^{ns}	0,46**
Ds	-0,34**	0,11 ^{ns}	0,32**	-0,36**	0,46**	0,30**	-0,11 ^{ns}	-0,34**	1,00	-0,66**	-0,85**	0,24**	-0,86**	0,73**	-0,50**
Ug	0,00 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17*	-0,24**	-0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,66**	1,00	0,69**	0,55**	0,33**	-0,25**	0,35**
Pt	0,23**	-0,03 ^{ns}	-0,23**	0,28**	-0,35**	-0,23**	0,08 ^{ns}	0,26**	-0,85**	0,69**	1,00	-0,02 ^{ns}	0,87**	-0,70**	0,39**
MiP	-0,40**	0,10 ^{ns}	0,37**	-0,16	0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,24**	0,55**	-0,02 ^{ns}	1,00	-0,51**	0,45**	-0,10 ^{ns}
MaP	0,40**	-0,07 ^{ns}	-0,39**	0,32**	-0,38**	-0,27**	0,09 ^{ns}	0,30**	-0,86**	0,33**	0,87**	-0,51**	1,00	-0,82**	0,39**
RSP	-0,14 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,17*	0,13 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,73**	-0,25**	-0,70**	0,45**	-0,82**	1,00	-0,11 ^{ns}
COT	0,55**	-0,20*	-0,50**	0,50**	-0,65**	-0,41**	0,14 ^{ns}	0,46**	-0,50**	0,35**	0,39**	-0,10 ^{ns}	0,39**	-0,11 ^{ns}	1,00
Mombaça															
Areia	1,00	-0,28**	-0,94**	0,55**	-0,60**	-0,51**	0,53**	0,54**	-0,17*	0,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,57**
Silte	-0,28**	1,00	-0,05 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
Argila	-0,94**	-0,05 ^{ns}	1,00	-0,52**	0,58**	0,47**	-0,51**	-0,51**	0,16 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,55**
>2mm	0,55**	-0,15 ^{ns}	-0,52**	1,00	-0,96**	-0,99**	0,98**	0,99**	-0,32**	0,17*	0,27**	-0,10 ^{ns}	0,31**	-0,02 ^{ns}	0,66**
1-2mm	-0,60**	0,12 ^{ns}	0,58**	-0,96**	1,00	0,91**	-0,92**	-0,95**	0,34**	-0,17*	-0,28**	0,13 ^{ns}	-0,34**	0,03 ^{ns}	-0,69**
<1mm	-0,51**	0,16 ^{ns}	0,47**	-0,99**	0,91**	1,00	-0,98**	-0,99**	0,30**	-0,17*	-0,26**	0,08 ^{ns}	-0,29**	0,02 ^{ns}	-0,63**
DMG	0,53**	-0,13 ^{ns}	-0,51**	0,98**	-0,92**	-0,98**	1,00	0,99**	-0,33**	0,18*	0,30**	-0,10 ^{ns}	0,34**	-0,04 ^{ns}	0,66**
DMP	0,54**	-0,15 ^{ns}	-0,51**	0,99**	-0,95**	-0,99**	0,99**	1,00	-0,31**	0,17*	0,27**	-0,09 ^{ns}	0,31**	-0,02 ^{ns}	0,65**
Ds	-0,17*	0,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,32**	0,34**	0,30**	-0,33**	-0,31**	1,00	-0,77**	-0,77**	0,08 ^{ns}	-0,78**	0,50**	-0,50**
Ug	0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,17*	-0,17*	-0,17*	0,18*	0,17*	-0,77**	1,00	0,75**	0,54**	0,42**	-0,20*	0,37**
Pt	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,27**	-0,28**	-0,26**	0,30**	0,27**	-0,77**	0,75**	1,00	0,20*	0,84**	-0,45**	0,39**
MiP	-0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,54**	0,20*	1,0	-0,35**	0,31**	-0,01 ^{ns}

MaP	0,13 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,31**	-0,34**	-0,29**	0,34**	0,31**	-0,78**	0,42**	0,84**	-0,35**	1,00	-0,60**	0,38**
RSP	0,09 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,50**	-0,20*	-0,45**	0,31**	-0,60**	1,00	-0,06 ^{ns}
COT	0,57**	-0,11 ^{ns}	-0,55**	0,66**	-0,69**	-0,63**	0,66**	0,65**	-0,50**	0,37**	0,39**	-0,01 ^{ns}	0,38**	-0,06 ^{ns}	1,00

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade; * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade.

Tabela 2. Correlação de Pearson dos atributos físicos do solo e carbono orgânico, em diferentes ambientes, em Porto Velho, Rondônia.

A análise fatorial apresentou resultados satisfatórios para as profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m (KMO = 0,815 e 0,839 $p < 0,05$ para o teste de esfericidade de Barlett) para as variáveis nas áreas avaliadas, mostrando adequação à construção dos Componentes Principais (CPs), que possibilitou reduzir as variáveis originais em dois fatores (Figura 6).

Avaliando a profundidade de 0,00-0,10 m, observamos que os dois fatores foram responsáveis por explicarem 77,59% da variância das variáveis com autovalores maiores que 1. O CP1 explica 50,64%, sendo responsável pela agregação do solo (>2mm, 1-2mm, <1mm, DMG e DMP) o CP2 explica 26,95% da variância, sendo responsável pela compactação (Ds e RSP), porosidade (MaP e Pt) e COT do solo. No CP1, >2mm, DMG e DMP apresentaram valores positivos enquanto, as classes 1-2mm e <1mm apresentaram valores negativos, isso indica que os atributos que apresentaram os mesmos sinais possuem correlação direta enquanto os que possuem sinais opostos possuem correlação inversa. No CP2, MaP, Pt e COT apresentaram valores positivos, enquanto Ds e RSP apresentaram valores negativos.

Na profundidade de 0,10-0,20 m os dois fatores foram responsáveis por explicarem 79,88% da variância explicativa. O CP1 explicou 49,35% sendo responsável pela agregação do solo (>2mm, 1-2mm, <1mm, DMG e DMP), o CP2 explicou 30,63% sendo responsável pela textura (areia, argila), porosidade (Ug, Pt e MiP) e COT do solo. No CP1, >2mm, DMG e DMP apresentaram valores positivos, enquanto as classes 1-2mm e <1mm apresentaram valores negativos. No CP2, argila, Ug, Pt, MiP e COT apresentaram valores positivos, enquanto a areia apresentou valor negativo.

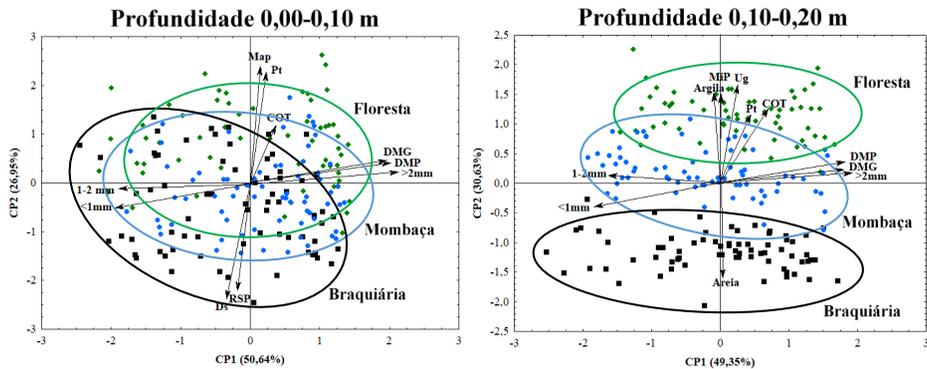


Figura 6. Plano fatorial dos atributos físicos e carbono orgânico do solo em áreas de floresta e pastagens, em Porto Velho, Rondônia.

3.3 Variabilidade espacial

Os semivariogramas foram ajustados ao modelo esférico para todos ambientes e profundidades estudadas (Figura 7, 8 e 9). Os semivariogramas ajustados apresentaram bons coeficiente de determinação (R^2) e validação cruzada (VC), variando de 0,75 a 0,97 e 0,75 a 1,00 respectivamente.

Ao avaliarmos o alcance, observa-se que na área de floresta nas duas profundidades o DMG (16,00 e 16,00 m) apresentou o menor alcance, enquanto na profundidade de 0,00-0,10 m o maior alcance foi observado para MaP (88,60) e na profundidade de 0,10-0,20 m para Ds e areia (89,00 m) (Figura 7). Na área de braquiária para profundidade de 0,00-0,10 m, o DMG (14,8 m) apresentou o menor valor enquanto o MaP (89,9 m) o maior valor, para profundidade de 0,10-0,20 m, foi observado menor valor de alcance para silte (12,28 m) e maior para MiP e MaP (89,00 m) (Figura 8). No cultivo de mombaça nas duas profundidades respectivamente o silte (17,97 e 14,95 m) apresentou os menores valores enquanto que Ug (67,10 e 76,00 m) os maiores valores (Figura 9).

O Grau de Dependência Espacial (GDE) apresentou valores variando de 0,04 a 66,67 entre as áreas estudadas, apresentando dependência espacial forte ($GDE < 25\%$) e moderada ($26\% > GDE < 75\%$) (Cambardella et al., 1994). A área de floresta, na profundidade de 0,00-0,10 m, apresentou GDE forte para Argila, $>2\text{mm}$, 1-2mm, DMG, Ds e COT, enquanto os demais atributos apresentaram moderada dependência espacial. Na profundidade de 0,10-0,20 m, areia, silte, argila, $>2\text{mm}$, 1-2mm, $<1\text{mm}$ e DMG apresentaram GDE forte e os demais moderado (Figura 7). A área de braquiária, na profundidade de 0,00-0,10 m as variáveis relacionadas a textura e agregados e COT apresentaram GDE forte, as variáveis relacionadas a compactação e porosidade apresentaram GDE moderado, já na profundidade de 0,10-0,20 m, a textura e as classes de agregados $>2\text{mm}$, de 1-2mm e Pt

apresentaram GDE forte, o restante dos atributos apresentaram GDE moderado (Figura 8). A área com mombaça apresentou GDE forte na profundidade 0,00-0,10 m, para areia, silte, >2mm, <1mm, DMP, MiP e COT, e na profundidade de 0,10-0,20 m para silte, >2mm, DMP, Ds, MaP, RSP e COT. As demais variáveis nas duas profundidades apresentaram GDE moderado (Figura 9).

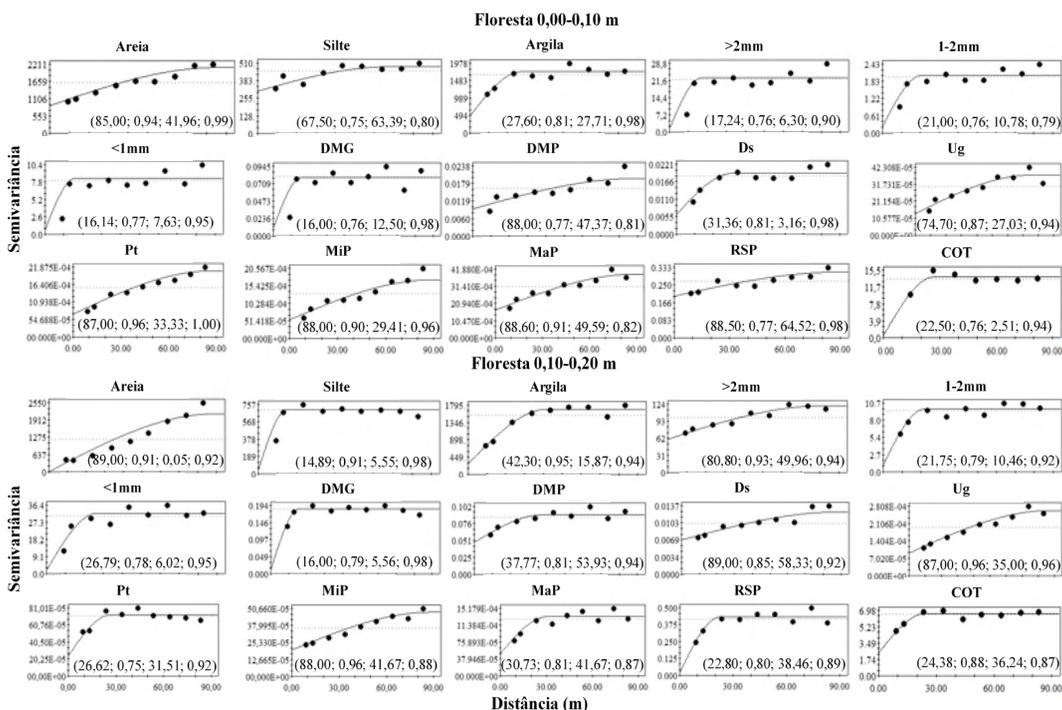


Figura 7. Semivariogramas dos atributos físicos do solo em área de floresta em Porto Velho, Rondônia. Os valores entre parênteses, são respectivamente: alcance, R², grau dependência espacial (GDE) e validação cruzada.

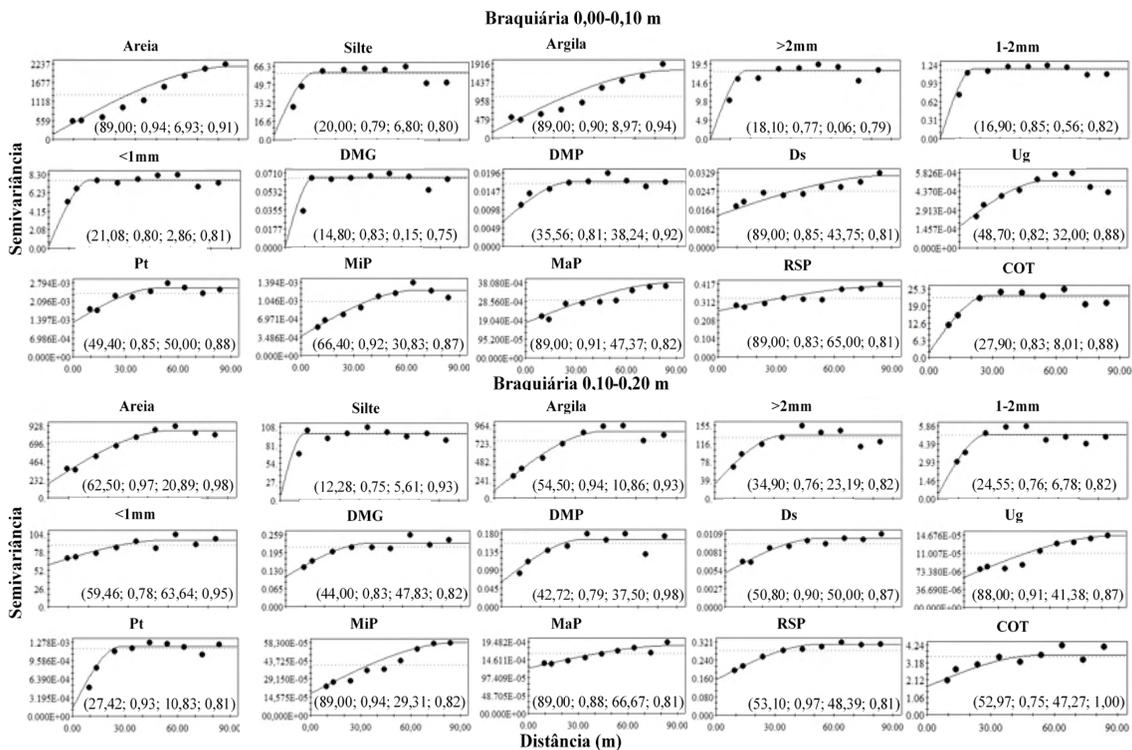


Figura 8. Semivariogramas dos atributos físicos do solo em área de braquiária em Porto Velho, Rondônia. Os valores entre parênteses, são respectivamente: alcance, R^2 , grau dependência espacial (GDE) e validação cruzada.

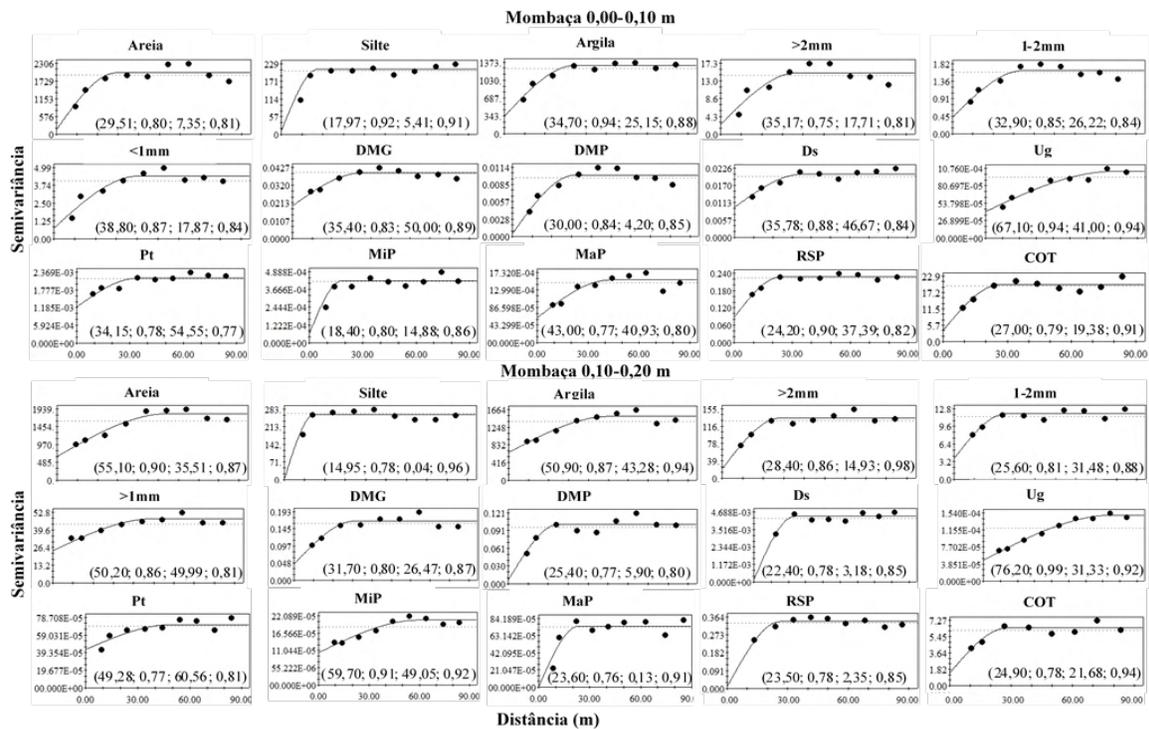


Figura 9. Semivariogramas dos atributos físicos do solo em área de mombaca em Porto Velho, Rondônia. Os valores entre parênteses, são respectivamente: alcance, R^2 , grau dependência espacial (GDE) e validação cruzada.

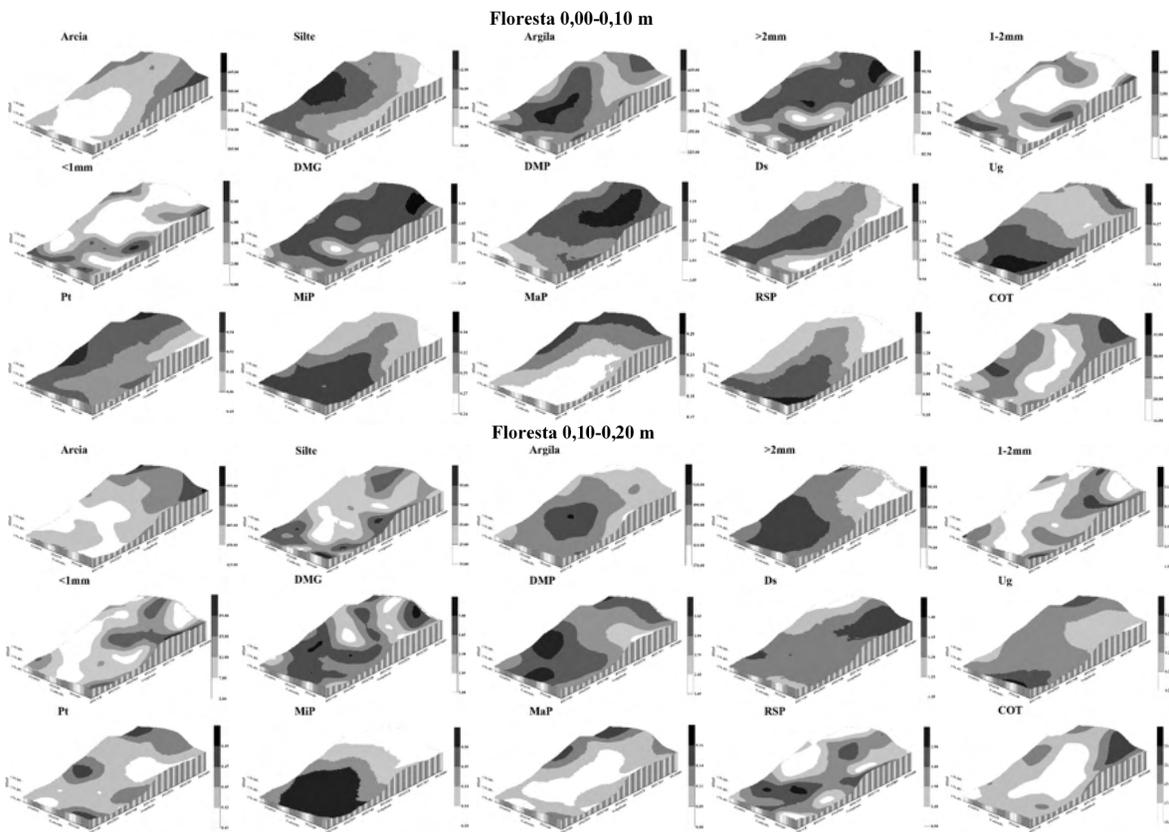


Figura 10. Mapas de krigagem dos atributos físicos do solo em área de floresta em Porto Velho, Rondônia.

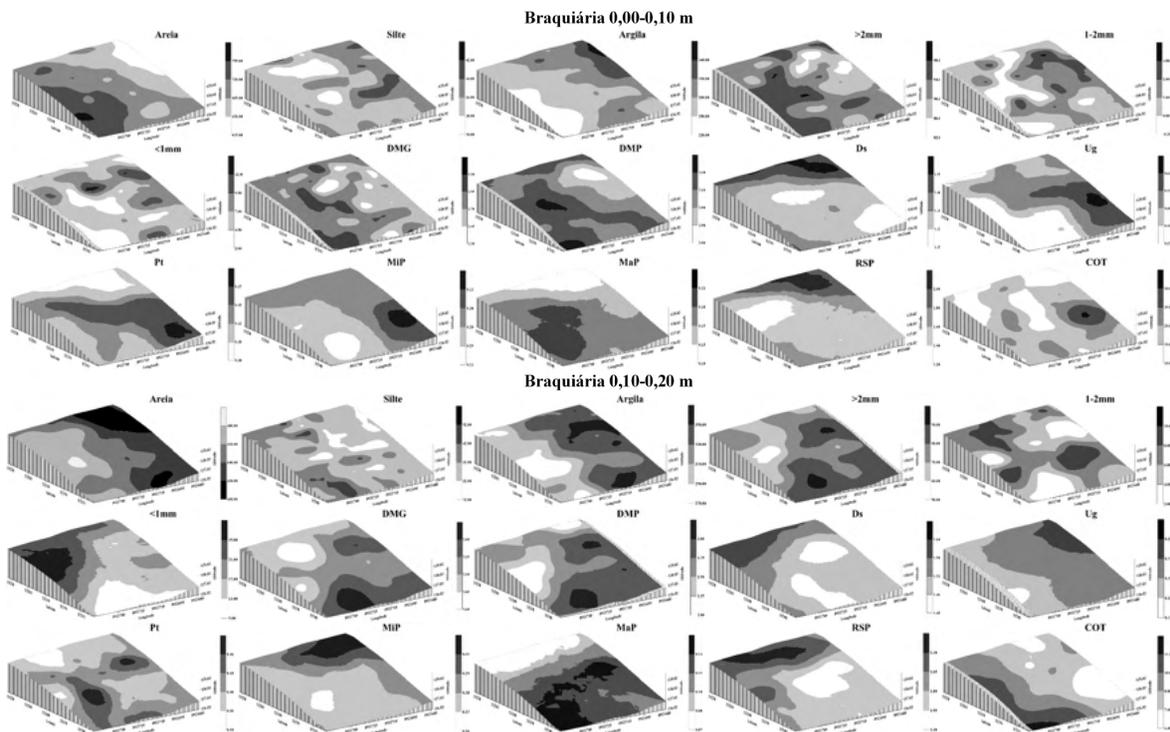


Figura 11. Mapas de krigagem dos atributos físicos do solo em área de braquiária em Porto Velho, Rondônia.

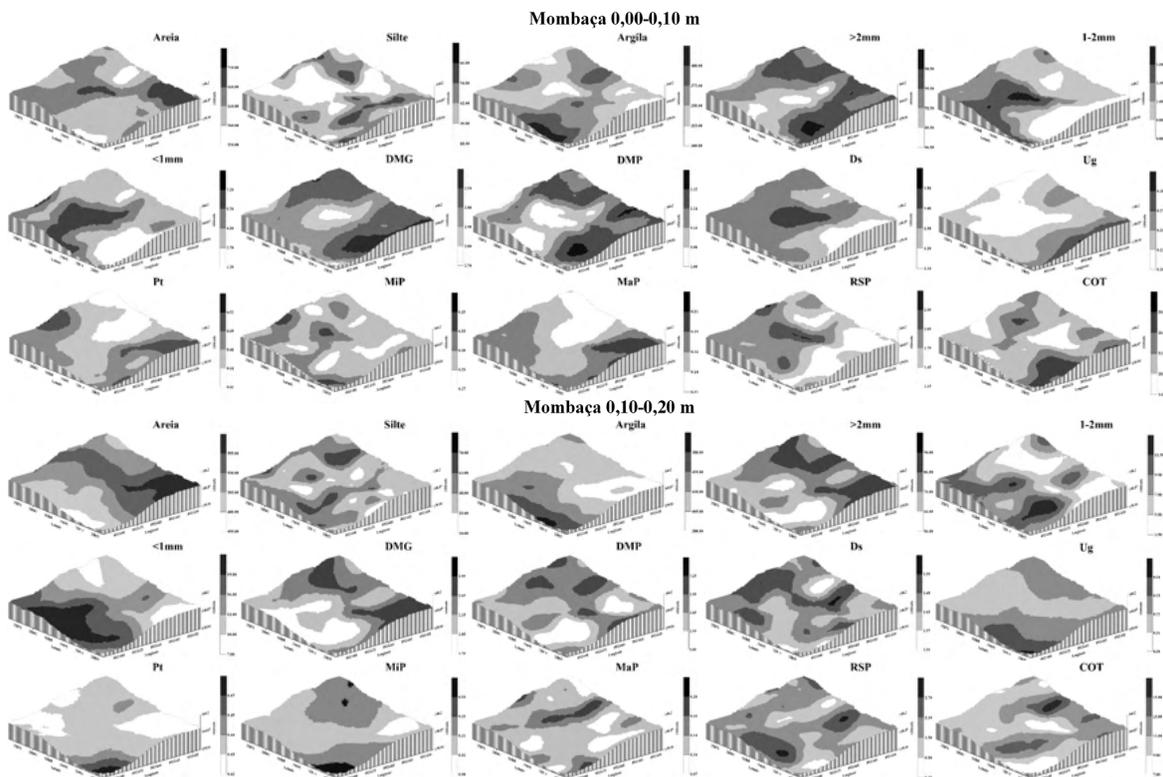


Figura 12. Mapas de krigagem dos atributos físicos do solo em área de mombaca em Porto Velho, Rondônia.

Os semivariogramas escalonados para as três áreas estudadas são apresentados na Figura 13. O modelo ajustado aos gráficos é o esférico que apresentou R^2 variando de 0,52 a 0,71 e a validação cruzada oscilando de 0,76 a 0,84. As áreas estudadas apresentaram valores de alcance variando de 30,00 a 50,00 m, sendo encontrado os maiores valores na área de braquiária e menores valores na área de mombaca. Em relação a GDE, todas as áreas apresentaram moderada dependência espacial, exceto floresta na profundidade de 0,00-0,10 m, que apresentou GDE forte (Cambardella et al., 1994).

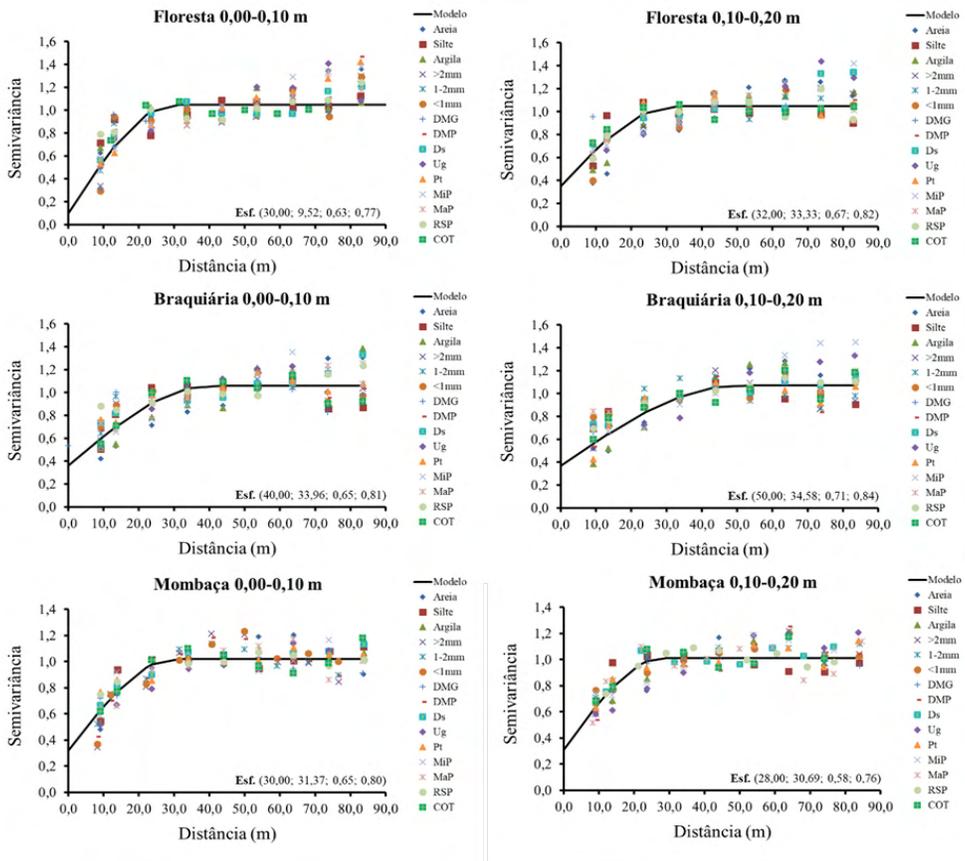


Figura 13. Semivariogramas escalonados para os ambientes estudados em Porto Velho, Rondônia. Os valores entre parêntese indicam respectivamente: alcance, grau de dependência espacial, R^2 e validação cruzada.

Na Tabela 3 está sendo apresentado a densidade mínima de amostragem com base na faixa estimada pelos semivariogramas escalonados dos atributos físicos, para os ambientes estudados. O ambiente de mombaça apresentou as maiores densidades de amostragem nas duas profundidades (6 e 7 amostras ha^{-1}), com espaçamento entre amostras de 30 e 28 m. O ambiente de braquiária em todas as profundidades apresentou o menor valor de densidade de amostragem, sendo 3 e 2 amostras ha^{-1} , com espaçamento de 40 e 50 m.

Projeto de amostragem		Floresta	Braquiária	Mombaça
Densidade de amostragem 0,00-0,10 m	Amostras ha ⁻¹	5	3	6
Densidade de amostragem 0,10-0,20 m	Amostras ha ⁻¹	4	2	7
Espaçamento 0,00-0,10 m	m	30	40	30
Espaçamento 0,10-0,20 m	m	32	50	28

Tabela 3. Densidade e espaçamento mínimos da amostragem para propriedades físicas e carbono orgânico do solo em diferentes ambientes estudados em Porto Velho, Rondônia.

A Figura 14 mostra os semivariogramas para os ajustes dos fatores de pontuação obtidos a partir da análise de componentes principais. Os semivariogramas dos F1 para a profundidade 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m nos diferentes ambientes estão relacionados aos agregados do solo (classes >2mm, 1-2mm, <1mm, DMG e DMP) e os semivariogramas dos F2 na profundidade 0,00-0,10 estão relacionados a compactação (Ds e RSP), porosidade (Pt e MaP) e acúmulo de COT do solo, enquanto na profundidade de 0,10-0,20 m estão relacionados a textura (areia e argila), porosidade (Pt, MiP e Ug) e acúmulo de COT.

Os semivariogramas ajustaram ao modelo esférico e apresentaram R² e validação cruzada variando de 0,75 a 0,96 e 0,76 a 1,00 respectivamente. Analisando espacialmente, o F1 observa-se que o alcance variou de 21,10 a 85,00 m nas duas profundidades, sendo observado o maior valor na profundidade de 0,00-0,10 m para área de floresta. Para F2 observamos alcance variando de 27,25 a 89,00 m, sendo observado os maiores valores na área de braquiária e na profundidade de 0,10-0,20 m da área de floresta. Em relação ao GDE observamos que no F1 a área de mombaça nas duas profundidades, floresta na profundidade de 0,10-0,20 m e braquiária na profundidade de 0,00-0,10 m apresentaram forte dependência espacial, enquanto que as demais profundidades das áreas apresentaram dependência espacial moderada. O F2 apresentou forte dependência espacial para maioria das áreas e profundidades estudadas, exceto para profundidade 0,10-0,20 m da área de mombaça.

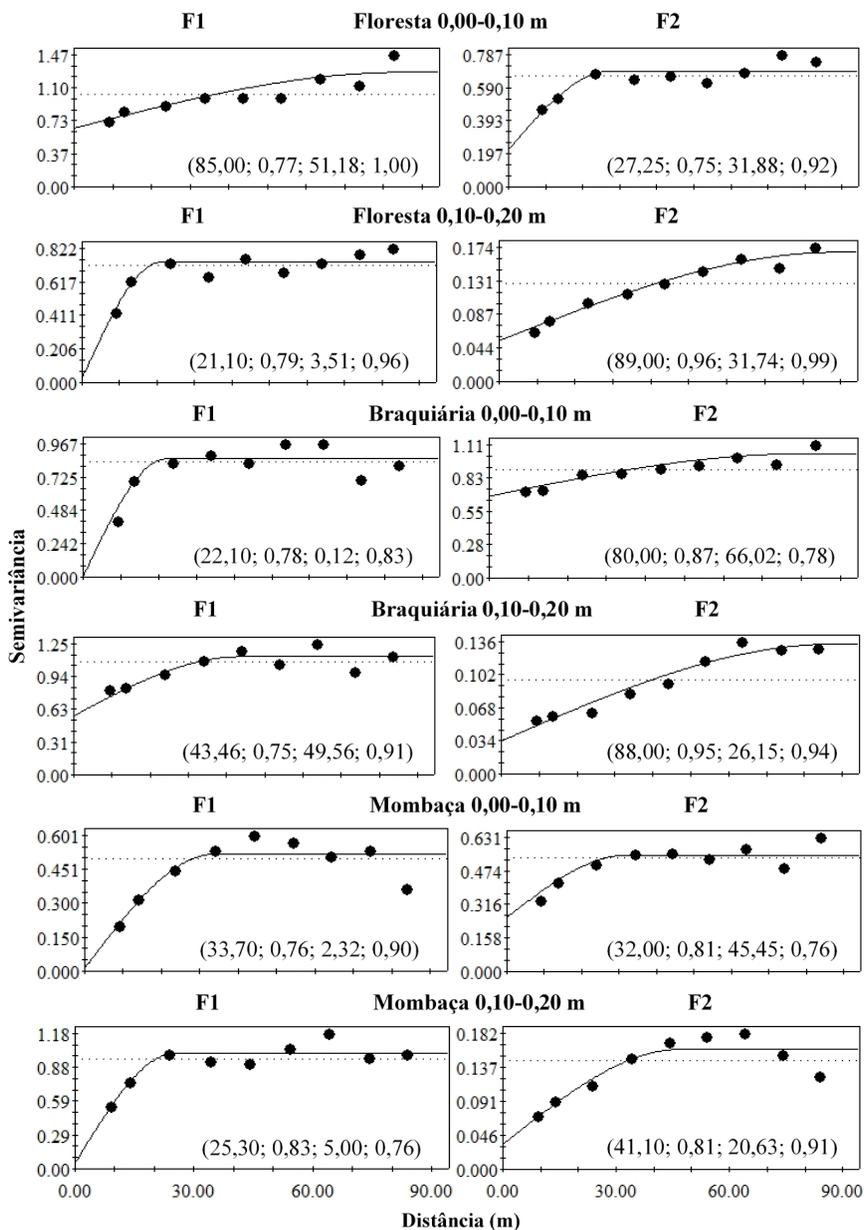


Figura 14. Semivariogramas experimentais ajustados aos valores de escores dos componentes principais para os diferentes ambientes estudados em Porto Velho, Rondônia. Os valores entre parênteses, são respectivamente: alcance, R^2 , grau dependência espacial (GDE) e validação cruzada.

4 | DISCUSSION

4.1 Conversão floresta em pastagem

O processo de conversão floresta em pastagens causou alterações na textura do solo (Figura 2). Os maiores teores de areia e menores teores de silte e argila nas áreas de pastagem em relação a floresta, atribui-se a maior intensidade de remoção de partículas finas proporcionada pelos microrrelevos, principalmente devido ao condicionamento de fluxos de água (Oliveira et al., 2013), que são intensificadas pela pouca cobertura do solo proporcionada pelas pastagens.

Entre as pastagens a mombaça apresentou maior capacidade de agregação do solo se assemelhando a floresta. Podemos atribuir isso a maior capacidade da mombaça em produzir massa seca (parte aérea e raiz) em relação a braquiária (Mendonça et al., 2014), que tem papel significativo na agregação do solo. Souza et al. (2020) estudando agregação do solo em áreas sob conversão floresta em ambientes cultivados, concluiu que o processo de conversão influencia na agregação do solo, e que, quando manejado adequadamente os ambientes cultivados podem se equiparar aos ambientes naturais. Cunha Neto et al. (2018), estudando atributos químicos do solo em áreas sob diferentes coberturas florestais e pastagens, observaram que, áreas de floresta secundária e pastagem são as que contribuem mais para a estabilização dos agregados do solo nas profundidades iniciais, e que a estabilidade de agregados é mais sensível na diferenciação entre as áreas. Esses resultados evidenciam o efeito do uso do fogo na agregação do solo, discordando com os resultados encontrados por Vieira et al. (2016) que estudou o efeito do fogo na qualidade de solos com pastagens e observou que o fogo aplicado sobre pastagem, não tem efeito na estrutura do solo.

Os menores valores de porosidade encontrados nas áreas de pastagens são devido a compactação originada pelo pisoteio dos animais, que aumentam os teores de MiP em relação aos macroporos, fazendo a Pt diminuir. Essas modificações dependem da intensidade do pisoteio, da umidade e do tipo de solo (Torres et al., 2014). Souza Braz et al. (2013), estudando atributos do solo em áreas sob conversão de floresta em pastagens na Amazônia, também encontraram menores valores de poros em áreas de pastagens em relação a floresta.

Baixos valores de Ds e altos teores de COT na área de floresta, deve-se a ausência de práticas agressivas ao solo (Calonego et al., 2012) e pelo acúmulo de matéria orgânica proporcionado pela vegetação. Cunha et al. (2017), estudando solos no sul do Amazonas observou menores valores de RSP e Ds em áreas de floresta. Os menores valores de COT nas áreas de pastagens em relação a floresta, deve-se as perdas de C em função de uma gestão inadequada que, caso continue pode comprometer a sustentabilidade dos sistemas a longo prazo em termos de balanço de carbono (Petter et al., 2017). Em geral todos

os ambientes não apresentaram RSP crítica ao desenvolvimento radicular das plantas, exibindo valores inferiores a 2 Mpa, que segundo Tormena et al. (1998), é o limite crítico para Latossolos e Argilosos.

4.2 Interações ambientes e atributos físicos do solo

O estudo das interações, permite avaliar a influência de um atributo no outro, por meio da correlação de Pearson, que nos indica efeito direto (quando positivo) ou inverso (quando negativo) de um atributo no outro (Tabela 2). Para estudar as interações dos atributos nos ambientes utilizamos a análise multivariada que nos permite observar os atributos que mais interferem e caracterizam os ambientes (Figura 6).

Ao avaliarmos a interação da textura do solo com as outras variáveis, percebeu-se que a areia influenciou no COT, na agregação e na porosidade do solo. Essa interação possibilitou maior acúmulo de COT no solo, com isso aumentou a quantidade de agregados de maiores tamanhos e porosidade, que contribuíram para menores Ds e RSP para os ambientes estudados. Oliveira et al. (2015b), observaram que a argila em diferentes ambientes no sul do Amazonas, proporcionou maior Ds e RSP. Conforti et al. (2016) também observaram influência da textura no acúmulo de COT, entretanto seus resultados são contrários ao resultado encontrados neste trabalho, onde ele observou que a argila é responsável pelo maior acúmulo de COT. Souza et al. (2019), estudando atributos físicos dos solos em diferentes cultivos no sul do Amazonas, observaram correlação positiva de DMG e DMP com Ug, Pt e MiP. Assis et al. (2015), estudando atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, observou correlação positiva do COT com Pt e MaP, e correlação negativa com Ds e MiP. Oliveira et al. (2015b), também observaram relações diretas entre COT e a porosidade do solo, e relação inversa entre agregados de maior tamanho com de menores tamanho, para diferentes ambientes no sul do Amazonas.

Os parâmetros relacionados a compactação do solo (Ds e RSP) proporcionam maiores volumes de poros de menores tamanhos (MiP) e menores volumes de poros de maiores tamanhos (MaP), conseqüentemente interferindo de forma negativa na umidade do solo. Essa compactação em áreas de pastagens é reflexo do tempo de pastejo e densidade de animais que a ocupam. Bonetti et al. (2019), observaram em um Latossolo Vermelho que, o pisoteio animal intensivo em pastagens aumenta a Ds e conseqüentemente RSP, fazendo com que reduza significativamente o volume de poros dilatados maior que 100 µm, em 0,20 m de profundidade.

Ao avaliarmos as nuvens de scores do plano fatorial para profundidade de 0,00-0,10 m, verifica-se que os ambientes não se distinguem uns dos outros, apenas a braquiária que se distancia um pouco mais do ambiente de floresta. Com isso, podemos apenas informar os atributos que mais discriminam os ambientes. A floresta é caracterizada por apresentar maior agregação (>2mm, DMG e DMP), poros de maior tamanho (Pt e MaP)

e maiores teores de COT, enquanto que para os ambientes de pastagens apresentaram menor agregação (1-2mm e <1mm) e maior compactação (Ds e RSP) do solo. Essa diferença é devido a remoção da vegetação nativa que alterou a estrutura do solo. Isso ocorre devido a maior exposição da superfície do solo de pastagens aos impactos diretos das gotas da chuva, que favorecem a destruição de agregados, e selecionam as partículas intensificando o processo de erosão seletiva de partículas de menor diâmetro (argila e silte) (Shi et al., 2017). Couto et al. (2016), avaliando através da estatística multivariada, em diferentes ambientes no sudoeste amazônico, observaram que ambiente de pastagem e floresta não diferiram estatisticamente, corroborando com nossos resultados encontrados. Oliveira et al. (2015b), avaliando solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas, também verificaram que ambientes de floresta e pastagem não diferenciaram por meio da análise multivariada.

Para a profundidade de 0,10-0,20 m foi possível observar a formação de dois grupos, o grupo um, formado pela mombaça e floresta, e o grupo dois, formado pela braquiária. Entretanto, a área de mombaça funciona como um ambiente intermediário entre a floresta e a braquiária sendo mais próxima ao ambiente de floresta. O grupo um é caracterizado pelos maiores teores de argila, agregação (>2mm, DMG e DMP), volumes de poros (Pt e MiP), umidade (Ug) e teores de COT, já o grupo dois é composto pela braquiária que é discriminada pelo maior teor de areia e maior desagregação (1-2mm e <1mm) do solo. Assis et al. (2015), avaliando atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, constataram que, na profundidade de 0,10-0,20 a Ds e o arranjo poroso do solo discriminaram os sistemas integrados da pastagem degradada.

Podemos atribuir essa maior similaridade da mombaça ao ambiente de floresta a três fatores: a capacidade do capim mombaça em produzir biomassa (Mendonça et al., 2014); a declividade do terreno ser menor na floresta e mombaça em relação a braquiária (Figura 15) (Souza et al., 2019); ao maior tempo de uso (Souza et al., 2020) e de descanso que a mombaça possui em relação a braquiária.

4.3 Variabilidade espacial

A análise geoestatística, avaliada por meio dos semivariogramas, evidenciou dependência espacial para todos os atributos dos solos estudados, indicando que, as variáveis não estão distribuídas aleatoriamente no espaço (Cavalcante et al., 2011). Todos os atributos foram ajustados ao modelo esférico. Segundo Isaaks e Srivastava (1989), os modelos esféricos descrevem propriedades do solo com alta continuidade espacial, ou seja, menos erráticas a curtas distâncias.

O alcance indica a distância máxima em que o atributo está correlacionado espacialmente (Dalchiavon et al., 2012), possibilitando avaliar a variabilidade espacial das áreas. De maneira geral a área com mombaça apresentou os menores valores de alcance

para maioria dos atributos físicos estudados em relação as demais áreas, indicando que essa área possui maior variabilidade e é mais heterogênea (Figura 7, 8 e 9). Essa maior variabilidade está relacionada à maior intensidade de pastejo, na área de mombaça (6,14 animais ha⁻¹) em relação a área de braquiária (4,50 animais ha⁻¹) e também pelas zonas de preferência de pastejo (Alencar et al., 2016). Santos et al. (2016), atribuiu a maior variabilidade dos atributos físicos do solo, a curvatura da superfície do solo.

As variáveis relacionadas a textura (areia, silte e argila) na maioria das vezes apresentaram GDE forte, isso é um indicativo que essas variáveis são mais influenciadas pelas propriedades intrínsecas do solo ligadas aos fatores de formação (Cambardella et al., 1994). Guimarães et al. (2016), avaliando a variabilidade espacial em áreas de pastagens para diferentes classes de solos, observou em um Latossolo dependência espacial para Ds, MaP, MiP e Pt.

Os mapas da distribuição espacial dos atributos físicos estão sendo apresentados em cinco intervalos regulares de valores para cada atributo, permitindo maior compreensão da distribuição (Figuras 10, 11 e 12). O estudo da distribuição espacial das propriedades físicas do solo, pode ser usado para selecionar indicadores de potencial de armazenamento e fluxo de água subterrânea (Alvarenga et al., 2012) e identificar regiões degradadas da pastagem (Grego et al., 2012). Através dos mapas é possível observar correlações espaciais entre os atributos, principalmente aos relacionados a compactação com os relacionados a porosidade do solo. Além disso, é possível observar quais atributos são mais influenciados pelo relevo (2016). Observa-se que as variáveis relacionadas a textura do solo sofrem mais alterações em funções do relevo. Isso deve-se aos microrrelevos presentes nas áreas, que condicionam os fluxos diferenciados de água e com ela as partículas de solo das partes mais elevadas para as baixadas (Oliveira et al., 2013).

4.4 Zonas de manejo

A intensa atividade agrícola acelera os processos de degradação física do solo quando realizadas de forma irracional, principalmente pelas práticas de manejo uniforme das áreas sem levar em consideração a variabilidade espacial do solo. Diante disto, tem sido utilizado cada vez mais zonas de manejos, visando diminuir a variabilidade natural das áreas, garantindo uma produção elevada sem agredir o solo (Oliveira et al., 2019).

Ao avaliarmos os mapas de krigagem dos escores (Figura 15), observamos, a formação de cinco zonas de manejo. Para F1 na área de floresta na profundidade de 0,10-0,20 m, braquiária na profundidade de 0,00-0,10 m e para mombaça nas duas profundidades, devido a maior variabilidade, apresentaram zonas de manejo complexa para os atributos relacionados aos agregados do solo.

O F2 nos três ambientes avaliados para as duas profundidades, apresentou baixa variabilidade, apresentando zonas de manejos menos complexas para a textura, porosidade

e acúmulo de carbono no solo. Burak et al. (2012), evidenciaram que, quanto maior são os escores, maior são sua contribuição para correlações positivas, entre as variáveis que compõe cada fatores, em contrapartida, quanto menor for os escores maior é a contribuição para correlações negativas.

Desta forma, ao observamos os mapas dos F1 e F2 para todas as profundidades, evidenciamos que a maior parte dos scores positivos estão presentes nas áreas de floresta, enquanto que, nas áreas de pastagens observamos maior parte de escores negativos, entretanto entre as pastagens a braquiária apresentou escores menores em relação a mombaça. A maior proporção de escores positivos na área de floresta deve-se a maior presença de agregados de maiores tamanhos, maior quantidade de poros grandes e maior acúmulo de carbono no solo, entretanto os escores negativos nas pastagens deve-se a menor quantidade de agregados maiores, compactação do solo, menor quantidade de poros de maiores tamanho e ao menor acúmulo de carbono no solo. Essas correlações observadas evidenciam que, cada zona específica de manejo dentro de cada ambiente necessita de manejos diferenciados, mais ou menos intensivo, favorecendo maior eficiência do uso dos recursos naturais do solo e assim reduzir os impactos causados pela pecuária no ambiente e otimizar os custos econômicos para o sistema de pastagens (Santos et al., 2017).

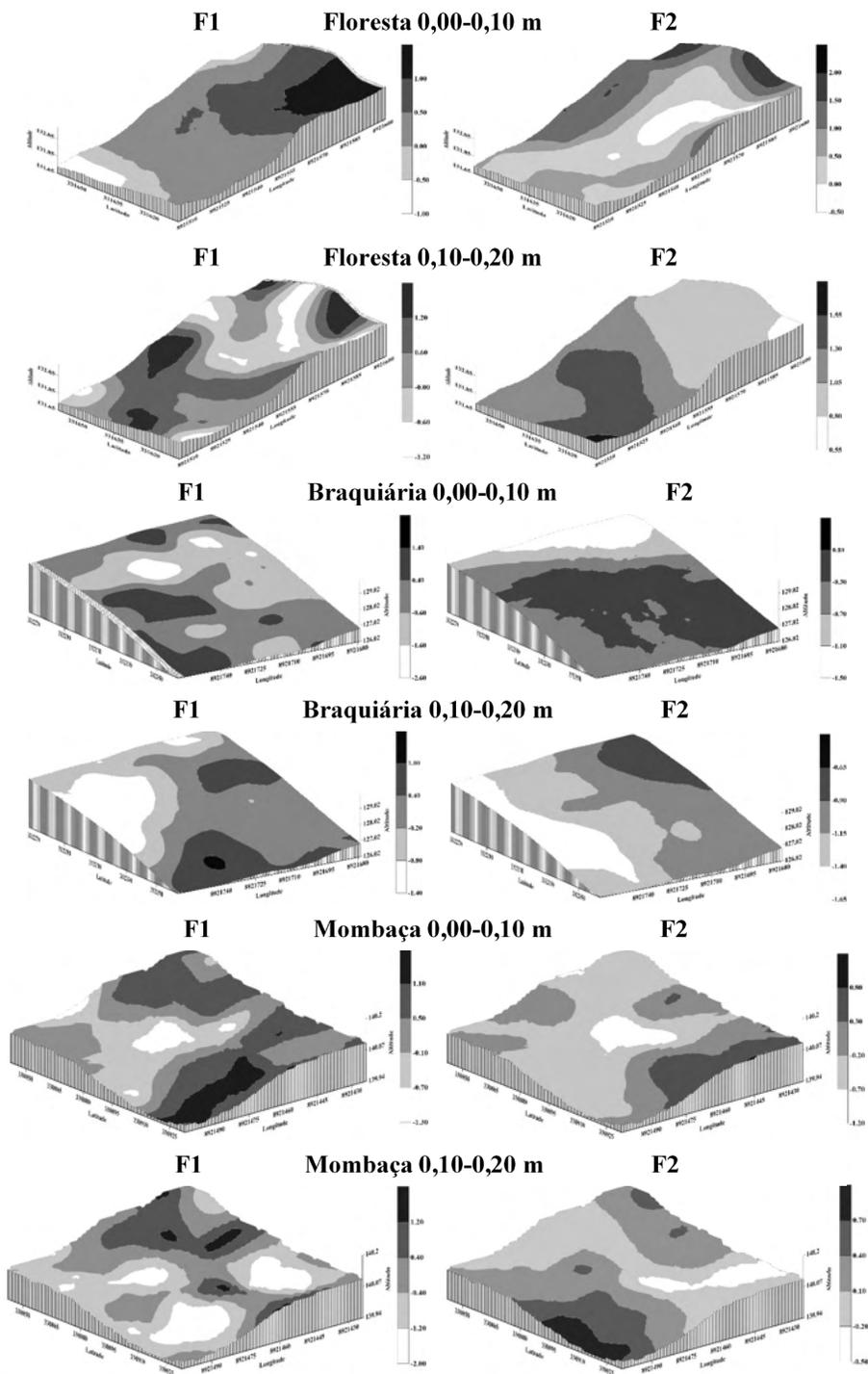


Figura 15. Mapas de krigagem dos valores de escores dos componentes principais para os diferentes ambientes estudados em Porto Velho, Rondônia.

5 | CONCLUSÕES

A conversão de floresta em pastagens, impactou negativamente nos agregados, compactação, porosidade e acúmulo de carbono orgânico do solo. Dentre as pastagens, a área cultivada com mombaça, não degradou tanto em relação aos atributos físicos, se aproximando ao ambiente de floresta.

Os ambientes estudados são influenciados pelos teores elevados de areia e argila, que interferem na agregação, compactação, porosidade e acúmulo de carbono no solo.

Através da multivariada observamos que a floresta se distanciou da área de braquiária e que a mombaça é uma área intermediária entre as duas. O ambiente de floresta é caracterizado por possuir mais agregados de maiores tamanhos, maior porosidade, menor compactação do solo e maior acúmulo de carbono no solo, enquanto que, os ambientes de pastagens se caracterizam por possuírem mais agregados de menor tamanho, serem mais compactados, possuírem menos poros e acumularem menos carbono no solo.

Observamos maior variabilidade espacial dos atributos físicos no ambiente com mombaça, atribuímos isso a maior intensidade de pastejo e pisoteio animal. A variabilidade nas áreas gerou zonas de manejos específicos para os agregados, compactação, porosidade e acúmulo de carbono no solo. Nesses ambientes são necessários manejos diferenciados para cada zona de manejo, para que se tenha mais eficiência no uso dos recursos naturais, reduzindo assim os custos e os impactos causados pela pecuária nos ambientes.

REFERÊNCIAS

Adamy, A., 2010. Geodiversidade do estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM, 337 p.

Alencar, N. M.; Melo, J. C.; Santos, A. C.; Cunha, O. F. R.; & Paula Neto, J. J. Distribuição espacial das propriedades do solo, produção do capim-marandu com a intensidade de pastejo. Revista Engenharia na Agricultura-Reveng, v. 24, n. 4, p. 338-349, 2016. doi: 10.13083/reveng.v24i4.602

Alvarenga, C. C.; Mello, C. R. D.; Mello, J. M. D.; Silva, A. M. D.; Curi, N. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQSRA) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 5, p. 1608-1619, 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000500025

Alvarenga, R. C.; Fernandes, B.; Silva, T. C. A.; Resende, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palha do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 10, n. 2, p.273-277, 1986.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M. & Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, 711–728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

Assis, P. C.; Stone, L. F.; Medeiros, J. C.; Madari, B. E.; Oliveira, J. D. M.; Wruck, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 309-316, 2015. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p309-316

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC, 2019. Perfil da pecuária no Brasil. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/PublicacoesLista.aspx>>. Acessado em 09/05/2019.

Barbosa, F. A.; Oliveira, V. T.; Bicalho, F. L.; Lopes, L. B.; Florence, E. A. S.; Mandarino, R. A.; Azevedo, H. O. Indicadores de sustentabilidade na pecuária bovina de corte – Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono. In: *Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*, pp. 67-84, 2014.

Bonetti, J. A.; Anghinoni, I.; Gubiani, P. I.; Cecagno, D.; Moraes, M. T. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. *Soil & Tillage Research*, v. 186, p. 280–291, 2019. doi: 10.1016/j.catena.2016.04.023

Braz, A. M. B.; Fernandes, A. R.; Alleoni, L. R. F. Soil attributes after the conversion from forest to pasture in Amazon. *Land Degradation & Development*, v. 24, n. 1, p. 33-38, 2013. doi: 10.1002/ldr.1100

Burak, D. L.; Passos, R. R.; & Andrade, F. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob cafeeiro Conilon: relação com textura, matéria orgânica e relevo. *Bragantia*, v. 71, n. 4, p. 538-547, 2012. doi: 10.1590/S0006-87052012000400012

Burak, D. L.; Passos, R. R.; Sarnaglia, S. A. Utilização da análise multivariada na avaliação de parâmetros geomorfológicos e atributos físicos do solo. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n. 9, p. 1-11, 2010.

Busari, M. A.; Kukal, S. S.; Kaur, A.; Bhatt, R.; Dulazi, A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 3, p. 119–129, 2015. doi: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002

Calonego, J. C.; Santos, C. H.; Tiritan, C. S.; Cunha Júnior, J. R. Estoque de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Caatinga*, v. 24, p. 128-35, 2012.

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 America Journal*, v. 58, p. 1501-11, 1994. doi: 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x

Castro Filho, C.; Muzilli, O.; Podanoschi, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998. doi: 10.1590/S0100-06831998000300019

Cavalcante, E. G. S.; Alves, M. C.; Souza, Z. M.; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 237-243, 2011. doi: 10.1590/S1415-43662011000300003

Ceddia, M. B.; Vieira, S. R.; Villela, A. L. O.; Mota, L. S.; Anjos, L. H. C.; Carvalho, D. F. Topography and spatial variability of soil physical properties. *Scientia Agrícola*, v. 66, p. 338-352, 2009. doi: 10.1590/S0103-90162009000300009

- Conforti, M.; Lucà, F.; Scarciglia, F.; Matteucci, G.; Buttafuoco, G. Soil carbon stock in relation to soil properties and landscape position in a forest ecosystem of southern Italy (Calabria region). *Catena*, v. 144, p. 23-33, 2016. doi: 10.1016/j.catena.2016.04.023
- Couto, W. H. D.; Anjos, L. H. C. D.; Wadt, P. G. S.; Pereira, M. G. Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 3, p. 811-823, 2016. doi: 10.5902/1980509824210
- Cunha Neto, F. V. D.; Pereira, M. G.; Leles, P. S. D. S.; Abel, E. L. D. S. Chemical and physical attributes in different areas under forests cover and pasture in Além Paraíba, Minas Gerais state, Brazil. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p. 13-24, 2018. Doi: 10.5902/1980509831569
- Cunha, J. M. D.; Gaio, D. C.; Campos, M. C. C.; Soares, M. D. R.; Silva, D. M. P.; Lima, A. F. L. Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, n. 2, p. 263-281, 2017. doi: 10.4136/ambi-agua.1890
- Dalchiavon, F.C.; Carvalho, M.P.; Andreotti, M.; Montanari, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012. doi: 10.1590/S1806-66902012000300006
- Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 4.ed. revisada e ampliada. Brasília. 2018, 353 p.
- Gamma Design Software (GS+). Geostatistics for the environmental sciences. 7. ed. Plainwell: Gamma Design, 2004.
- Golden Software Inc. (1999). SURFER for Windows, Release 13.0: Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers, user's guide. New York, USA.
- Grego, C. R.; Rodrigues, C. A. G.; Nogueira, S. F.; Gimenes, F. M. A.; Oliveira, A. D.; Almeida, C. G. F. D.; ... Demarchi, J. J. A. D. A. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epigea de pastagem, identificada por meio de geostatística. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1404-1412, 2012. doi: 10.1590/S0100-204X2012000900026
- Guimarães, E. C. Variabilidade espacial da umidade e da densidade do solo em um Latossolo Roxo [dissertação]. Campinas: Universidade de Campinas; 1993.
- Guimarães, W. D.; Gripp Junior, J.; Marques, E. A. G.; Santos, N. T.; Fernandes, R. B. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 2, p. 247-255, 2016. doi: 10.5935/1806-6690.20160029
- Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press; 1989.
- Kemper, W. D.; Chepil, W. S. Aggregate stability and size distribution. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: ASA, p. 499-510, 1965.
- Lal, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, v. 7, p. 5875–5895, 2015. doi: 10.3390/su7055875

Mendonça, V. Z.; Mello, L. M. M.; Pereira, F. C. B. L. et al. Corn production for silage intercropped with forage in the farming-cattle breeding integration. *Engenharia agrícola*, v.34, n. 4, p.738-745, 2014. doi: 10.1590/S0100-69162014000400013

Merten, G. H.; Araújo, A. G.; Biscaia, R. C. M.; Barbosa, G. M. C.; Conte, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. *Soil Tillage Research*, v. 152, p. 85–93, 2015. doi: 10.1016/j.still.2015.03.014

Negreiros Neto, J. V.; Santos, A. C.; Guarnieri, A.; Souza, D. J. A. T.; Daronch, D. J.; Dotto, M. A.; Araújo, A. S. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 193-204, 2014. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p193

Neves Junior, A. F.; Silva, A. P.; Noronha, N. C.; Cerri, C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 232-241, 2013. doi: 10.1590/S0100-06832013000100024

Oliveira, D. P.; Ferreira, T. O.; Romero, R. E.; Farias, P. R. S.; e Costa, M. C. G. Microrrelevo e a distribuição de frações granulométricas em Cambissolos de origem calcária. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 4, p. 676-684, 2013. doi: 10.1590/S1806-66902013000400003.

Oliveira, I. A. D.; Campos, M. C. C.; Freitas, L. D.; Soares, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 1, p. 1-12, 2015b. doi: 10.1590/1809-4392201400555.

Oliveira, I. A. D.; Marques Junior, J.; Campos, M. C. C.; Aquino, R. E. D.; Freitas, L. D.; Siqueira, D. S.; Cunha, J. M. D. 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. 3, p. 668-681, 2015a. doi: 10.1590/01000683rbcS20140496

Oliveira, J. F.; Mayi, S.; Marchão, R. L.; Corazza, E. J.; Hurtado, S. C.; Malaquias, J. V.; ... e Guimarães, M. F. Spatial variability of the physical quality of soil from management zones. *Precision Agriculture*, v. 20, n. 6, p. 1251-1273, 2019. doi: 10.1007/s11119-019-09639-9

Perigolo, N. A.; Medeiros, M. B.; Simon, M. F. Vegetation types of the upper Madeira River in Rondônia, Brazil. *Brittonia*, v. 69, n. 4, p. 423-446, 2017. Doi: 10.1007/s12228-017-9505-1

Petter, F. A.; Lima, L. B.; Moraes, L. A.; Tavanti, R. F. R.; Nunes, M. E.; Freddia, O. S.; Marimon Jr, B. H. Carbon stocks in oxisols under agriculture and forest in the southern Amazon of Brazil. *Geoderma Regional*, v. 11, p. 53–61, 2017. doi: 10.1016/j.geodrs.2017.09.001

Rickson, R. J.; Deeks, L. K.; Graves, A.; Harris, J. A. H.; Kibblewhite, M. G.; Sakrabani, R. Input constraints to food production: The impact of soil degradation. *Food Security*, v. 7, n. 2, p. 351–364, 2015. doi: 10.1007/s12571-015-0437-x

Santos, G. L. D.; Pereira, M. G.; Lima, S. S. D.; Cedia, M. B.; Mendonça, V. M. M.; Delgado, R. C. Curvatura da superfície e seu efeito na variabilidade espacial dos atributos do solo, Pinheiral-RJ/BR. *Cerne*, v. 22, n. 4, p. 431-438, 2016. doi: 10.1590/01047760201622042184

Santos, K. E. L.; Bernardi, A. D. C.; Bettiol, G. M.; & Crestana, S. Geoestatística e geoprocessamento na tomada de decisão do uso de insumos em uma pastagem/geostatistics and GIS in the decision making of the use of inputs in a pasture. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 11, n. 3, p. 294-307, 2017. doi: 10.18011/bioeng2017v11n3p294-307

Seó, H. L. S.; Machado Filho, L. C. P.; Brugnara, D. Rationally Managed Pastures Stock More Carbon than No-Tillage Fields. *Frontiers in Environmental Science*, v. 5, p. 1-8, 2017. doi: 10.3389/fenvs.2017.00087

Shi, P.; Thorlacius, S.; Keller, T.; Keller, M.; Schulin, R. Soil aggregate breakdown in a field experiment with different rainfall intensities and initial soil water contents. *European Journal of Soil Science*, v. 68, n. 6, p. 853-863, 2017. doi: 10.1111/ejss.12472

Silva Filho, E. P.; Cottas, L. R.; Marini, G. B. S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho, Rondônia. *Boletim de geografia*, v. 28, n. 1, p. 145-155, 2010. doi: 10.4025/bolgeogr.v28i1.8441

Silva, B. E. C.; Medina, E. M.; Jolomba, M. R. Propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 7, n. 3, p. 66-75, 2017. doi: 10.21206/rbas.v7i3.418

Soares, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; Oliveira, I. A.; Cunha, J. M.; Santos, L. A. C.; Fonseca, J. S.; Souza, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016. doi: 10.4322/rca.2020

Souza, F. G. D.; Campos, M. C. C.; Pinheiro, E. N.; Lima, A. F. L.; Brito Filho, E. G. D.; Cunha, J. M. D.; Santos, E. A. T.; Brito, W. B. M. Aggregate stability and carbon stocks in Forest conversion to different cropping systems in Southern Amazonas, Brazil. *Carbon Management*, v. 11, n. 1, p. 81-96, 2020. doi: 10.1080/17583004.2019.1694355

Souza, F. G.; Campos, M. C. C.; Brito Filho, E. G.; Cunha, J. M.; Lima, A. F. L.; Sales, M. C. G.; Santos, L. A. C. Physical attributes of soil under amazon forest conversion for different crop systems in southern Amazonas, Brazil. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 99, n. 4, p. 563-574, 2019. doi: 10.1139/cjss-2019-0070

STATSOFT Inc 7.0. Statistica (data analysis software system). USA: 2004.

Teixeira, P. C.; Donagema, G. K.; Fontana, A.; & Teixeira, W. G. (Eds.). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 3ª ed. revista e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.

Tormena, C. A.; Silva, A. P.; Libardi, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 573-581, 1998. doi: 10.1590/S0100-06831998000400002

Torres, L. C.; Barros, K. R. M.; Lima, H. V. Alterações na qualidade física de um latossolo amarelo sob pastagem. *Acta Amazônica*, v. 44, n. 4, p. 419-426, 2014. doi: 10.1590/S0044-59672014000400003

Trangmar, B. B.; Yost, R. S.; Uehara, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.*, v. 38, p. 54-94, 1985.

Vieira, A. C.; Melloni, R.; Melloni, E. G. P.; Guimarães, M. C.; Freitas, M. S.; Pecoraro, D. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 6, p. 1703-1711, 2016. doi: 10.26848/rbgf.v9.6.p1703-1711

Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. cap. 2, p. 319-344

Yeomans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, p. 1467-1476, 1988. doi: 10.1080/00103628809368027

The background of the cover is a grayscale photograph of a soil profile. A vertical ruler is placed on the left side of the profile, showing depth in centimeters from 0 to 140. The soil is dark and appears to have some root structures. The title 'SOLOS AMAZÔNICOS:' is printed in large, white, sans-serif capital letters across the top half of the image.

SOLOS AMAZÔNICOS:

Qualidade estrutural, físico, químico
e suas correlações geoespacial
no Sul do Amazonas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

The background of the cover is a photograph of a soil profile. A vertical ruler is placed on the left side of the soil, showing measurements in centimeters from 0 to 140. The soil is a reddish-brown color and appears to be a clayey or silty soil. The ruler is marked every 10 cm, with smaller markings for millimeters. The text 'SOLOS AMAZÔNICOS:' is overlaid in large, white, sans-serif font. Below the title is a thick white horizontal line.

SOLOS AMAZÔNICOS:

Qualidade estrutural, físico, químico
e suas correlações geoespacial
no Sul do Amazonas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br