



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de pastagens cultivadas em Humaitá, Amazonas

Romária Gomes de Almeida¹, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva², Renato Francisco da Silva Souza³, Amon Rafael de Macedo⁴, Milton César Campos⁵, Robson Vinício dos Santos⁶, Flávio Pereira de Oliveira⁷, Joalison de Brito Silva⁸, Thalita Silva Martins⁹

¹Mestra em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Humaitá – AM, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6380-4370>, E-mail: mcesarsolos@gmail.com. ²Doutor em Agronomia (Horticultura), Docente na Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Humaitá – AM, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3422-1576>, E-mail: robson4651@hotmail.com. ³Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Humaitá – AM, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8213-1722>, E-mail: mcesarsolos@gmail.com. ⁴Mestre em Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0664-5937>, E-mail: robson4651@hotmail.com. ⁵Doutor em Ciência do Solo, Docente da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8183-7069>, E-mail: mcesarsolos@gmail.com. ⁶Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0339-6197>, E-mail: robson4651@hotmail.com. ⁷Doutor em Ciência do Solo, Docente da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7968-6145>, E-mail: mcesarsolos@gmail.com. ⁸Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2128-9408>, E-mail: robson4651@hotmail.com. ⁹Mestranda em Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6662-6637>, E-mail: mcesarsolos@gmail.com.

Artigo recebido em 09/01/2024 e aceito em 02/06/2024

RESUMO

Ações antrópicas alteram as feições da superfície da terra, principalmente com exploração agrícola, pecuária e madeireira, expondo a vulnerabilidade dos ambientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica dos atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas sob pastagens cultivadas em Humaitá, Amazonas. O estudo foi realizado no sul do Amazonas, município de Humaitá. Em campo foram selecionadas quatro áreas de pastagens, em cada área foram definidos dez pontos amostrais de forma aleatória, neles foram abertas minitrincheira para coleta de solo (amostra deformada e indeformada) nas camadas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. O solo coletado em torrão foi seco a sombra e posteriormente destorroado para obtenção dos agregados e terra fina seca ao ar, os anéis volumétricos foram saturados na mesa de tensão e por último levado ao penetrógrafo. Foram determinados os atributos: macroporosidade, microporosidade, porosidade total, DMG, DMP, umidade gravimétrica e volumétrica, densidade do solo, resistência do solo a penetração, carbono orgânico e estoque de carbono. Os dados foram tabulados e analisados por meio análise de variância seguida pelo teste de médias dos atributos individualmente utilizando do teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os sistemas de manejo das pastagens alteram a umidade volumétrica do solo, macroporosidade, porosidade total, densidade do solo, resistência do solo a penetração, DMG, DMP, classes de agregados >2 mm e 1-2 mm, CO e estoque de carbono orgânico do solo em uma ou em ambas as camadas do solo, mas não influencia a microporosidade e agregados <1 mm.

Palavras-chave: Amazônia, Manejo, Saúde do solo.

Physical attributes and soil carbon stock in cultivated pasture areas in Humaitá, Amazonas

ABSTRACT

Anthropogenic actions alter the features of the earth's surface, mainly with agricultural, livestock and logging exploitation, exposing the vulnerability of environments. The objective of this work was to evaluate the dynamics of physical attributes and soil carbon stock in areas under cultivated pastures in Humaitá, Amazonas. The study was carried out in the south of Amazonas, in the municipality of Humaitá. In the field, four areas of pasture were selected, in each area ten sampling points were randomly defined, in which mini-trenches were opened for soil collection (deformed and undisturbed sample) in the depth layers of 0.00-0.10 and 0.10 -0.20 m. The soil collected in clods was dried in the shade and subsequently

crushed to obtain aggregates and air-dried fine earth, the volumetric rings were saturated on the tension table and finally taken to the penetrometer. The following attributes were determined: macroporosity, microporosity, total porosity, DMG, DMP, gravimetric and volumetric moisture, soil density, soil resistance to penetration, organic carbon and carbon stock. The data were tabulated and analyzed using analysis of variance followed by the average test of attributes individually using Tukey's test at 5% probability. Pasture management systems alter soil volumetric moisture, macroporosity, total porosity, bulk density, soil resistance to penetration, DMG, DMP, aggregate classes >2 mm and 1-2 mm, CO and organic carbon stock of soil in one or both soil layers, but does not influence microporosity and aggregates <1 mm.

Keywords: Amazônia, Management, Soil health.

Introdução

O solo é considerado como substrato natural constituído por combinações de propriedades que dependem dos fatores de formação e processos pedogenéticos dominantes, associada ao formato da paisagem refletindo nas fitofisionomias naturais (Fonseca et al., 2021). Entretanto as ações antrópicas alteram as feições da superfície da terra e vegetação com uso agrícola, pecuária (pasto) e madeireira (florestas plantadas), expondo em muitos casos, a vulnerabilidade das áreas, pois alguns atributos do solo são mais susceptíveis a mudanças que outros, assim como algumas áreas são menos propícias ao uso, tendo papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos (Almeida et al., 2024).

No Brasil, grande parte do território é ocupado por pastagem, correspondendo a 19% do território, entretanto os dados sobre a degradação das pastagens ainda são pouco precisos, variando de 63,74 milhões de hectares (Lapig, 2017) a 13,9 milhões de hectares (Abiec, 2019). Segundo Lima et al. (2023), mais de 50% dessas áreas de pastagens encontram-se em algum estágio de degradação, apresentando baixa produção de forragem, como consequência de práticas inadequadas durante a formação e manejo das pastagens.

Na Amazônia apesar de não haver um número consolidado para toda a região, sabe-se que em muitos estados, tais como Rondônia, Pará, Tocantins e sul-sudeste do Amazonas as áreas de pastagens são vastas e muitas destas áreas ou estão degradadas ou em processo de degradação (Lima et al., 2022). Esses processos, podem ser diagnosticados e monitorados pelos atributos do solo (físicos, químicos e biológicos), bem como, pela quantificação de biomassa (aérea e radicular) das pastagens (Almeida et al., 2023).

Assim, segundo Souza et al. (2020) alguns atributos do solo apresentam-se como indicador de

qualidade ou da saúde do solo, deste pode-se destacar o carbono orgânico, densidade do solo e estoque de carbono. Praça et al. (2023) afirmam que os diferentes sistemas de uso adotados na Amazônia, incluindo as pastagens, alteram a estrutura e agregação do solo. Por outro lado, Souza et al. (2024) em estudo comparativo entre pastagens e demais usos verificaram modificações nos atributos físicos do solo (resistência do solo a penetração, macro, micro e porosidade total).

Para uma avaliação mais robusta e completa sobre a saúde do solo e das plantas é primordial o conhecimento das características indicadoras da dinâmica dos ecossistemas naturais, bem como àquelas associadas a relação solo-planta (Almeida et al., 2024). Nesse sentido, poucos trabalhos têm estudado os atributos do solo sob pastagens plantadas com diferentes sistemas de manejo e usos de forrageiras na Amazônia, a exemplo dos estudos desenvolvidos por Lima et al. (2022) e Almeida et al. (2023).

Diante desse cenário, é fundamental o diagnóstico da saúde do solo para que se possa ter uma produção de pastagens de qualidade. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica dos atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas sob pastagens cultivadas em Humaitá, Amazonas.

Material e métodos

Caracterização do ambiente de estudo

As áreas de estudo localizam-se na Amazônia ocidental, mais precisamente na região Sul do estado do Amazonas, na zona de ocorrência conhecida como “arco do desmatamento” (Figura 1). O critério de escolha se baseou em áreas com histórico de pastagens degradadas. Foram selecionadas quatro áreas, sendo quatro áreas de pastagem utilizada de forma rotacionada (Tabela 1).

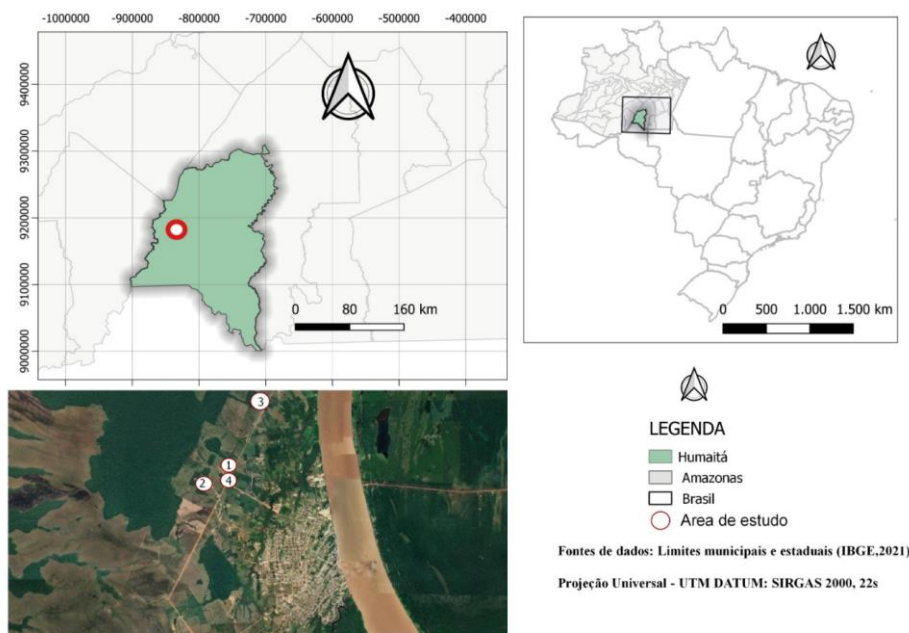


Figura 1. Mapa de localização aproximado da área de estudo com as áreas de pastagens e floresta.

Tabela 1. Descrição de uso e histórico das áreas de pastagem e naturais na região sul do Amazonas.

Pastagens sob diferentes sistemas de cultivo	Histórico de Usos
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 1)	Área de pasto com uso há mais de 30 anos, <i>Brachiaria brizantha</i> cv. <i>marandu</i> , com pasto reformado, com calagem, sem adubação e com plantas daninhas, a área é manejada com gado de leite criado extensivo e gado de corte rotacionado.
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 2)	Área de pasto com uso há mais de 30 anos, <i>Brachiaria brizantha</i> cv. <i>marandu</i> , pasto reformado, calagem e adubação mineral e orgânica e com plantas daninhas, a área é manejada com gado de leite criado de forma extensiva e gado de corte rotacionado.
Consórcio (<i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria humidicola</i>) (Área 3)	Área de pasto sob cultivo consorciado de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria humidicola</i> com uso há mais de 20 anos, com pasto reformado, com calagem, sem adubação, com pragas e plantas daninhas, a área é manejada com gado de corte e leite piquete rotacionado.
<i>Brachiaria humidicola</i> (Área 4)	Área de pasto com uso há mais de 30 anos, <i>Brachiaria humidicola</i> , com pasto reformado, com calagem e adubação mineral e orgânica e com plantas daninhas, a área é manejada com gado de leite criado de forma extensiva e gado de corte rotacionado.

Segundo classificação de Köppen, o clima da região pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando uma estação seca de pequena duração entre os meses de junho a

setembro. A pluviosidade anual varia de 2.500 a 2.800mm. A temperatura anual varia entre 24 a 26° C. A umidade relativa é bastante elevada, variando entre 85% a 90% na estação chuvosa e entre 60 a 70% na estação seca. O relevo local é suavemente

ondulado com altitude variando entre 100 a 200 m (Alvares et al., 2013).

Os solos das áreas de estudo são classificados como Latossolo e Argissolo localizados sobre a Planície Amazônica entre os rios Purus e Madeira, a mesma está associada a sedimentos aluviais recentes, do período Quaternário, caracterizadas pela presença de relevos tabulares de grandes dimensões, definidos por talwegues de aprofundamento muito fraco, isto é, o relevo apresentam declives muito suaves, e a drenagem natural é deficiente.

Metodologia de campo

Após a escolha das áreas de pastagens foram demarcados 10 pontos amostrais aleatórios distribuídos nas áreas. Em cada ponto foram coletados solos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, sendo essa a profundidade de maior interação do sistema radicular, atributos e dinâmica do carbono, perfazendo um total de 20 amostras por área, totalizando 80 amostras. As amostras de solos foram coletadas em forma de torrão e em anel volumétrico, para avaliação dos atributos físicos e carbono orgânico do solo.

Análises laboratoriais

Os torrões coletados foram secos à sombra e destorroadas manualmente. Em seguida passaram por um conjunto de peneiras de 9,51 mm de diâmetro de malha, 4,76 mm de diâmetro, onde ficaram retidos os agregados, e de 2,00 mm de diâmetro, onde ficaram retidas a Terra Fina Seca ao Ar - TFSA. O material de solo retido na peneira de 4,76 mm foi utilizado para análise da estabilidade do agregado, diâmetro geométrico médio (DMG) e classes de agregado >2 mm, 1–2 mm e <1 mm.

A separação e estabilidade dos agregados foram determinados pelo método de peneiramento úmido, segundo Kemper & Chepil (1965). Os agregados provenientes da peneira de 4,76 mm foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (SOLOTEST, Bela Vista, São Paulo, Brasil) por 15 min, com 32 oscilações por minuto. O material retido em cada classe das peneiras foi colocado em estufa a 105 °C, e em seguida foram mensuradas as respectivas massas em balança digital. Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada

uma das classes das peneiras para >2 mm, 1-2 mm e <1 mm, e posteriormente foram calculados os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) através da fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foi calculado segundo Schaller e Stockinger (1953), citado por Alvarenga et al. (1986), de acordo com as equações:

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

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

onde:

n_i é a porcentagem de agregados retidos em uma determinada peneira;

D_i é o diâmetro médio de uma determinada peneira;

N é o número de classes de peneiras.

Para as determinações da RSP, Ds, Pt, MiP, MaP, UV e UG, as amostras foram coletadas em anéis volumétricos foram saturadas por meio da elevação gradual, até 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 -0,006 MPa 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 UV, UG, Ds e Pt, pelo método do anel volumétrico, já a MaP foi determinada pela diferença entre Pt e MiP.

Enquanto o material de solo proveniente da peneira de 2 mm foi utilizado para análise de carbono orgânico, após maceração de subamostras em almofariz. O carbono orgânico (CO) foi quantificado pelo método de Walkley-Black, modificado por Yeomans & Bremner (1988). Já o estoque de carbono (EC) foi definido pela equação:

$$EC = Ds \times h \times CO \quad (3)$$

Onde:

EC = estoque de carbono (t ha⁻¹);

Ds = densidade do solo (g cm^{-3});

h = espessura da camada de solo amostrada (cm);

CO = teor de CO (%).

Análise estatística

Os dados obtidos nas análises em laboratório foram submetidos, inicialmente, à análise de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade da variância (Levene), e nenhuma transformação de dados foi necessária. Posteriormente, esses dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias dos atributos comparadas individualmente em cada camada do solo, utilizando do teste de Scott knott a 5 %.

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância (ANOVA) para os atributos físicos do solo sob pastagens em diferentes sistemas de cultivo nas duas camadas estudadas são apresentados na Tabela 2.

A umidade gravimétrica (UG) e umidade volumétrica (UV) nas duas camadas estudadas (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m) apresentaram comportamento idêntico em todos os sistemas de pastagens cultivadas do estudo (Tabela 2), não havendo diferença estatística entre elas, esse fato pode ter correlação com a agregação e a estrutura do solo (Lima et al., 2021).

Tabela 2. Teste de médias e coeficiente de variação dos atributos físicos do solo em áreas de pastagens cultivadas em Humaitá, AM.

Pastagens sob diferentes sistemas de cultivo	UG	UV	MiP	MaP	Pt	Ds	RSP
	%			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		g cm^{-3}	MPa
0,0-0,10 cm							
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 1)	0,30a	0,45a	0,43a	0,10a	0,53a	1,50a	2,61a
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 2)	0,37a	0,44a	0,44a	0,05b	0,50a	1,25b	2,48a
Consórcio (<i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria humidicola</i>) (Área 3)	0,28a	0,41a	0,41a	0,07b	0,49a	1,49a	2,86a
<i>Brachiaria humidicola</i> (Área 4)	0,28a	0,41a	0,41a	0,09b	0,49a	1,47b	2,81a
CV (%)	13,98	4,82	3,55	28,61	3,76	8,33	6,57
0,10-0,20 cm							
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 1)	0,29a	0,43a	0,39a	0,13a	0,52a	1,51a	2,21a
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 2)	0,26a	0,40ab	0,40a	0,05b	0,45ab	1,54a	1,81b
Consórcio (<i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Brachiaria humidicola</i>) (Área 3)	0,29a	0,40ab	0,40a	0,08b	0,48a	1,48a	1,99b
<i>Brachiaria humidicola</i> (Área 4)	0,24a	0,38ab	0,38a	0,04b	0,42b	1,59a	1,96b
CV (%)	9,07	5,12	2,43	53,88	9,13	4,41	8,28

UG = umidade gravimétrica; UV = umidade volumétrica; MiP = microporosidade; MaP = macroporosidade; Pt = porosidade total; Ds= densidade do solo; RSP = resistência do solo a penetração.

Observou-se uma diminuição da microporosidade (MiP) na camada de 0,10-0,20 m em relação a camada de 0,00-0,10 m, porém os sistemas de pastagens cultivadas foram

estatisticamente semelhantes em ambas as camadas estudadas (Tabela 2), com valores variando entre 0,38 a 0,44 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Já a macroporosidade do solo foi maior na Área 1 ocupada com *Brachiaria*

brizantha nas duas camadas estudadas, com volume de 0,10 e 0,13 m³ m⁻³ para as camadas 0,00-0,10 e 0,10-0,20 cm, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2022) em áreas de *brachiaria* e mombaça no norte de Rondônia.

A porosidade total (Pt) na camada de 0,00-0,10 m do solo não apresentou diferença estatística entre os sistemas de pastagens cultivadas, mantendo valores entre 0,49 a 0,53 m³ m⁻³. Para a camada de 0,10-0,20 m verificou-se que as áreas 1 e 3 apresentaram valores de Pt mais elevados diferindo estatisticamente das demais áreas estudadas, com valores 0,52 a 0,48 m³ m⁻³, para as áreas 1 e 3, respectivamente sob cultivo de *Brachiaria brizantha* e consórcio de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. Praça et al. (2023) encontraram valores de Pt nessa ordem em estudo comparativo entre pastagem e áreas sob uso agrícola no sul do Amazonas.

Na camada de 0,00-0,10 m, a densidade do solo (Ds) foi mais elevada nas áreas 1 (sob cultivo de *Brachiaria brizantha*) e 3 (sob e consórcio de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*) quando comparado as demais áreas estudadas, com valores de 1,50 e 1,49 g cm⁻³ respectivamente. Na camada de 0,10-0,20 m não houve diferença estatística significativa entre os sistemas de pastagens cultivadas com valores entre 1,48 a 1,59 g cm⁻³. Apesar disso, segundo Reinert et al. (2008) o crescimento normal das plantas de cobertura ocorre até o limite de densidade de 1,75 g m⁻³.

A resistência do solo a penetração (RSP) apresentaram valores iguais estatisticamente entre os sistemas de pastagens estudados na camada de 0,00-0,10 m, com valores entre 2,48 a 2,81 MPa. Já na camada 0,10-0,20 m verificou-se que a área 1, sob cultivo de *Brachiaria brizantha* apresentou maior valor (2,21 MPa) quando comparado as demais áreas de pastagens estudadas. Segundo Sartor et al. (2020) a resistência do solo a penetração é um atributo que está associado a textura, umidade, densidade e a compactação do solo causando limitação no desenvolvimento radicular das plantas, reduzindo seu crescimento

fisiológico e afetando na produtividade. Apesar disso, os resultados do estudo estão dentro dos limites críticos de resistência à penetração variando entre 2-3 MPa (Imhoff et al., 2000).

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados do diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado e classe de agregados do solo nas duas camadas estudadas. Verificou-se que o DMG e DMP apresentaram o mesmo comportamento na camada de 0,00-0,10 cm, valores mais baixos (1,89 e 2,26) na área 1, sob cultivo de *Brachiaria brizantha* diferindo estatisticamente das demais áreas cultivadas com pastagens. Na camada de 0,10-0,20 m foi observado os valores mais baixos para o DMG e DMP ocorreram nas áreas 1 (sob cultivo de *Brachiaria brizantha*) e 4 (sob cultivo de *Brachiaria humidicola*) indicando que apresentam menor estabilidade dos agregados estáveis em água, condizente com resultados de DMG e DMP encontrados por Souza et al. (2020) em áreas de usos agrícolas e floresta na Amazônia.

Em relação às classes de agregados, verificou-se um domínio da classe > 2,00 mm em relação as demais classes de agregados (2-1 e < 1 mm) estudadas independente dos sistemas de pastagens cultivadas (Tabela 3), estes resultados indicam grande estabilidade dos agregados destes solos e assemelham aos resultados encontrados por Praça et al. (2023). Quando se comparou os diferentes sistemas de cultivo de pastagens, na camada 0,00-0,10 m, a classe > 2,00 mm da área 1 sob cultivo de *Brachiaria brizantha* exibiu os piores resultados quando comparados aos demais sistemas de usos. Já na camada de 0,10-0,20 m, verificou-se área 1 sob cultivo de *Brachiaria brizantha* e área 4 sob cultivo de *Brachiaria humidicola* exibiram os valores mais baixos em relação aos demais sistemas de cultivo de pastagens.

Tabela 3. Teste de médias e coeficiente de variação dos agregados e classes de agregados em áreas de pastagens cultivadas em Humaitá, AM.

Pastagens sob diferentes sistemas de cultivo	DMG	DMP	>2	2-1	<1
	-----mm-----				
	0,0-0,10 cm				
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 1)	1,89b	2,26b	77,60b	4,50a	4,31a
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 2)	2,20a	2,96a	86,61a	1,24b	3,79a
<i>Consórcio (Brachiaria brizantha e Brachiaria humidicola</i> (Área 3)	2,40a	3,04a	88,87a	1,65b	3,80a
<i>Brachiaria humidicola</i> (Área 4)	2,98a	2,97a	85,38a	2,69b	4,08a
CV (%)	19,39	4,10	5,78	57,70	6,24
	0,10-0,20 cm				
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 1)	1,35b	2,30b	58,98b	8,16a	5,60a
<i>Brachiaria brizantha</i> (Área 2)	2,12a	2,81a	78,51a	5,21a	4,53a
<i>Consórcio (Brachiaria brizantha e Brachiaria humidicola</i> (Área 3)	2,22a	2,77a	76,56a	6,22a	4,63a
<i>Brachiaria humidicola</i> (Área 4)	1,15b	2,16b	57,18b	5,88a	4,94a
CV (%)	31,51	13,09	16,64	19,89	9,80

DMG = diâmetro médio geométrico; DMP = diâmetro médio ponderado.

Por outro lado, as classes de agregados 2-1 e <1 mm apresentaram comportamento semelhante em todos os sistemas de cultivo de pastagens e camadas, exceção feita apenas para a classe de agregados 2-1 mm, na camada 0,00-0,10 m, que a área 1 sob cultivo de *Brachiaria brizantha* exibiu os melhores percentuais de agregados. Essas características devem-se, provavelmente, as vias de formação dos agregados, a fisiogênica, relacionada a ciclos de umedecimento/secagem e adição de matéria orgânica; e a biogênica, associada à ação dos organismos da macrofauna e de raízes (Martins et al., 2023).

Na Figura 2 estão os teores do carbono orgânico e estoque de carbono nas pastagens sob diferentes sistemas de cultivo nas duas camadas estudadas. Foi possível observar que na camada de 0,00-0,10 m os maiores teores de C orgânico e estoque de C encontram-se na área 1 sob cultivo de *Brachiaria brizantha* e área 4 sob cultivo de

Brachiaria humidicola. Para a camada 0,10-0,20 m além das áreas 1 e 4, aparece também a área 3 sob cultivo consorciado de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. Em estudos desenvolvidos por Enck et al. (2022), verificaram os teores de carbono orgânico e estoque de carbono em áreas cultivadas com espécies amazônicas podem ser maiores que em áreas de floresta natural.

Araújo et al. (2023) analisando atributos do solo em áreas sob diferentes usos na região amazônica, verificaram que a conversão de floresta para pastagem manteve as características estruturais do solo, enquanto os demais usos incrementaram melhorias na qualidade física e fertilidade do solo. Nascimento et al. (2024) observaram variação nos efluxos de CO₂ e estoque de carbono em áreas de solos antrópicos e não antrópicos na Amazônia. Já Almeida et al. (2024) estudando comparativamente os teores de carbono orgânico em ambientes florestais e pastagens

naturais na Amazônia observaram variações nesses quantitativos apenas na camada superficial, sendo que em profundidade os valores se assemelham.

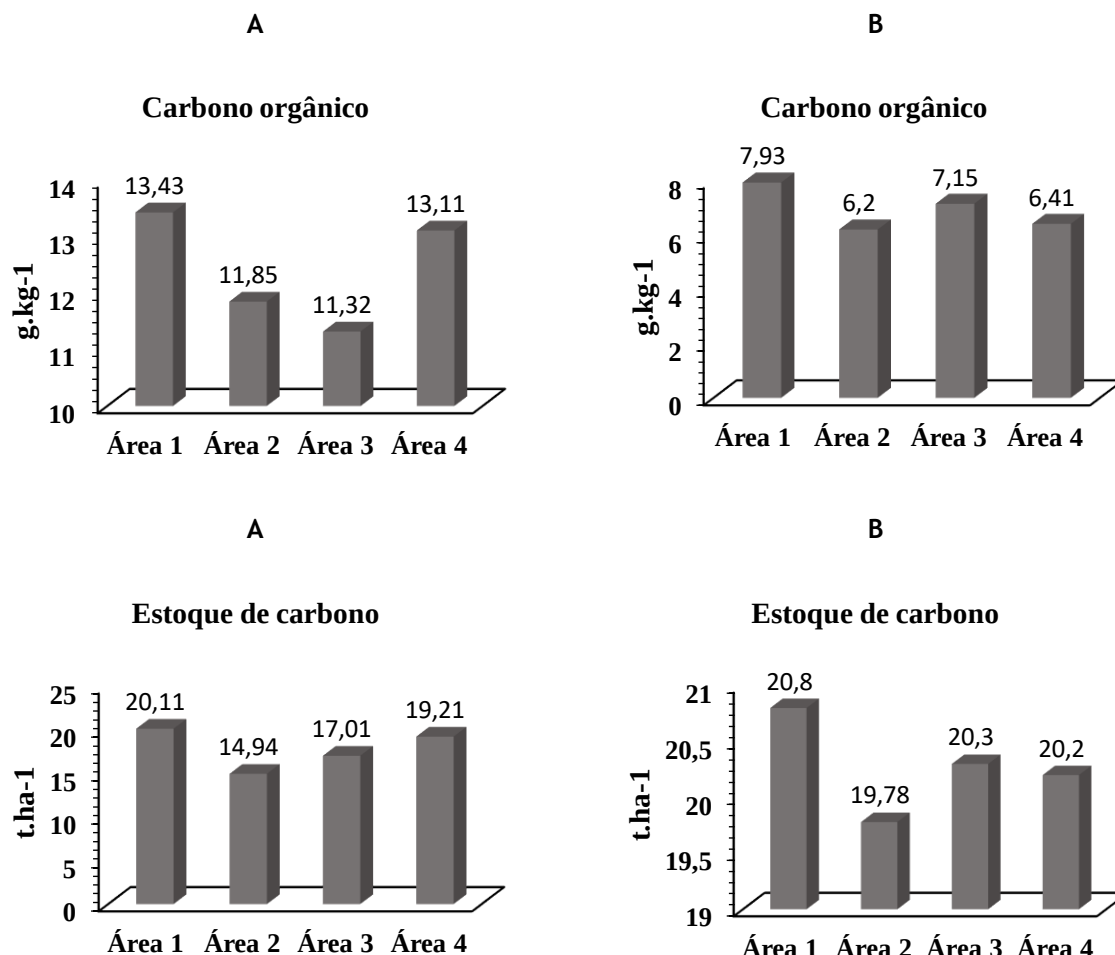


Figura 2. Teste de médias dos teores de carbono orgânico e estoque de carbono em áreas de pastagens cultivadas em Humaitá, AM. A – camada 0,0-0,10; B – camada 0,10-0,20 m.

Conclusões

Os sistemas de manejo das pastagens alteram a umidade volumétrica do solo, macroporosidade, porosidade total, densidade do solo, resistência do solo a penetração, DMG, DMP, classes de agregados >2 mm e 1-2 mm, COS e estoque de carbono orgânico do solo em uma ou em ambas as camadas do solo, mas não influencia a microporosidade e agregados < 1 mm;

A área ocupada com *Brachiaria brizantha* (área 1) apresentou leve destaque nesse estudo, ao observar as condições na distribuição e dinâmica dos atributos físicos do solo, o que pode estar associado com a capacidade de resiliência na

produção de biomassa e ao manejo incorporado à área.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa concedida.

Referências

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

- Almeida, R. G., Campos, M. C. C., Silva, D. M. P., Santos, R. V., Lima, A. F. L., Silva Souza, R. F., Bezerra, F. A., Araújo, W. O., & Oliveira, F. P. (2024). Organic Carbon and Formation of Soil Aggregates on Areas of Natural Vegetation Converted to Pasture in Southern Amazonas. *Eurasian soil science*, 4, 1-14. <https://doi.org/10.1134/S1064229323603281>
- Almeida, R. G., Silva, D. M. P., Santos, R. V., Frozzi, J. C., Silva, C. L., Rossi, A. A. A., Campos, M. C. C., & Cunha, J. M. (2023). Biomassa aérea e radicular de gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* em áreas de pastagens na região sul do Amazonas. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 16, 109-123. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.1-009>
- Alvarenga, R. C., Fernandes, B., Silva, T. C. A., & Resende, M. (1986). 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*, 10, 273-277.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araújo, R. M., Silva, D. M. P., Campos, M. C. C., Lima, A. F. L., Brito, W. B. M., Santos, L. A. C., & Cunha, J. M. (2023). Spatial variability of organic carbon and soil carbon stock in pasture areas in União Bandeirantes, Rondônia. *Revista brasileira de geografia física*, 16, 1013. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p1013-1024>
- Castro Filho, C., Muzilli, O., & Podanoschi, A. L. (1998). 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*, 22, 527-538. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000300019>
- Enck, B. F., Rodrigues, J. C. W., Hassane, A. L., Tembo, R. A., Campos, M. C. C., Santos, L. A. C., & Brito, W. B. M. (2020). Impacto nos atributos do solo sob conversão de floresta para áreas cultivadas na região sul do Amazonas, Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 24, 1-23. <https://doi.org/10.5902/2236499443591>
- Fonseca, J. S., Campos, M. C. C., Brito Filho, E. G., Mantovanelli, B. C., Silva, L. S., Lima, A. F. L., Cunha, J. M., Simões, E. L., & Santos, L. A. C. (2021). Soil-landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 80, 713-728. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10026-9>
- Imhoff, S., Silva, A. P., & Tormena, C. A. (2000). Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1493-1500. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700025>
- Kemper, W. D., & Chepil, W. S. (1965). Aggregate stability and size distribution. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: ASA, p.499-510.
- LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Atlas das Pastagens Brasileiras [recurso eletrônico]. Goiânia, 2017. Disponível em: <https://pastagem.org/atlas/map>
- Lima, A. F. L., Brito Filho, E. G., Campos, M. C. C., Bondade, B. B., Almeida, R. G., Pinheiro, E. N., Cavalcante, E. C., & Oliveira, F. P. (2023). Pastagens amazônicas: uma revisão sobre o avanço da pecuária sobre as terras amazônicas. *Revista valore*, 8, 37-50. <https://doi.org/10.22408/rev802023115237-50>
- Lima, A. F. L., Campos, M. C. C., Enck, B. F., Simões, W. S., Araújo, R. M., Santos, L. A. C., & Cunha, J. M. (2022). Physical soil attributes in areas under forest/pasture conversion in northern Rondônia, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 34-43. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09682-y>
- Lima, A. F. L., Campos, M. C. C., Martins, T. S., Brito Filho, E. G., Cunha, J. M., Souza, F. G., & Santos, E. A. N. (2021). Soil attributes and root distribution in areas under forest conversion to cultivated environments in south Amazonas, Brazil. *Bragantia*, 80, 1-17. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210106>
- Martins, T. S., Souza, F. G., Campos, M. C. C., Cunha, J. M., Brito, W. B. M., Lima, A. F. L., Assis, J. M., Oliveira, I. A., Oliveira, F. P., & Brito Filho, E. G. (2023). Spatial variability of chemical indicators of Amazon agricultural soils through geomultivariate statistics, Brazil. *Environmental monitoring and assessment*, 195, 1167. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11735-3>

- Nascimento, W. B., Souza, T. A. F., Silva, J. J. C., Mantovanelli, B. C., Oliveira, I. A., Oliveira Araujo, W., Campos, M. C. C., & Oliveira, F. P. (2024). Physical-chemical characterization of Amazonian dark earth as influenced by tropical fruticulture in western Brazil's Legal Amazon. *Journal of soils and sediments*, 24, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11368-024-03757-2>
- Praça, J. I. S., Enck, B. F., Campos, M. C. C., Pereira, M. G., Souza, F. G., Mantovanelli, B. C., Brito Filho, E. G., Silva, L. S., & Cunha, J. M. (2023). Spatial variability of soil organic carbon fractions in areas under cultivation of Amazonian species in the southern region of Amazonas state, Brazil. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 2, 1-14. <http://dx.doi.org/10.7764/ijanr.v50i2.2446>.
- Reinert, D. J., Albuquerque, J. A., Reichert, J. M., Aita, C., & Andrada, M. M. C. (2008). Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 1805-1816. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500002>
- Sartor, L. R., Ramão, J., Silva, V. P., Cassol, L. C., & Brun, E. J. (2020). Resistência mecânica do solo à penetração em sistema silvipastoril após onze anos de implantação. *Ciência Florestal*, 30, 231-241. <https://doi.org/10.5902/1980509831205>
- Souza, F. G., Campos, M. C. C., Mantovanelli, B. C., Santos, R. V., Cunha, J. M., Oliveira, F. P., Lima, A. F. L., Brito, W. B. M., Freitas, L., Brito Filho, E. G., Brito Silva, J., & Almeida, R. G. (2024). Spatial variability of soil resistance penetration in forest areas converted for agricultural uses in the Amazon, Brazil. *Revista brasileira de geografia física*, 17, 332-348. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p332-348>
- Souza, F. G., Campos, M. C. C., Pinheiro, E. N., Lima, A. F. L. D., Brito Filho, E. G. D., Cunha, J. M., Brito, W. B. M. (2020). Aggregate stability and carbon stocks in Forest conversion to different cropping systems in Southern Amazonas, Brazil. *Carbon Management*, 11, 81-96. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1694355>
- Yeomans, J. C., & Bremner, J. M. (1988). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 19, 1467-1476. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>