

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

GABRIEL GUZZI SILVA

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO

CHAPADÃO DO SUL-MS

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Msc. Aldair Felix da Silva

CHAPADÃO DO SUL-MS

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir que eu chegasse até aqui com saúde, sabedoria e fé.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio constante e por sempre acreditarem em mim. Sem vocês, essa conquista não seria possível.

Ao meu orientador, pela orientação cuidadosa, paciência, incentivo e por compartilhar seus conhecimentos ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para a realização deste TCC.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada acadêmica, o meu sincero agradecimento.



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



ATA DE DEFESA FINAL DO TCC

Bacharelado em Agronomia.

Aos dezoito dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e cinco, no horário das 13h00 às 14h00, foi realizada a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do acadêmico **Gabriel Guzzi Silva**, intitulado "**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO**". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador Prof. Me. Aldair Félix da Silva, presidente da Banca Examinadora, constituída pelos seguintes membros: Eng. Agr. Me. Elber Vinícius Martins Silva e Eng. Agr. Marcos Eduardo Miranda Alves. A Banca Examinadora avaliou o trabalho e atribuiu a nota média, no valor de 9,3 (nove vírgula três) sendo o discente considerado **aprovado**. Encerrados os trabalhos, os Examinadores deram ciência ao examinado da decisão. Proclamada a decisão pelo Prof. Me Aldair Félix da Silva, presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos. E para constar eu, Andressa Ferreira Domingos, confiro e assino a presente Ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

Chapadão do Sul, 18 de junho de 2025.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Aldair Félix da Silva, Professor do Magisterio Superior - Substituto**, em 03/07/2025, às 10:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Elber Vinicius Martins Silva, Usuário Externo**, em 03/07/2025, às 11:05, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Eduardo Miranda Alves, Usuário Externo**, em 03/07/2025, às 11:06, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5696172** e o código CRC **468BB85F**.

RESUMO: Manejos com vegetação permanente e menor perturbação do solo, como áreas de preservação permanente e sistema de cultivo com cobertura vegetal, promovem maior acúmulo de carbono na camada superficial do solo, enquanto sistemas com maior distúrbio, como o pastejo intensivo, reduzem o estoque de carbono nessa camada, mas podem favorecer o acúmulo em camadas mais profundas devido à presença de raízes forrageiras e à compactação do solo. Avaliar o efeito de diferentes manejos de uso do solo, incluindo rotação de culturas, cobertura vegetal, pastejo intensivo e vegetação nativa, sobre o estoque de carbono em diferentes profundidades do solo. A condução desse experimento foi realizada na Fazenda Campo Alegre, no município de Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Foram avaliados quatro diferentes manejos de uso do solo: (i) sistema de cultivo entre *Urochloa decumbens* e soja, na qual a forrageira é utilizada exclusivamente como cobertura vegetal, sendo posteriormente dessecada para o cultivo direto da soja (T1); (ii) integração lavoura pecuária (T2); (iii) área de preservação permanente com características típicas de vegetação de cerrado como parâmetro de ambiente em equilíbrio (T3) e (iv) área submetida a pastejo intensivo de gado por pelo menos 10 anos (T4). As avaliações ocorreram no mês de agosto de 2024, período de seca na região. Em cada uma das áreas foram retiradas cinco pontos de amostra de solo, em três profundidades diferentes. O carbono no solo foi determinado através da concentração de carbono orgânico total (COT), por meio da coleta de solos em pontos georreferenciados, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, utilizando trado tipo sonda. Os resultados demonstram que o estoque de carbono no solo é fortemente influenciado pelo tipo de manejo adotado e pela profundidade analisada. A vegetação nativa de cerrado (T3) apresentou o maior estoque de carbono na camada superficial (0–10 cm), servindo como referência de solo em equilíbrio ecológico. De forma notável, o sistema de rotação entre *Urochloa decumbens* e soja (T1), com uso da forrageira exclusivamente como cobertura vegetal, obteve níveis de carbono similares aos da vegetação nativa, evidenciando o potencial desses sistemas para a conservação e o sequestro de carbono no solo. Em contrapartida, o manejo com pastejo intensivo de gado (T4) resultou no menor estoque de carbono na superfície, mas apresentou maior acúmulo na camada de 20–40 cm.

PALAVRAS CHAVE: gases de efeito estufa, sustentabilidade, pastejo intensivo, integração lavoura pecuária

ABSTRACT: Management systems with permanent vegetation and less soil disturbance, such as permanent preservation areas and cover cropping systems, promote greater carbon accumulation in the surface soil layer, while systems with greater disturbance, such as intensive grazing, reduce carbon stocks in this layer but may favor accumulation in deeper layers due to the presence of forage roots and soil compaction. The aim of this study was to evaluate the effect of different land use management systems, including crop rotation, cover cropping, intensive grazing, and native vegetation, on carbon stocks at different soil depths. This experiment was conducted at Campo Alegre Farm, in the municipality of Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Four different land use management systems were evaluated: (i) a cropping system between *Urochloa decumbens* and soybean, in which the forage is used exclusively as cover crop, being subsequently desiccated for direct soybean cultivation (T1); (ii) integrated crop-livestock system (T2); (iii) a permanent preservation area with typical cerrado vegetation characteristics as a parameter of an equilibrium environment (T3); and (iv) an area subjected to intensive cattle grazing for at least 10 years (T4). The assessments took place in August 2024, during the dry season in the region. Five soil samples were collected from each area at three different depths. Soil carbon was determined by measuring total organic carbon (TOC) concentrations by collecting soil samples at georeferenced points at depths of 0–10, 10–20, and 20–40 cm using a probe. The results demonstrate that soil carbon stocks are strongly influenced by the type of management adopted and the depth analyzed. Native cerrado vegetation (T3) presented the highest carbon stocks in the surface layer (0–10 cm), serving as a reference for soil in ecological equilibrium. Notably, the rotation system between *Urochloa decumbens* and soybean (T1), using forage exclusively as cover crop, achieved carbon levels similar to those of native vegetation, demonstrating the potential of these systems for soil carbon conservation and sequestration. In contrast, management with intensive cattle grazing (T4) resulted in the lowest surface carbon stocks but showed greater accumulation in the 20–40 cm layer.

KEYWORDS: greenhouse gases, sustainability, intensive grazing, crop-livestock integration

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

INTRODUÇÃO

O estoque de carbono no solo desempenha papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas e na manutenção da qualidade do solo, sendo sensível aos sistemas de manejo e uso da terra (Silva et al., 2023). No Cerrado brasileiro, a consolidação de práticas como sistema de cultivo de culturas com cobertura vegetal e pastejo adaptativo tem sido apontada como estratégia eficiente para aumentar ou manter os estoques de carbono, especialmente nas camadas superficiais (Madari et al., 2024).

A integração lavoura-pecuária evidenciou eficácia na conservação dos atributos químicos do solo; a rotação de soja, milho e pastagem com *Urochloa decumbens* manteve o estoque de carbono comparável ao de sistemas sob vegetação natural, destacando o papel da cobertura vegetal e da redução da perturbação do solo. Complementarmente, mostraram que a adoção de plantio direto aliado à rotação com cobertura vegetal aumentou o estoque de carbono em camadas profundas (31–40 cm), associando-se ao maior desenvolvimento radicular de forrageiras como *U. ruziziensis* (Schiavo et al., 2011).

Esses achados convergem para a noção de que manejos agropecuários que preservam cobertura contínua do solo e promovem o aporte de biomassa favorecem o acúmulo de carbono. Além disso, sistemas com menor intensidade de distúrbio, como áreas de preservação e ILPF, mantêm estoques elevados de matéria orgânica, similar aos verificados em florestas nativas (Silva et al., 2024).

Desta forma, torna-se premente investigar comparativamente o impacto de diferentes práticas de manejo sobre a distribuição de carbono em camadas distintas do solo, especialmente considerando seu potencial para retenção em profundidade, parâmetro ainda pouco explorado no contexto do Cerrado.

Manejos com vegetação permanente e menor perturbação do solo, como áreas de preservação permanente e sistema de cultivo com cobertura vegetal, promovem maior acúmulo de carbono na camada superficial do solo, enquanto sistemas com maior distúrbio, como o pastejo intensivo, reduzem o estoque de carbono nessa camada, mas podem favorecer o acúmulo em camadas mais profundas devido à presença de raízes forrageiras e à compactação do solo. Avaliar o efeito de diferentes manejos de uso do solo, incluindo rotação de culturas, cobertura vegetal, pastejo intensivo e vegetação nativa, sobre o estoque de carbono em diferentes profundidades do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução desse experimento foi realizada na Fazenda Campo Alegre, no município de Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul (18,79128° S, 52,74724° O, com 810 m de altitude). O clima da região é classificado como Tropical de Savana (Aw), segundo a classificação de Köppen e Geiger, com inverno seco e verão chuvoso. O solo predominante da região é o Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso. A característica do solo da localidade em que foi avaliado o experimento consta na Tabela 1.

Tabela 1. Características do solo da área experimental

Prof.	pH (CaCl ₂)	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P _(Mech)	S
		cmolc dm ⁻³					Mg dm ⁻³		
0-20	5,71	5,86	4,24	1,62	0,04	2,61	0,21	20,45	15,96
20-40	5,12	2,58	1,78	0,8	0,07	3,37	0,11	4,05	45,34
Prof.	M.O	T	V%	Argila		Silte		Areia	
	g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³				g/dm ³			
0-20	28,80	8,14	73,49	265		40		665	
20-40	16,81	5,82	45,58	490		65		470	

Foram avaliados quatro diferentes manejos de uso do solo: (i) sistema de cultivo entre *Urochloa decumbens* e soja, na qual a forrageira é utilizada exclusivamente como cobertura vegetal, sendo posteriormente dessecada para o cultivo direto da soja (T1); (ii) integração lavoura pecuária (T2); (iii) área de preservação permanente com características típicas de vegetação de cerrado como parâmetro de ambiente em equilíbrio (T3) e (iv) área submetida a pastejo intensivo de gado por pelo menos 10 anos (T4). As avaliações ocorreram no mês de agosto de 2024, período de seca na região. Em cada uma das áreas foram retiradas cinco pontos de amostra de solo, em três profundidades diferentes. O carbono no solo foi determinado através da concentração de carbono orgânico total (COT), por meio da coleta de solos em pontos georreferenciados, na profundidade de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, utilizando trado tipo sonda. Após homogeneização e separação para análises químicas, as amostras de solo foram secas ao ar e passadas por peneira de 2 mm.

Foi utilizado método colorimétrico, segundo recomendações de Cantarella et al. (2001), onde 1cm⁻³ de solo de cada profundidade foi condicionado em copos plásticos com adição de 10 ml de solução de dicromato de sódio Na₂Cr₂O₇, contendo 0,667 mol L⁻¹ de dicromato de sódio e 5 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico. Após a adição da solução, os copos

foram levados a mesa agitadora durante 10 minutos à 180 rpm. Posterior a agitação, as amostras ficaram em repouso durante uma hora, onde realizou-se adição de 50 ml de água usando dispensador com jato forte para promover a mistura das soluções. As amostras foram deixadas durante 12 horas em repouso, objetivando a obtenção da decantação. Após esse período, o líquido sobrenadante foi transferido para cela de medida do espectrofotômetro ou calorímetro, com filtro de transmissão máxima de 650 nm. Os resultados são calculados com base na curva padrão. A curva padrão foi obtida através de amostras de solos entre zero e 200 g dm⁻³ de C analisadas pelo método volumétrico (Teixeira et al., 2017).

A densidade do solo foi obtida segundo metodologia proposta por Teixeira et al. (2017), através da coleta de amostras com cilindro metálico, por meio de escavação do solo ao redor do cilindro na medida que ele é inserido no solo. Após a remoção do anel no solo, a amostra é transferida para recipiente numerado e de massa conhecida, sendo levado a estufa de circulação de ar forçado por 105 °C durante 48 horas e pesando após o resfriamento em dessecador. Os resultados são calculados através da fórmula:

$$D_s = \frac{m_a}{V}$$

Em que: D_s - densidade do solo em kg dm⁻³; m_a - massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante em gramas; e V – volume do cilindro em cm³.

O cálculo do estoque de carbono foi realizado através da densidade do solo utilizando correção baseada em Carvalho et al. (2009), onde cada camada estudada é corrigida por sua espessura em relação a área de referência (vegetação nativa), conforme fórmula abaixo:

$$EstC = \frac{C_s * D_s * \left(\frac{D_{ref}}{D_s} * e \right)}{10}$$

Em que: EstC – estoque de carbono orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); C_s – teor de carbono orgânico na profundidade amostrada (kg dm⁻³); D_s – densidade do solo na profundidade amostrada (kg dm⁻³); D_{ref} – densidade do solo para profundidade amostrada na área de referência (kg dm⁻³); e – espessura da camada considerada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de comparação de médias para identificar os manejos que resultaram nos maiores estoques. As visualizações gráficas foram elaboradas no software R utilizando o pacote ggplot2, com gráficos de caixas representando os resultados das médias. Adicionalmente, foi construída uma análise de

componentes principais (PCA) no mesmo ambiente estatístico, com o objetivo de explorar as relações entre as variáveis medidas e os diferentes manejos de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada superficial do solo (0–10 cm, C1), observou-se que o tratamento T3 apresentou o maior estoque de carbono entre os manejos avaliados. Esse tratamento corresponde à área de preservação permanente, com vegetação típica de cerrado, o que reflete um sistema em equilíbrio ecológico e com acúmulo contínuo de matéria orgânica ao longo do tempo (Figura 1). A presença de dossel contínuo, deposição foliar constante e mínima perturbação do solo contribuem para esse acúmulo.

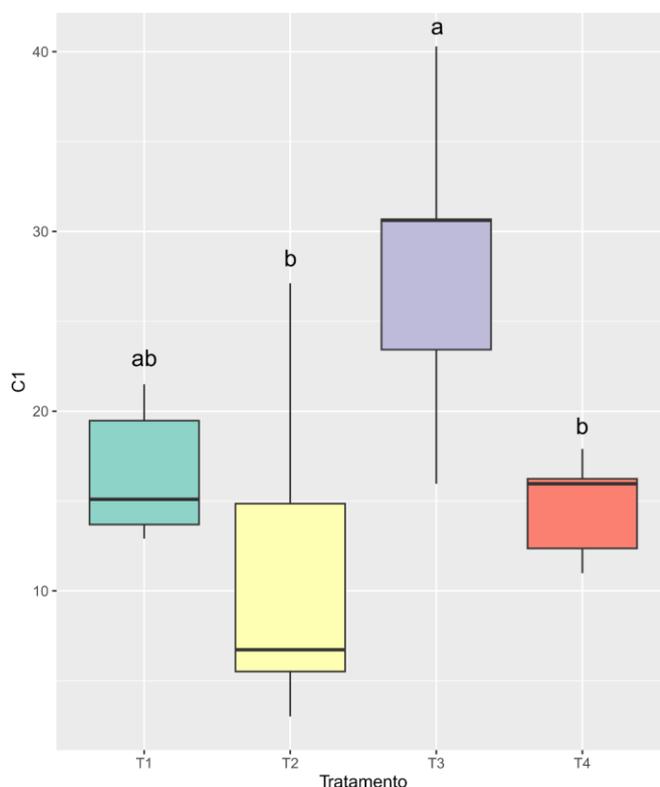


Figura 1. Gráfico boxplot na comparação de médias de estoque de carbono na camada de 0-10 em diferentes manejos de pastagem, avaliados em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul.

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Notavelmente, o tratamento T1, correspondente ao sistema de cultivo entre *Urochloa decumbens* e soja, com a forrageira utilizada exclusivamente como cobertura vegetal, apresentou estoque de carbono estatisticamente similar ao da área de vegetação nativa. Esse resultado destaca o potencial de sistemas integrados e com cobertura vegetal

contínua para manter ou até recuperar os estoques de carbono no solo. A presença de *U. decumbens* como planta de cobertura promove maior aporte de resíduos orgânicos, tanto na forma de biomassa aérea quanto radicular, além de proteção física do solo contra processos erosivos e redução da amplitude térmica e da evaporação da água do solo. Esses fatores, combinados com o menor revolvimento do solo em comparação a sistemas convencionais, favorecem o acúmulo e a estabilização do carbono orgânico no perfil superficial (Bustamante et al., 2016).

Por outro lado, o menor estoque de carbono foi verificado no tratamento T4, referente ao pastejo intensivo de gado, o que pode ser atribuído à compactação do solo, à redução da ciclagem de matéria orgânica e ao possível aumento da mineralização de carbono promovido pelo manejo intensivo (Abdalla et al., 2018). O pisoteio do gado compacta a superfície do solo e aumenta a densidade, o que induz a degradação do solo e, portanto, diminui a concentração de estoque de carbono no solo (SOC) (Heggenes et al., 2017).

Na segunda camada avaliada (10–20 cm), não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos em relação ao estoque de carbono (Figura 2). Esse resultado pode estar relacionado à menor influência direta dos manejos agrícolas nessa profundidade, dado que a maior parte da adição de resíduos vegetais e a atividade microbiana ocorrem mais intensamente na camada superficial (Naylor et al., 2022).

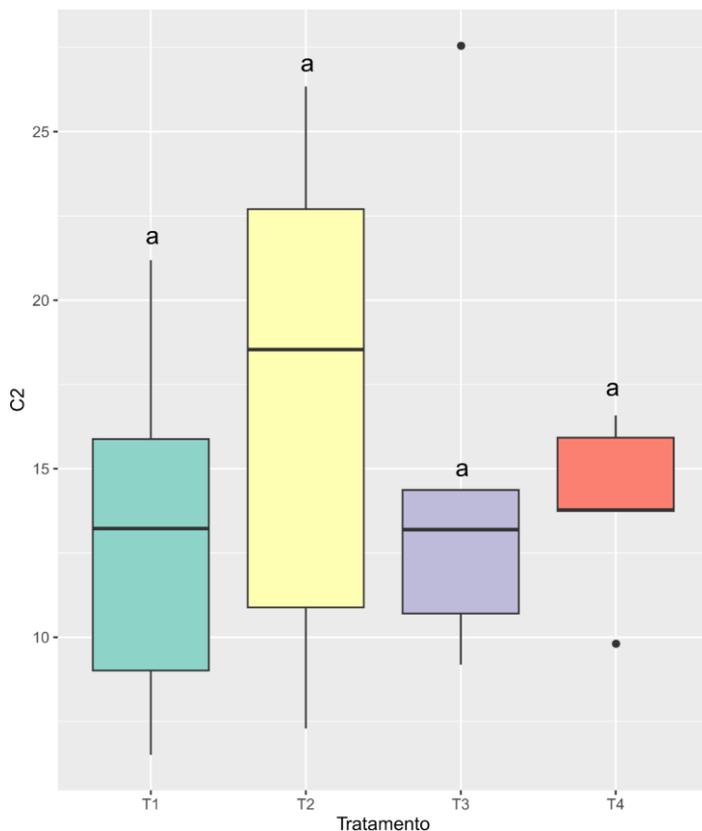


Figura 2. Gráfico boxplot na comparação de médias de estoque de carbono na camada de 10-20 em diferentes manejos de pastagem avaliados em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul.

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na camada de 20–40 cm, o maior estoque de carbono foi registrado no tratamento T4 (pastejo intensivo de gado) (Figura 3). Esse resultado, aparentemente contraditório com a camada superficial, pode ser explicado pelo acúmulo de raízes mais profundas da forrageira sob pastejo intensivo, que contribuem com carbono orgânico em profundidade, além de possíveis efeitos de compactação que diminuem a taxa de decomposição da matéria orgânica nesta camada, os autores ainda afirmam que é essencial considerar tanto o clima quanto o tipo de gramínea nas decisões de manejo de pastagens para abordar a sustentabilidade do SOC, a conservação da biodiversidade, a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a mitigação das mudanças climáticas. (Abdalla et al., 2018). Os demais tratamentos apresentaram estoques de carbono semelhantes entre si. estudos comprovam que as pastagens podem estocar quantidades significativas de carbono, todavia o manejo intensivo da pecuária pode levar perdas desse carbono

estocado, podendo se tornar uma fonte, em vez de um sumidouro, de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Janzen, 2006; Ciaís et al., 2010; Powlson et al., 2011).

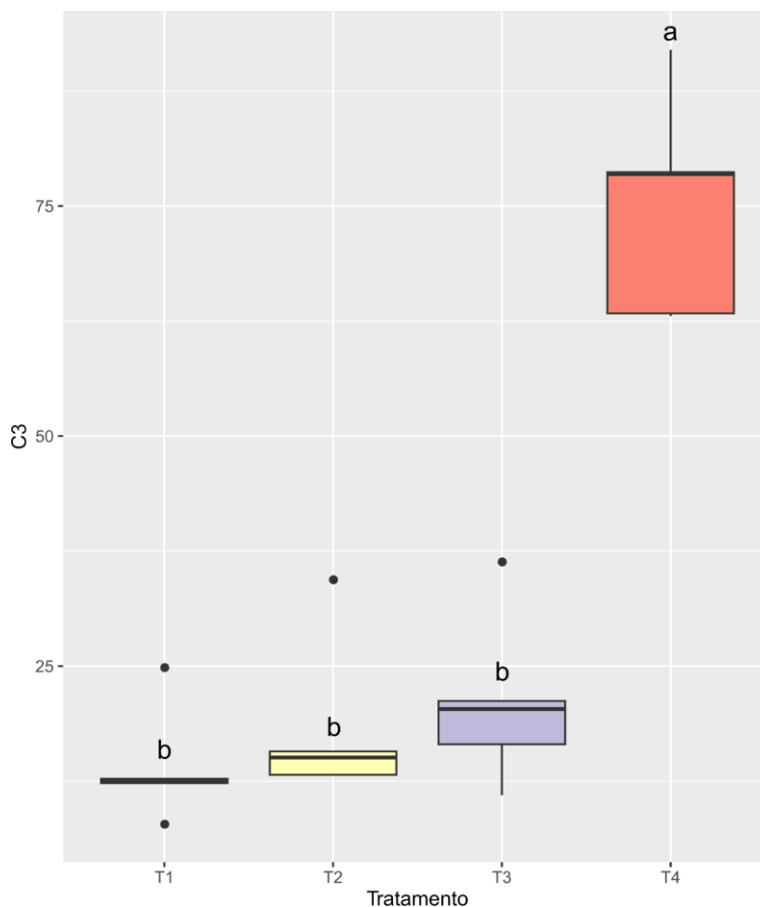


Figura 3. Gráfico boxplot na comparação de médias de estoque de carbono na camada de 20-40 em diferentes manejos de pastagem avaliados em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul.

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de componentes principais (PCA) reforça os padrões observados nas diferentes camadas do solo. O estoque de carbono na primeira camada (C1) mostrou maior associação com os tratamentos T1 e T3, indicando que tanto a vegetação nativa quanto o manejo com cobertura vegetal permanente promovem o acúmulo de carbono superficial (Figura 4). A variável C2 (estoque na segunda camada) esteve mais relacionada ao tratamento T2, enquanto a C3 (estoque na camada de 20–40 cm) apresentou maior correlação com o T4, confirmando a tendência de acúmulo de carbono em profundidade sob pastejo intensivo.

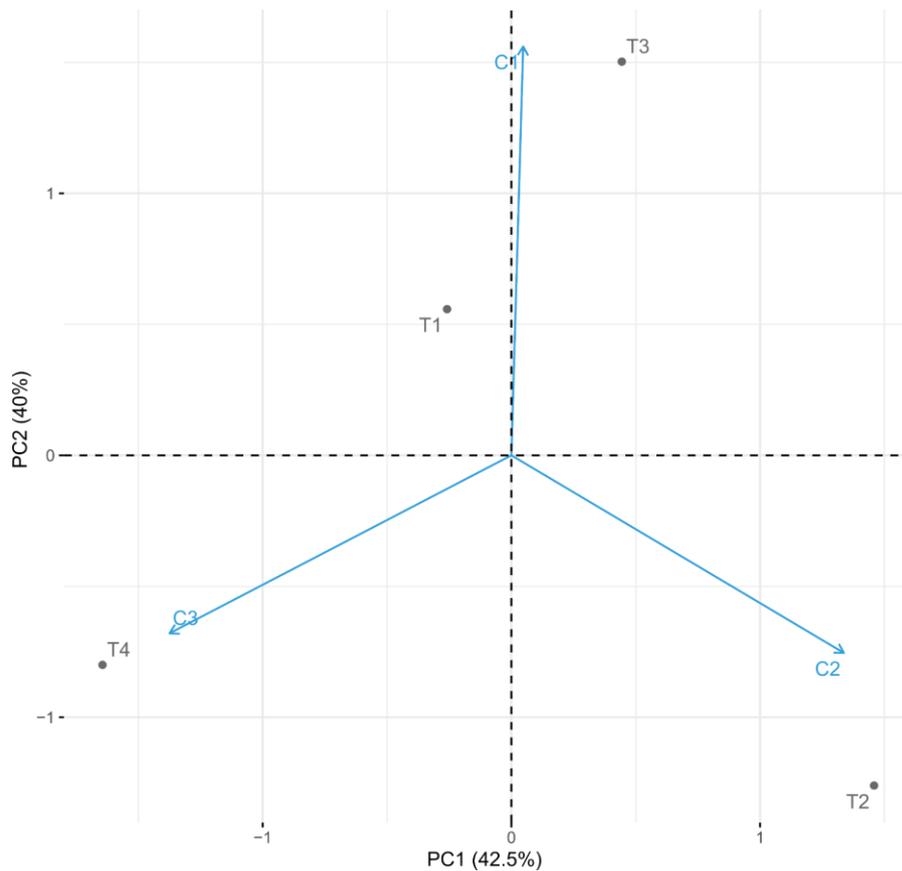


Figura 4. Análise de componentes principais para estoque de carbono nas camadas de 0-10 (C1), 10-20 (C2) e 20-40 (C3) em diferentes manejos de pastagem avaliados em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul.

Estudos recentes apontam que sistemas de manejo que incorporam a rotação com espécies forrageiras promovem um ambiente mais estável, com melhoria na estrutura do solo, aumento da agregação e maior atividade microbiana, o que contribui para o sequestro de carbono (Brevilieri et al., 2015). Em condições de pastejo contínuo e com altas taxas de lotação, observa-se ainda uma menor cobertura do solo, o que expõe a superfície à ação direta da radiação solar, acentuando a oxidação da matéria orgânica e facilitando a decomposição acelerada da fração lábil do carbono (Silva et al., 2023). Em longo prazo, tais práticas podem comprometer a fertilidade do solo e sua capacidade de funcionar como sumidouro de carbono, contribuindo para a emissão de CO_2 para a atmosfera (Silva et al., 2023).

Esses resultados ressaltam a importância de estratégias de manejo que promovam a cobertura vegetal contínua e reduzam a degradação do solo para otimizar o sequestro de carbono, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e a mitigação das mudanças climáticas.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que o estoque de carbono no solo é fortemente influenciado pelo tipo de manejo adotado e pela profundidade analisada. A vegetação nativa de cerrado (T3) apresentou o maior estoque de carbono na camada superficial (0–10 cm), servindo como referência de solo em equilíbrio ecológico. De forma notável, o sistema de cultivo entre *Urochloa decumbens* e soja (T1), com uso da forrageira exclusivamente como cobertura vegetal, obteve níveis de carbono similares aos da vegetação nativa, evidenciando o potencial desses sistemas para a conservação e o sequestro de carbono no solo. Em contrapartida, o manejo com pastejo intensivo de gado (T4) resultou no menor estoque de carbono na superfície, mas apresentou maior acúmulo na camada de 20–40 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D. R., Jones, D. L., Evans, C. D., Jones, M. B., ... & Smith, P. E. T. E. (2018). Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 253, 62-81.

Brevilieri, R. C., & Dieckow, J. (2015). 9 Mitigação de emissões de gases de efeito estufa em solos agrícolas e florestais como indicador de serviços ambientais. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas**, 109.

Bustamante, M. M., Roitman, I., Aide, T. M., Alencar, A., Anderson, L. O., Aragão, L., ... & Vieira, I. C. (2016). Toward an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. **Global change biology**, 22(1), 92-109.

Ciais, P., Dolman, H., Dargaville, R., Barrie, L., Bombelli, A., Butler, J., ... & Zehner, C. (2010). *GEO carbon strategy* (Doctoral dissertation, Geo Secretariat Geneva, /FAO, Rome).

da SILVA, M. A., dos SANTOS, F. C., de ALBUQUERQUE FILHO, M. R., da SILVEIRA, M. C. T., TEIXEIRA, E., VASCONCELOS, A. D. A., ... & SOUZA, W. G. (2023). Impacto do sistema de pastejo no estoque de carbono lábil do solo arenoso.

Heggenes, J., Odland, A., Chevalier, T., Ahlberg, J., Berg, A., Larsson, H., & Bjerketvedt, D. K. (2017). Herbivore grazing—or trampling? Trampling effects by a large ungulate in cold high-latitude ecosystems. **Ecology and Evolution**, 7(16), 6423-6431.

Janzen, H. H. (2006). The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it?. **Soil Biology and Biochemistry**, 38(3), 419-424.

Madari, B. E., Matos, P. S., Oliveira, J. M., Carvalho, M. T. M., Silveira, A. L. R., Machado, P. L. O. A., ... & Pacheco, A. R. (2024). Soil carbon stock changes in a crop-livestock-forestry integration in Southern Goiás State, Brazil. **Agroforestry Systems**, 98(7), 2141-2156.

Naylor, D., McClure, R., & Jansson, J. (2022). Trends in microbial community composition and function by soil depth. **Microorganisms**, 10(3), 540.

Powlson, D. S., Whitmore, A. P., & Goulding, K. W. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. **European journal of soil science**, 62(1), 42-55.

Schiavo, J. A., Rosset, J. S., Pereira, M. G., & Salton, J. C. (2011). Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 1332-1338.