

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

Thayriq Gregory Rosa de Jesus

**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM DIFERENTES ESPÉCIES DE
EUCALIPTO NO VERÃO E INVERNO**

CHAPADÃO DO SUL-MS

2025

Thayriq Gregory Rosa de Jesus

**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM DIFERENTES ESPÉCIES DE
EUCALIPTO NO VERÃO E INVERNO**

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro

CHAPADÃO DO SUL-MS

2025



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **Thayriq Gregory Rosa de Jesus**.

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro**.

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pelo curso de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul.

Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro
Presidente da Banca Examinadora e Orientador

Prof. Dr. Fábio Henrique Rojo Baio
Membro da Banca Examinadora

Prof. Msc. Octávio Barbosa Plaster
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 07 de novembro de 2025.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Teodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 07/11/2025, às 17:04, 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 **Fabio Henrique Rojo Baio, Professor do Magisterio Superior**, em 07/11/2025, às 17:14, 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 **Octavio Barbosa Plaster, Professor do Magisterio Superior**, em 07/11/2025, às 17:24, 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?](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6026087** e o código CRC **17BD13B9**.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão, nº 5167

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000802/2025-33

SEI nº 6026087

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Márcia Cristina Capistrano da Rosa, meu pai José Conceição de Andrade e minha irmã Thayrine Elise Rosa de Jesus por acreditarem em mim e pelo apoio de sempre, tanto apoio moral quanto afetivo. A todos meus familiares pela torcida para que tudo desse certo até aqui. Ao professor Dr. Paulo Eduardo Teodoro e a professora Dra. Larissa Pereira Ribeiro Teodoro pelas orientações, confiança, ensinamentos acadêmicos e de vida. A Professora Dra. Dthenifer Cordeiro Santana pela coorientação, confiança, amizade, conversas nos melhores ambientes da cidade e por me proporcionar novas visões sobre a vida exemplo de pessoa que admiro muito. Aos meus colegas do GEMP- grupo de estudos em melhoramento de plantas, foram de suma importância na estruturação e geração de dados do meu trabalho de conclusão de curso. Aos meus amigos que fiz durante a graduação e fora da faculdade, em especial o grupo de capoeira Guerreiros da Senzala. A todos que torcem por mim de algum modo e contribuíram para a realização deste trabalho. Por último, a Deus e oxalá, e por minha pessoa por nunca desistir do que acredita.

SUMÁRIO

RESUMO	1
INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS	6
DISCUSSÃO	10
CONCLUSÃO.....	11
REFERÊNCIAS	11

RESUMO

O setor florestal está em constante crescimento no Brasil, principalmente no estado de Mato Grosso do Sul, onde há uma grande demanda de florestas transplantadas da espécie *Eucalyptus*. O solo é um importante compartimento de carbono e exerce papel fundamental sobre a emissão de gases do efeito estufa e consequentes mudanças climáticas globais. O objetivo do trabalho visou identificar diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* que possa estocar diferentes concentrações de carbono no solo em duas épocas diferentes do ano, sendo um período chuvoso e o outro seco. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no município de Chapadão do Sul-MS, com cinco espécies de eucalipto: *E. Camaldulensis*, *C. Citriodora*, *E. Grandis*, *E. Saligna*, *E. Urophylla* e um clone *GG100* (clone de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). A coleta do solo foi realizada com trado tipo sonda, sendo coletado amostras das camadas de 0-10, 10-20, 20-30, totalizando três amostras por parcela, as amostras coletadas foram colocadas sobre uma bancada na casa de vegetação para secagem do solo. A determinação do estoque de carbono foi analisada pelo método colorimétrico. Conclui-se que durante o período de chuva as espécies não tiveram significância na estocagem de carbono, por camada. No período de seca houve maior estoque de carbono (C), com ênfase na camada 20-30 cm, cujo o clone *GG100* e as espécies *E. Saligna* e *E. Citriodora* tiveram maior significância na estocagem de carbono.

PALAVRAS CHAVE: Silvicultura, preservação, conservação, gases de efeito estufa.

ABSTRACT

The forestry sector is constantly growing in Brazil, especially in the state of Mato Grosso do Sul, where there is a high demand for planted forests of the *Eucalyptus* species. The soil is an important carbon compartment and plays a fundamental role in the emission of greenhouse gasses and consequent global climate changes. The objective of the work aimed to identify different species of the genus *Eucalyptus* that can store different concentrations of carbon in the soil at two different times of the year, one during the rainy season and the other during the dry season. The experiment was conducted at the Federal University of Mato Grosso do Sul in the municipality of Chapadão do Sul-MS, with five eucalyptus species: *E. Camaldulensis*, *C. Citriodora*, *E. Grandis*, *E. Saligna*, *E. Urophylla*, and a *GG100* clone (a hybrid clone of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). Soil collection was carried out using a core drill, with samples taken from the 0-10, 10-20, and 20-30 cm layers, totaling three samples per plot.

The collected samples were placed on a bench in the greenhouse for soil drying. The determination of carbon stock was analyzed by the colorimetric method. It is concluded that during the rainy period, the species did not have significance in carbon storage, by layer. During the dry period, there was a higher carbon (C) stock, with an emphasis on the 20-30 cm layer, particularly with the GG100 clone and the species *E. Saligna* and *E. Citriodora* had greater significance in carbon storage.

KEYWORDS: Forestry, preservation, conservation, greenhouse gases.

INTRODUÇÃO

As continuas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) tem a capacidade de alterar o clima global, acarretando alterações climáticas (Kabir et al., 2023). Cientistas afirmam que se as nações mantiverem as atuais emissões de gases do efeito estufa, a temperatura tende a subir de 2 a 5°C (Nunes, 2023). Conforme apontado por Mikhaylov (2020), o comportamento humano tem exercido uma influência significativa na mudança climática. Segundo Souza et al. (2024), as florestas nativas, plantações florestais e sistemas integrados, ILPF (lavoura-pecuária-floresta), funcionam como sumidouro de (CO₂). O solo também funciona como um sumidouro de carbono, ajudando a absorver o CO₂ da atmosfera e a equilibrar o clima global (Besar *et al.*, 2020). (Hanke e Dick, 2019), destacam a importância de compreender os mecanismos de estabilização do carbono no solo, para isso, é necessário compreender a dinâmica dos mecanismos capazes, não apenas de sequestrar carbono (C), como também de estabilizá-lo no solo. O conhecimento dos processos que regulam a estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) é necessário para prever as alterações nos estoques de C com as mudanças no uso da terra, como base para a tomada de decisões em relação ao uso, manejo e estratégias de conservação do recurso solo (Braga, 2022).

Conforme Ellison et al. (2017) FAO (2016) as florestas funcionam como reguladores no ciclo do C, da energia e da água, sendo base de armazenamento do C, resfriamento da superfície terrestre e a distribuição de recursos hídricos. As florestas de Pinus e Eucalipto são as mais plantadas no mundo, devido às características semelhantes que compartilham e que as tornam economicamente muito interessantes (Medeiros et al., 2020). De acordo com a Embrapa (2025), o Mato Grosso do Sul é o estado da região centro oeste que mais se destaca na área de florestas transplantadas, as unidades da região estão focando estudos

ligados à integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com ênfase no sequestro de carbono e conservação dos biomas, contribuindo para uma produção sustentável e tecnicamente embasada.

Visando a alta produção e demanda do setor florestal no Brasil e no mundo, é necessário que haja estudos voltados para esse tema, pois a dinâmica voltada para o sequestro de C está cada vez mais relevante, tanto no interesse econômico quanto climático. As escolhas de boas práticas no manejo florestal devem ser seguidas com decisões na qual não afetará a produção de biomassa e ciclagem de nutrientes, fatores determinantes para ter uma boa eficiência no sequestro de C, juntamente com a eficiência de produção e conservação do meio ambiente.

O estudo teve o objetivo de encontrar espécies do gênero *Eucalyptus* que pudesse ter capacidade de estocar teores significativos de C durante as épocas de seca e chuvoso, a hipótese é que o período pós-chuva possa influenciar na estocagem de C.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com as espécies de Eucalipto se encontra na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, que foi implantado no ano de 2014. A altitude do município é de 820 m, a classificação do solo é determinado como latossolo vermelho de textura média. O clima da região, segundo Köppen, é tropical úmido (Aw), com duas épocas bem definidas: estação chuvosa de outubro a abril (figura 1) e estação seca entre maio a setembro (figura 2). A precipitação média varia de 1200 a 1.800 mm ano⁻¹ e a temperatura média anual varia de 20 a 25°C.

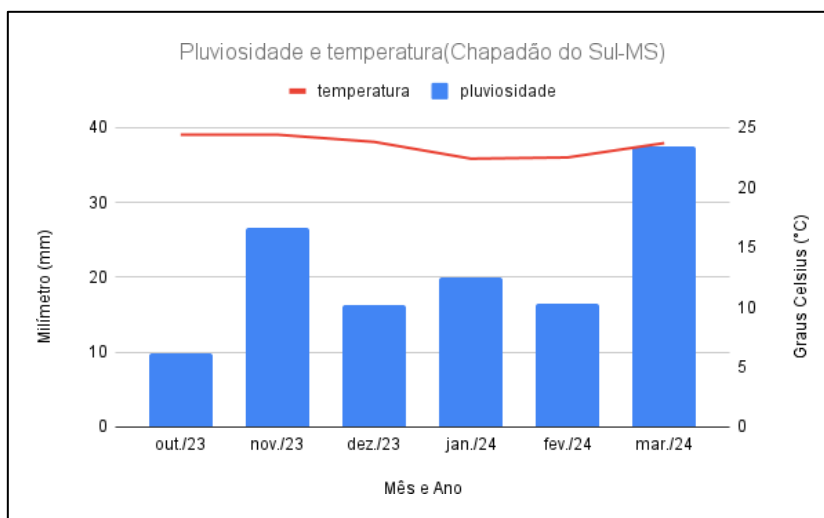


Figura 1. Condições de pluviosidade e temperatura média durante a época chuvosa.

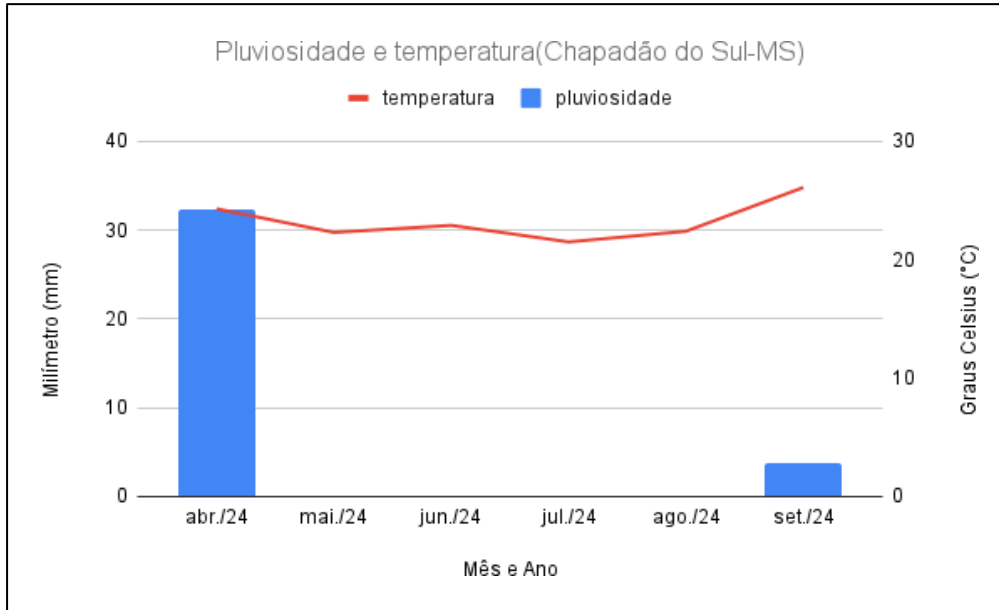


Figura 2. Condições de pluviosidade e temperatura média durante a época seca.

As avaliações ocorreram no mês de abril e agosto de 2024, o primeiro mês considerado época chuvosa e o segundo época de seca. O delineamento experimental implementado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela é constituída de 20 plantas. Os tratamentos são compostos por cinco espécies distintas de eucalipto: *E. camaldulensis*, *C. citriodora*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. grandis* e um clone GG100 (clone de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*).

O estoque de carbono foi avaliado em três profundidades diferentes em que o solo é retirado por meio de trado tipo sonda nas profundidades de (0-10 cm, C1), (10-20 cm, C2) e de (20-30 cm, C3). O carbono no solo foi determinado através da concentração de carbono orgânico total (COT), por meio da coleta de solos em pontos próximos a cada parcela. Após homogeneização e separação para análises químicas, as amostras de solo foram secas ao ar livre e passadas por peneira de 2 mm (Embrapa, 1997).

Amostras de solo de cada profundidade foi condicionado em copos plásticos com adição de 10 ml de solução de bicromato de sódio $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e em seguida agitados. Posterior a agitação, as amostras ficaram em repouso durante uma hora, posterior adicionou-se 50 ml de água 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 é transferido para cela de medida do espectrofotômetro ou calorímetro, com filtro de transmissão de 650 nm. Os resultados são calculados com base na curva padrão. A curva padrão foi obtida através do amostras de solos entre zero e 200 g dm^{-3} de C analisadas pelo método volumétrico (Teixeira et al., 2017).

No cálculo de estoque de C é necessário obter-se a densidade do solo segundo metodologia proposta por 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:

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

Em que: Ds - 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:

$$EstC = \frac{Cs * Ds * (\frac{Dref}{Ds} * e)}{10}$$

Em que: EstC – estoque de carbono orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); Cs – teor de carbono orgânico na profundidade amostrada (kg dm⁻³); Ds – densidade do solo na profundidade amostrada (kg dm⁻³); Dref – 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 (figura 3). 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 estações e as diferentes espécies.



figura 3. Representação da metodologia.

RESULTADOS

Na camada superficial do solo (0–10 cm, C1), observou-se que não houve diferença estatística entre as espécies, nas estações, o período de seca apresentou maior estoque de carbono em relação ao período chuvoso (figura 4).

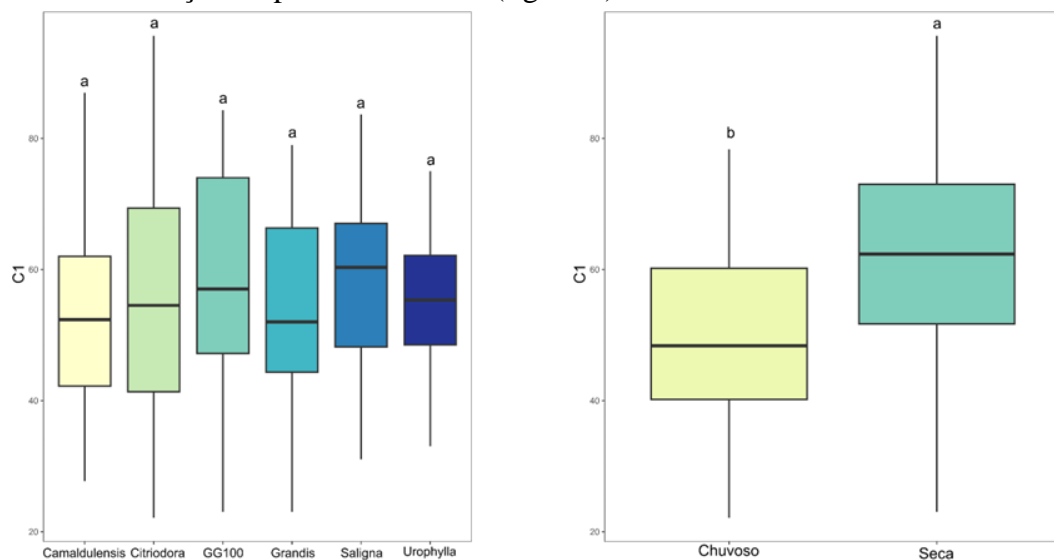


Figura 4. Estoque de carbono no solo na camada de 0-10 cm (C1) em diferentes espécies de eucalipto avaliadas no período chuvoso e na época seca em Chapadão do Sul- MS.

Letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na segunda camada avaliada (10–20 cm, C2), não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as espécies em relação ao estoque de carbono (Figura 5).

Analisando a comparação entre os períodos (figura 5), a época seca apresentou maior estocagem de C.

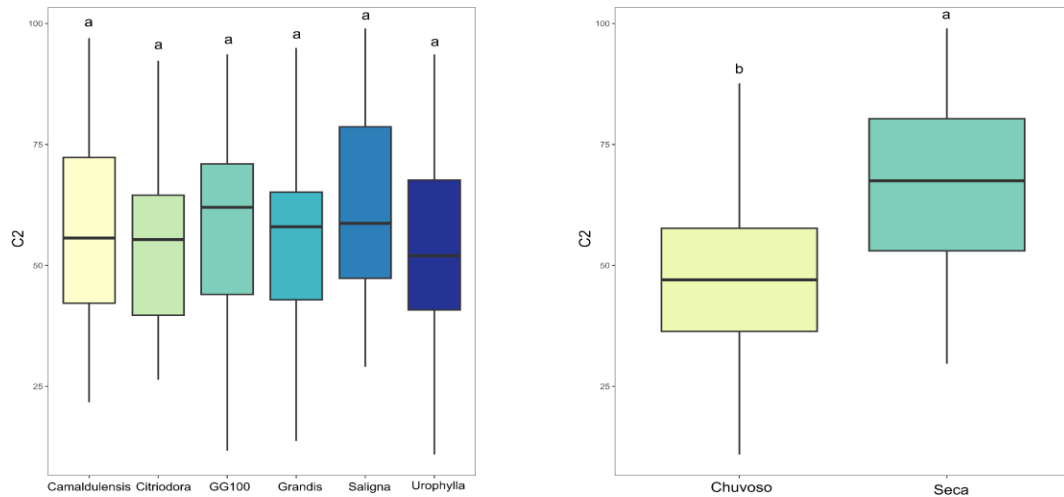


Figura 5. Estoque de carbono no solo na camada de 10-20 cm (C2) cm em diferentes espécies de eucalipto avaliadas no período chuvoso e na época seca em Chapadão do Sul- MS.

Letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na camada de (20–30 cm, C3) o maior estoque de carbono foi registrado nos blocos que contém as espécies *Citriodora* e *Saligna* e o clone *GG100*, notou-se maior estocagem de carbono na época de seca (figura 6).

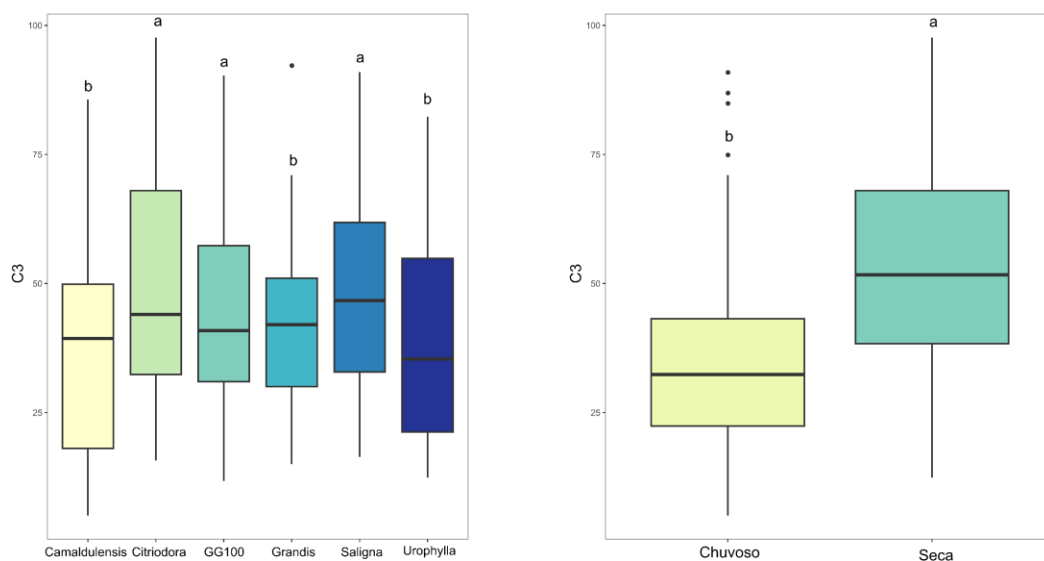


Figura 6. Estoque de carbono no solo na camada de 20-30 cm (C3) em diferentes espécies de eucalipto avaliadas no período chuvoso e na época seca em Chapadão do Sul- MS.

Letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

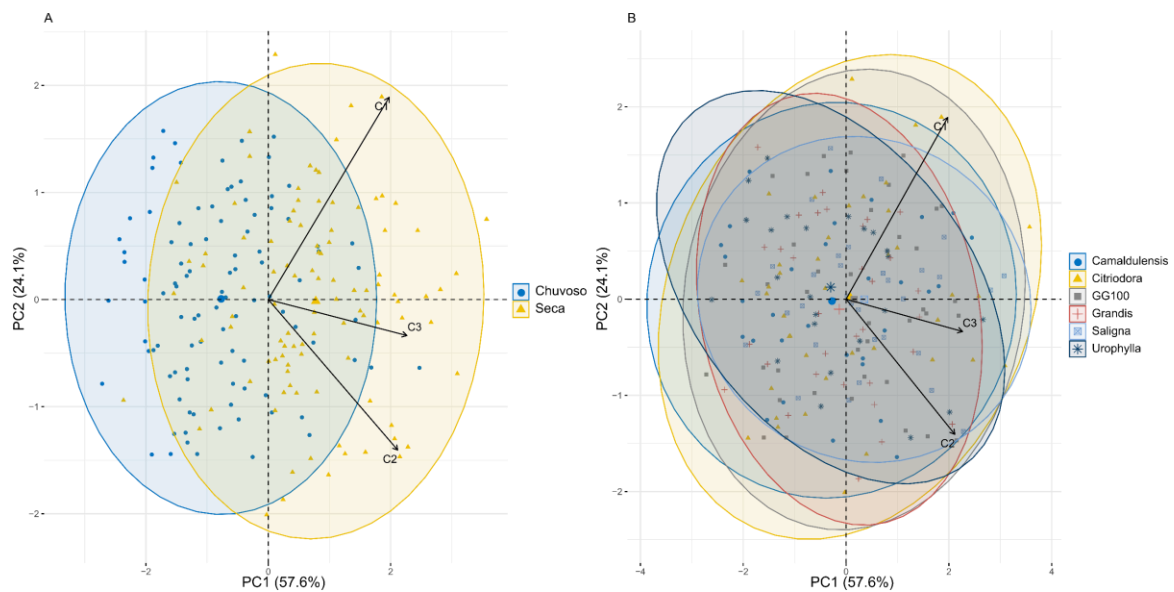


Figura 7. Análise de componentes principais (PCA) para estoque de carbono em diferentes profundidades nas duas épocas avaliadas (A) e em diferentes espécies (B).

Pra análise do gráfico de componentes principais (figura 7), observou-se que estoque de carbono entre as camadas foi predominante no período da seca. Quanto as espécies o vetor do estoque de carbono teve relação tanto com as espécies demonstrando que todas estocam carbono, de forma diferente e que as demais análises exploram melhor tais resultados.

Ao analisar a figura 8, verificou-se que a predominância das espécies variou de acordo com a camada do solo, evidenciando respostas diferenciadas no acúmulo de carbono. Foram observadas correlações significativas entre as camadas C1 e C2 na espécie *E. saligna*, indicando consistência na deposição e na dinâmica do carbono superficial. Já para *E. camaldulensis*, *C. citriodora* e *E. urophylla*, destacaram-se correlações expressivas entre C1 e C3, sugerindo que nessas espécies o carbono presente nas camadas mais profundas mantém relação com o estoque superficial, possivelmente associado à maior produção e incorporação de raízes finas. Entre C3 e C2, as correlações foram mais evidentes em *C. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. urophylla*, reforçando o papel dessas espécies na redistribuição vertical do carbono no perfil do solo.

Segundo Ferraz-Almeida, (2022), o tipo de manejo do solo e cultivo influência na porosidade e estoque de carbono no solo.

Esses resultados indicam que a dinâmica de acúmulo e correlação entre camadas não é uniforme entre as espécies, refletindo tanto características genéticas quanto estratégias ecofisiológicas distintas de ciclagem de carbono. Tal diferenciação é fundamental para orientar práticas de manejo, pois espécies que apresentam maior consistência na distribuição vertical do carbono podem contribuir de forma mais eficaz para o aumento do estoque total no solo e, conseqüentemente, para a mitigação das mudanças climáticas.

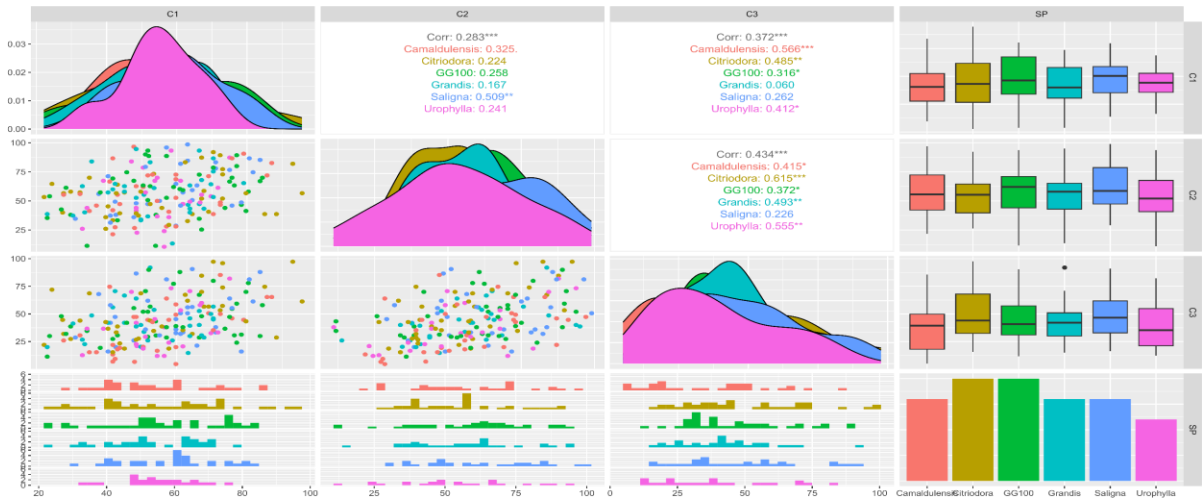


Figura 8. Correlação de Pearson entre os estoques de carbono em diferentes profundidades para cada espécie.

Fazendo a analogia do gráfico (figura 9) de estoque de carbono no solo em diferentes períodos, notou-se correlações mais expressivas de carbono na época de seca.



Figura 9. Correlação de Pearson entre os estoques de carbono no solo no período chuvoso e seco.

DISCUSSÃO

Entre as espécies avaliadas, *E. saligna* e *C. citriodora* e o clone *GG100* destacaram-se pela maior capacidade de estocagem de carbono durante o período de seca, evidenciando seu potencial como alternativas estratégicas para mitigação das mudanças climáticas em camadas mais profundas. No período chuvoso, o acúmulo foi menos expressivo, refletindo a dinâmica sazonal do aporte e da decomposição da matéria orgânica.

O C orgânico no solo é armazenado em uma grandeza de diferentes compostos químicos, muitos dos quais contém nitrogênio, ou são formados por meio da atividade microbiana que exige N (Eduarda, 2022). Sendo assim, a capacidade dos solos de armazenar carbono está ligada diretamente à disponibilidade de nitrogênio (Cotrufo et al., 2019). As chuvas podem lixiviar o N do solo, levando-o para camadas mais profundas ou até mesmo para corpos d'água (Albuquerque et al., 2025). Os impactos da mudança no uso da terra podem trazer consequências para os ciclos biogeoquímicos, pois não somente afeta a comunidade edáfica como também o estoque de carbono no solo (Bayer et al., 2000). Os teores de carbono e nitrogênio parecem ser os principais fatores que governam como a abundância bacteriana interage com a fertilidade do solo ao longo das classes de uso da terra. (Cavalcante, 2022).

As citações acima ajudam a compreender como o período chuvoso teve menor estocagem de carbono por camada, a chuva causa diversos fatores, tanto na parte microbiana quanto textura do solo e conseqüentemente na estocagem de carbono e desenvolvimento da planta.

Segundo Ziviani, 2024, alterações nos padrões de precipitação influênciam o sequestro de carbono na vegetação e nos solos, portanto, os processos de adição (fotossíntese e deposição de material orgânico) e perdas (mineralização, lixiviação e erosão) de material orgânico altera o estoque de C, podendo desfavorecer se houver perdas. O estudo realizado por Michele, 2025, visou avaliar estoque de carbono em duas profundidades de camadas em diferentes sistemas (SAFs), foi avaliado 0-20cm e 20-40, cujo a segunda camada de 20-40cm teve maior estocagem de carbono, ela ressalta que o uso e manejo do solo são fatores importantes na estocagem e sequestro de carbono em curto prazo. Os fatos citados corroboram para entender como as camadas de 0-10cm e 10-20cm não tiveram significância na estocagem de C, são camadas que podem sofrer perturbações antrópicas ou naturais, sendo difícil manter atividade microbiana contínua nessas camadas. O estoque de carbono sofre influência direta em casos de déficit hídrico e alta temperatura, as plantações de eucaliptos tiveram maior estocagem nessas condições.

Esses resultados reforçam a relevância do manejo adequado de espécies florestais na ampliação do sequestro de carbono, contribuindo não apenas para a produtividade dos sistemas, mas também para a conservação dos recursos naturais e para a redução dos impactos ambientais globais.

CONCLUSÃO

As espécies *E.Saligna* e *C.Citriodora* e o clone *GG100* foram as que mais tiveram estoque de carbono no período de seca em profundidade (20-30cm, C3). O período chuvoso o estoque foi menor devido a edafoclimática ao longo do ano. O que pode explicar esse resultado é que o período pós-chuva influenciou diretamente na época seca, pois o acúmulo de matéria orgânica resultante das intensas chuvas pode contribuir para que o C possa ter maior estocagem no período de seca.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, R. M.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N. Carbono orgânico no solo sob mata nativa e florestas plantadas em longo prazo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 42, 2022.
- CAVALCANTE, F. G. **Influência das condições bióticas e abióticas locais e da mudança no uso do solo sobre a dinâmica populacional de grupos bacterianos cultiváveis e sua relação com os ciclos biogeoquímicos**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- EDUARDA, C. **Estoques e dinâmica de carbono e nitrogênio do solo em diferentes sistemas de uso da terra**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **Silvicultura para um Futuro de Baixo Carbono: integrando florestas e produtos de madeira em estratégias de mudanças climáticas**. Roma: FAO, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5857e.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.
- FONTES, R. Z. Artigo – A revolução silenciosa: como Mato Grosso do Sul transformou sustentabilidade em vantagem competitiva. **Portal Embrapa**, 01 set. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/102788934/artigo---a-revolucao-silenciosa-como-mato-grosso-do-sul-transformou-sustentabilidade-em-vantagem-competitiva>. Acesso em: 22 out. 2025.
- HANKE, D.; DICK, D. P. Estoque de carbono e mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo: uma revisão. **Revista Agropampa**, v. 2, n. 2, p. 171-190, jul./dez. 2019.
- MICHELLE, A.; BARBOSA, S. **Estoque de carbono e qualidade do solo em sistemas agroflorestais como potencial de pagamento por serviços ambientais**. 2025. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27032025-094704/publico/Versao_corrigeida.pdf. Acesso em: 23 out. 2025.

SOUZA, J. G. et al. Perspectivas atuais sobre o sequestro de Carbono no solo de sistemas agroflorestais. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 10, p. 1-13, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.10-436.

ZIVIANI, M. M. **Estoques de carbono e nitrogênio e frações húmicas em solos com elevados teores de matéria orgânica na parte alta do Parque Nacional de Itatiaia (RJ)**. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2024.

ALBUQUERQUE, Alciênia Silva et al. Carbono e nitrogênio do solo em área de Floresta Tropical Seca no Nordeste Brasileiro. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 1, p. e13389-e13389, 2025.

BARBOSA, V.; BARRETO-GARCIA, P.; GAMA-RODRIGUES, E.; PAULA, A. D. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20150243, 2017.

BAYER, Cimelio; MIELNICZUK, Joao; MARTIN-NETO, Ladislau. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 599-607, 2000.

BESAR, Normah Awang et al. Carbon stock and sequestration potential of an agroforestry system in Sabah, Malaysia. **Forests**, v. 11, n. 2, p. 210, 2020.

CARVALHO, J. L. N. et al. Sequestro de carbono em solos agrícolas na região do Cerrado da Amazônia brasileira. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 342-349, 2009.

COTRUFO, M. Francesca et al. Armazenamento de carbono no solo informado por matéria orgânica particulada e associada a minerais. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 12, p. 989-994, 2019.

ELLISON, David et al. Árvores, florestas e água: ideias interessantes para um mundo quente. **Mudanças Ambientais Globais**, v. 43, p. 51-61, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FERRAZ-ALMEIDA, Risely. Como o carbono orgânico opera na distribuição de poros dos solos de textura fina?. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 743-746, 2022.

KABIR, Muhammad et al. Mudanças climáticas devido ao aumento da concentração de dióxido de carbono e seus impactos no meio ambiente no século XXI: uma mini revisão. **Journal of King Saud University-Science**, v. 35, n. 5, p. 102693, 2023.

MEDEIROS, P. L. et al. Eficiência do uso de nutrientes para a produção de biomassa de um clone de eucalipto em função da densidade de plantio em cultivos de rotação curta. **Australian Forestry**, v. 83, n. 2, p. 66-74, 2020.

MIKHAYLOV, Alexey et al. Mudanças climáticas globais e efeito estufa. **Questões de Empreendedorismo e Sustentabilidade**, v. 7, n. 4, p. 2897, 2020.

NUNES, L. J. R. The rising threat of atmospheric CO₂: a review on the causes, impacts, and mitigation strategies. **Environments**, v. 10, n. 4, p. 66, 2023.

SCOTT, Andrew Jhon; KNOTT, Martin. Um método de análise de cluster para agrupar médias na análise de variância. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.

SILVA BARBOSA, Aline Michelle da. **Estoque de carbono e qualidade do solo em sistemas agroflorestais como potencial de pagamento por serviços ambientais**. .

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**, 2017.