



Estoques de biomassa e carbono nos compartimentos aéreo e subterrâneo de um remanescente de Cerradão em Palmeiras de Goiás-GO

Weuler Alves VASCONCELOS ¹, Sabrina do Couto de MIRANDA ^{*2},
Plauto Simão DE-CARVALHO ², Douglas Borges PEREIRA ², Myllena Lópes MENDONÇA ²,
Priscila Bezerra de SOUZA ³

¹ Programa de Pós-Graduação e Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.

² Universidade Estadual de Goiás, Palmeiras de Goiás, GO, Brasil.

³ Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, TO, Brasil.

*E-mail: sabrina.couto@ueg.br

Submetido em: 13/02/2026; Aceito em: 03/08/2026; Publicado em: 24/08/2026.

RESUMO: O cerradão é uma formação florestal do Cerrado associada a interflúvio em solos profundos e bem drenados. Esta fitofisionomia apresenta cobertura arbórea entre 50 % e 90 %, e altura média de 8 a 15 metros. Este trabalho objetivou descrever e analisar os estoques de biomassa e de carbono nas porções aérea e subterrânea de um remanescente de cerradão em área de reserva legal no município de Palmeiras de Goiás-GO. Realizou-se o levantamento da vegetação lenhosa em 10 parcelas de 20 x 50 m, utilizando uma metodologia padronizada. A biomassa aérea da vegetação lenhosa (BAVL) foi estimada por meio de uma equação específica. Em cada parcela, foi obtida uma amostra composta de solo para análises químicas e físicas, e sorteou-se um dos lados para que, na porção externa da parcela, se realizasse a coleta de biomassa subterrânea até 30 cm de profundidade. Testes estatísticos (Kruskal-Wallis, matriz de correlação) e análises multivariadas foram aplicados para avaliação dos atributos da vegetação. Para o cerradão estudado encontrou-se alta riqueza (99 espécies) e diversidade florística ($H' = 3,79$; $J' = 0,82$). A BAVL foi estimada em 43,55 Mg ha⁻¹, com estoque de carbono de 20,47 Mg ha⁻¹. Para a porção radicular, a biomassa média estimada foi de 12,33 Mg ha⁻¹; portanto, o remanescente de cerradão apresentou estoque total de biomassa de 55,9 Mg ha⁻¹, com razão entre a biomassa subterrânea e a aérea de 0,28. Nossos resultados indicaram que solos de textura arenosa apresentaram maiores estoques de biomassa aérea lenhosa, enquanto solos mais argilosos apresentaram menores estoques de biomassa. Os dados apresentados ressaltam a importância da conservação da vegetação nativa em áreas particulares no Bioma Cerrado, bem como a necessidade de outros estudos para a verificação de padrões.

Palavras-chave: bioma Cerrado; vegetação; biomassa.

Biomass and carbon stocks in the above-ground and below-ground compartments of a Cerradão remnant in Palmeiras de Goiás-GO

ABSTRACT: The cerradão is a forest formation of the Cerrado biome associated with inter-river areas on deep, well-drained soils. This phytophysognomy has tree cover ranging from 50 % to 90 % and an average height of 8 to 15 meters. The objective of this study was to describe and analyze biomass and carbon stocks in the aboveground and belowground portions of a remnant cerradão within a legal reserve area in the municipality of Palmeiras de Goiás, Goiás State. A survey of woody vegetation was conducted in 10 plots measuring 20 × 50 m using a standardized methodology. The above-ground woody biomass (AGWB) was estimated using a specific equation. In each plot, a composite soil sample was collected for chemical and physical analyses, and one side was randomly selected so that, in the outer portion of the plot, below-ground biomass could be collected to a depth of 30 cm. Statistical tests (Kruskal-Wallis, correlation matrix) and multivariate analyses were applied to analyze vegetation attributes. The studied cerradão exhibited high species richness (99 species) and floristic diversity ($H' = 3.79$; $J' = 0.82$). The AGWB was estimated at 43.55 Mg ha⁻¹, with a carbon stock of 20.47 Mg ha⁻¹. For the root portion, the estimated average biomass was 12.33 Mg ha⁻¹; therefore, the remaining cerradão had a total biomass stock of 55.9 Mg ha⁻¹, with a belowground biomass/above-ground biomass ratio of 0.28. Our results indicated that sandy soils supported higher stocks of woody above-ground biomass, while clayier soils had lower biomass values. The data presented highlight the importance of conserving native vegetation on private lands in the Cerrado Biome, as well as the need for further studies to verify these patterns.

Keywords: Cerrado biome; vegetation; biomass.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado possui uma extensão geográfica que

abrange um amplo gradiente latitudinal e ambiental, com paisagens compostas por mosaicos que vão de formações

vegetacionais campestres (7 %) a florestais (32 %) (RIBEIRO; WALTER, 2008; SANO et al., 2010), com respectivo gradiente de incremento da densidade arbórea e dos estoques de biomassa na porção aérea da vegetação (MIRANDA et al., 2014). Ressalta-se que a maior parte do Cerrado é coberta por formações savânicas (61 %) (RIBEIRO; WALTER, 2008; SANO et al., 2010), o que corrobora sua classificação mundial como savana tropical.

O Cerrado é um *hotspot* mundial de biodiversidade, e este título ressalta tratar-se de um ecossistema altamente biodiverso e igualmente ameaçado pelos impactos antrópicos decorrentes das mudanças no uso da terra. Esforços têm sido empreendidos para ampliar o conhecimento e preservar a biodiversidade do Cerrado, mas ainda é importante o empenho dos tomadores de decisão para proteger efetivamente este bioma (BISPO et al., 2024). De sua área total, apenas cerca de 6 % do bioma Cerrado encontra-se legalmente protegido (FRANÇOSO et al., 2015).

Atualmente, o Cerrado enfrenta altas taxas de conversão de vegetação nativa para outros usos (ALENCAR et al., 2020), e a expansão das fronteiras agrícolas e pecuárias potencializa esse processo. Tais fatores contribuem para que a conversão do Cerrado represente a segunda maior fonte de emissão de gás carbônico no Brasil e para que a elevada heterogeneidade estrutural do bioma, bem como dos estoques de biomassa e de carbono, dificulte o mapeamento e o monitoramento automatizados desses estoques (ZIMBRES et al., 2021).

Dentre suas fitofisionomias, o cerradão é uma formação florestal que ocupava originalmente apenas 1 % do Cerrado. É encontrado, geralmente, associado a áreas de interflúvio em solos profundos e bem drenados (MIGUEL et al., 2016), frequentemente em Latossolos mesotróficos ou distróficos e em Cambissolos distróficos (RIBEIRO; WALTER, 2008). Esta fitofisionomia apresenta cobertura arbórea entre 50 % e 90 %, com altura média das árvores entre 8 e 15 metros. Tais aspectos proporcionam condições de luminosidade que favorecem a formação de um estrato arbustivo-herbáceo diferenciado (RIBEIRO; WALTER, 2008). As espécies arbóreas e arbustivas (lenhosas) predominam, o que implica maior produção de biomassa e maior armazenamento de carbono.

O estoque de carbono e a biomassa estão relacionados ao tipo de vegetação (fitofisionomia), que, por sua vez, relaciona-se aos atributos do solo, o qual desempenha papel fundamental, fornecendo suporte mecânico e a disponibilidade de nutrientes essenciais para a instalação e o desenvolvimento dos vegetais (SILVA et al., 2015). De acordo com Miguel et al. (2016), há poucos estudos na literatura sobre a produção de biomassa e os estoques de carbono na fitofisionomia do cerradão; portanto, são relevantes e necessários novos estudos, principalmente os relacionados às partes aérea e subterrânea da vegetação.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo descrever e analisar os estoques de biomassa e de carbono nas porções aérea e subterrânea associados à vegetação lenhosa nativa em um remanescente de cerradão em Palmeiras de Goiás.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um remanescente de cerradão, localizado na área de reserva legal da Fazenda Buritis, em Palmeiras de Goiás-GO (coordenadas 49°59'29.95" W e

16°51'23.89" S) (Figura 1). O histórico de uso da área revela baixo nível de perturbação, sendo encontradas, no interior do remanescente, caixas de abelhas destinadas à produção de mel. A borda ao sul do remanescente faz contato com plantações rotacionadas de sorgo, milho e soja, e a borda ao norte, com uma área de pastagem.

A vegetação encontra-se associada aos Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo (SANTOS, 2018). Segundo Köppen-Geiger, o clima da região é Aw, tropical úmido. Para Palmeiras de Goiás, com base em dados de 30 anos, os meses com as menores temperaturas médias foram junho e julho, com 17° C, e a maior temperatura média foi registrada em setembro (33° C). Os valores médios mínimos e máximos foram de 19,8° C e 29,6° C, respectivamente. A precipitação média anual foi de 1.230 mm, variando de 2 mm em julho a 236 mm em janeiro (<https://www.climatempo.com.br>).

O inventário seguiu a metodologia de parcelas permanentes do Bioma Cerrado (FELFILI et al., 2005). Foram instaladas 10 parcelas de 20 x 50 m (1.000 m² cada), totalizando um hectare, nas quais foram amostrados todos os indivíduos lenhosos com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm, medido a 1,30 m do solo, exceto lianas e palmeiras, incluindo os indivíduos mortos em pé. Indivíduos bifurcados ou em touceiras foram amostrados desde que pelo menos um dos troncos apresentasse o diâmetro mínimo de inclusão. Neste caso, cada tronco foi medido separadamente e calculou-se a média quadrática dos troncos, com o objetivo de utilizar um único diâmetro para cada indivíduo (SCOLFORO, 1994). Os indivíduos incluídos na amostragem também tiveram sua altura total mensurada, sendo esta considerada a projeção vertical da base até o ramo mais alto ou até a folhagem. Os indivíduos mortos em pé foram medidos pelo mesmo protocolo.

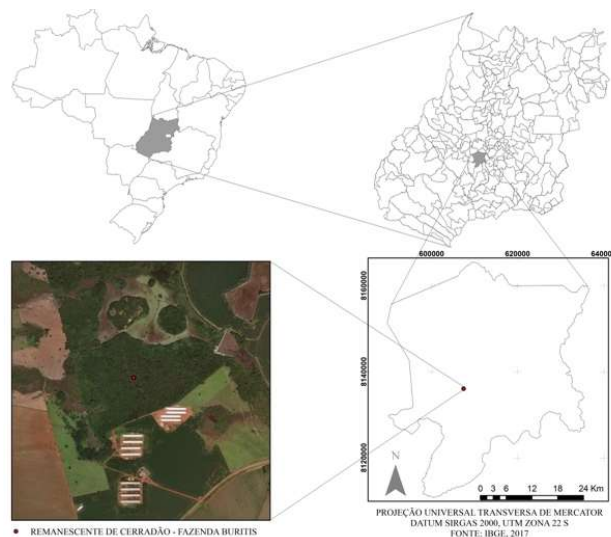


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo na Fazenda Buritis no município de Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

Figure 1. Geographic location of the study area at the Buritis Farm in the municipality of Palmeiras de Goiás, Goiás State, Brazil.

A identificação taxonômica das espécies presentes na área de estudo foi realizada *in loco*, quando possível, e os indivíduos não identificados foram coletados, herborizados e identificados, posteriormente. As espécies foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV, 2016), e os nomes de todas as espécies

foram conferidos por meio de consultas à “Lista de Espécies da Flora do Brasil” (REFLORA, 2020) e ao “Tropicos” (<https://www.tropicos.org/>).

Os índices de diversidade de Shannon; Wiener e de uniformidade de Pielou (MAGURRAN; MCGILL, 2011) foram calculados com o auxílio do programa MVSP (KOVACH, 1993). Os parâmetros fitossociológicos (densidade, frequência e dominância absolutas e relativas, e IVI) foram calculados de acordo com Müeller-Dombois e Ellenberg (1974). A distribuição de diâmetros foi realizada utilizando-se intervalo entre classes de 5,0 cm, e a de altura, intervalo entre classes de 1,0 m, como padronização visando facilitar as comparações.

Foram coletadas três amostras simples da camada superficial do solo (0-20 cm) na linha central de cada parcela (nos pontos 15, 30 e 45 m) onde a vegetação lenhosa foi amostrada. As amostras simples foram unidas e uniformizadas em uma amostra composta por parcela, conforme Santos et al. (2005). As amostras compostas por parcela foram analisadas em uma única leitura. As análises químicas (pH em cloreto de Cálcio; carbono; teor percentual de matéria orgânica; saturação por bases; Potássio, Cálcio, Magnésio; capacidade de troca catiônica; Fósforo; Alumínio e Zinco) e físicas (teores percentuais de areia, silte e argila) foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos SOLOCRIA (Goiânia-GO), de acordo com o protocolo da Embrapa (1997).

A biomassa aérea da vegetação lenhosa (BAVL) foi estimada para todos os indivíduos amostrados com a equação proposta por Scolforo et al. (2008a), desenvolvida para a fitofisionomia de cerrado. Análises realizadas por Zimbres et al. (2021) mostraram que a equação é adequada para áreas de cerrado com ausência ou baixa ocorrência de indivíduos com DAP > 25 cm. No cerrado estudado, esses indivíduos representaram menos de 10% da densidade total da área, o que torna pertinente a equação. A equação utilizada é apresentada abaixo:

$$\ln(\text{PS}) = -11,3710317049 + 2,433521972 * \ln(\text{DAP}) + 0,8433902218 * \ln(\text{H}) \quad (01)$$

em que: PS = peso de matéria seca (megagramas Mg); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); H = altura (m).

Os dados de DAP e de altura dos indivíduos amostrados foram inseridos na equação sem a aplicação de transformação de retorno e/ou de correção de viés logarítmico. Considerou-se que 47% da biomassa é composta por carbono, de acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). Para verificar diferenças significativas entre os valores de biomassa aérea da vegetação lenhosa obtidos para as parcelas amostradas, aplicou-se o teste de normalidade de D’Agostino-Pearson e, sendo as amostras não-paramétricas, a análise de variância foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05}$) e quando a hipótese nula (médias iguais) foi rejeitada, o teste *Student-Newman-Keuls* (SNK) foi aplicado para comparações múltiplas ($p < 0,05$).

Efetuiu-se a ordenação dos dados de biomassa da vegetação lenhosa pelo método NMDS (*Nonmetric Multidimensional Scaling*), ou NMS (*Nonmetric MultiDimensional Scaling*) (Peck, 2010), utilizando o programa PC-ORD. NMS resume as relações entre objetos por meio de uma matriz de distâncias baseada nas características desses objetos. Essa

ordenação constrói uma configuração de pontos que representam os objetos em um número pré-determinado de dimensões (vetores) (VIEIRA et al., 2008). O índice de estresse mede o quanto as distâncias na matriz de associação diferem das diferenças entre objetos obtidas pela ordenação; assim, o objetivo é encontrar uma ordenação com o menor estresse possível. Valores acima de 30 indicam que a ordenação final apresenta pouca correspondência com a matriz original de dados (PECK, 2010).

Na ordenação NMS, foram utilizados os dados de biomassa aérea da vegetação lenhosa e, para reduzir discrepâncias, aplicou-se a transformação logarítmica; bem como procedeu-se à exclusão das espécies localmente raras (com densidade de 1 ind ha⁻¹) e identificadas apenas até o gênero. Portanto, montou-se uma matriz com dados de 76 espécies em 10 parcelas.

Além da NMS, aplicou-se a CCA (*Canonical Correspondence Analysis*) para a análise direta dos gradientes e de seus efeitos sobre a biomassa aérea da vegetação lenhosa. Esta ferramenta permite que as amostras e as espécies sejam simultaneamente ordenadas; essa ordenação baseia-se na relação linear entre padrões unimodais de redundância de coocorrência nos dados das espécies e das variáveis explanatórias selecionadas. A CCA é uma técnica de ordenação que combina a média recíproca (*Reciprocal Averaging*) e a regressão linear múltipla (PECK, 2010).

Para a CCA, utilizaram-se como matriz principal os dados de biomassa (mesma matriz utilizada na NMS), e a matriz secundária foi composta por dados referentes às variáveis físicas e químicas dos solos (pH, areia, argila e silte), previamente selecionadas por meio de Análise de Componentes Principais (PCA). Os dados das matrizes principal e secundária foram transformados por meio de uma transformação logarítmica para reduzir as discrepâncias.

As similaridades florísticas e estruturais entre as parcelas amostradas foram avaliadas por meio dos índices de Sørensen (MAGURRAN, 2004) e de Czekanowski (KENT; COKER, 1992), que se baseiam, respectivamente, na presença de espécies e na densidade, e foram calculados no programa MVSP (KOVACH, 1993). Para estas análises, utilizaram-se os dados de densidade das espécies por parcela.

Em cada parcela de amostragem da vegetação lenhosa, foi sorteado um dos lados para a coleta da biomassa subterrânea na parte externa da parcela. A amostra consistiu na retirada completa do material de uma quadrícula de 50 cm x 50 cm, a 30 cm de profundidade. De acordo com Castro; Kauffman (1998), cerca de 70% da biomassa subterrânea total no Cerrado é encontrada na camada de até 30 cm de profundidade do solo, sendo esta profundidade representativa para estudos.

Antes da escavação todo o material vegetal acima do solo foi removido. As raízes coletadas foram separadas do solo manualmente e com o auxílio de peneiras de malhas diferentes. As raízes coletadas em campo foram armazenadas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório para lavagem em água corrente e completa separação das partículas de solo e de outras partes grosseiras coletadas (PEREIRA et al., 2021).

Após a secagem à sombra, as raízes foram mensuradas com o auxílio de um paquímetro e classificadas, com base no diâmetro da parte mediana, nas seguintes classes: raízes muito finas = diâmetro < 2 mm; raízes finas = diâmetro entre 2 e 5 mm; raízes médias = diâmetro entre 6 e 10 mm; raízes grossas = diâmetro > 10 mm. Em um quinto grupo, denominado

miscelânea, foram incluídas estruturas subterrâneas de diferentes tamanhos, tais como xilopódios, bulbos, rizomas, tubérculos e caules (PEREIRA et al., 2021). Este último grupo não apresentou representatividade na área, sendo amostrada em pequena quantidade apenas na parcela 9, por isso, os dados não foram apresentados nos resultados.

Após a classificação, as raízes foram armazenadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada (60 °C) para secagem completa por cerca de 72 horas ou até atingirem massa constante. A avaliação da massa seca foi realizada em balança de precisão com três casas decimais (PEREIRA et al., 2021), sem correções por umidade residual. Os valores de massa seca, em gramas, de cada quadrícula de 0,25 m² foram extrapolados para Mg ha⁻¹ por meio da regra de três simples, multiplicando-se o peso em gramas por 0,04.

Para verificar diferenças significativas entre os valores de biomassa radicular obtidos nas parcelas amostradas e entre as classes de raízes, aplicou-se o teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e, por se tratar de amostras não paramétricas, analisou-se a variância por meio do teste de Kruskal-Wallis (*Student-Newman-Keuls*, SNK). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa BioEstat versão 5.3.

Aplicou-se a matriz de correlação de Pearson para verificar possíveis relações entre fatores bióticos (diversidade, riqueza e densidade) e abióticos (variáveis do solo) e a biomassa, tanto aérea quanto radicular. Para tanto, os dados foram transformados pela raiz quadrada para evitar distorções decorrentes de diferentes escalas e permitir a correta comparação das forças entre as variáveis.

3. RESULTADOS

Foram registradas alta riqueza e diversidade florística, com distribuição relativamente uniforme entre as espécies, no remanescente de cerradão em Palmeiras de Goiás (Tabela 1). A estrutura da vegetação apresentou elevada densidade de indivíduos, incluindo indivíduos mortos em pé. O aspecto florestal do cerradão foi evidenciado pela presença de espécies lenhosas com médias de DAP e de altura total compatíveis com o porte arbóreo, além de coeficientes de variação que indicam variações estruturais entre os indivíduos (Tabela 1).

Tabela 1. Diversidade e aspectos estruturais da vegetação lenhosa de cerradão em remanescente no município de Palmeiras de Goiás. Em que: BAVL= Biomassa aérea da vegetação lenhosa; DAP=diâmetro à altura do peito; P=parcela; H'=índice de diversidade; J'=índice de equabilidade; S=riqueza; H=altura. Organizado em ordem decrescente dos valores de BAVL. Valores mínimos e máximos para DAP, H e Área basal são apresentados sem parênteses; entre parênteses, os valores de média e de coeficiente de variação, respectivamente.

Table 1. Diversity and structural aspects of woody vegetation in a remnant cerradão in the municipality of Palmeiras de Goiás. Where: BAVL = Above-ground woody biomass; DAP = diameter at breast height; P = plot; H' = diversity index; J' = evenness index; S = richness; H = height. Organized in descending order of BAVL values. Minimum and maximum values for DBH, H, and basal area are presented without parentheses, while the mean and coefficient of variation are shown in parentheses, respectively.

Parcelas	H'	J'	S	Indivíduo/ parcela	DAP (cm)	H (m)	Área Basal (m ²)	BAVL (Mg)/ Parcela
P10	3,14	0,84	42	165	5,00-51,37 (10,48) (57 %)	1,13-13,00 (7,51) (27 %)	0,0020-0,2073 (0,0115) (168 %)	6,25 (2,94)
P9	2,48	0,74	29	187	5,00-28,10 (10,27) (48 %)	2,00-12,50 (7,48) (30 %)	0,0020-0,0620 (0,0102) (103 %)	5,48 (2,58)
P7	3,04	0,84	37	161	5,00-41,50 (10,36) (53 %)	1,48-12,00 (7,21) (31 %)	0,0020-0,1353 (0,0108) (140 %)	5,05 (2,38)
P5	3,33	0,89	42	174	5,00-40,80 (9,85) (50 %)	1,55-15,00 (5,96) (36 %)	0,0020-0,1307 (0,0095) (137 %)	4,54 (2,13)
P1	3,37	0,90	42	182	5,00-30,20 (9,85) (46 %)	1,38-14,20 (6,01) (42 %)	0,0020-0,0716 (0,0092) (103 %)	4,15 (1,95)
P2	3,33	0,91	39	154	5,00-36,00 (10,09) (47 %)	1,30-13,00 (5,95) (41 %)	0,0020-0,1018 (0,0098) (119 %)	3,80 (1,78)
P8	3,20	0,91	33	146	5,00-39,90 (9,61) (54 %)	1,50-14,00 (5,24) (42 %)	0,0020-0,1250 (0,0094) (158 %)	3,77 (1,77)
P3	3,37	0,91	41	173	5,00-29,30 (9,91) (46 %)	1,73-12,00 (5,66) (34 %)	0,0020-0,0674 (0,0093) (101 %)	3,73 (1,75)
P4	3,22	0,85	45	189	5,00-26,88 (9,57) (46 %)	0,72-12,80 (5,31) (35 %)	0,0020-0,0568 (0,0087) (107 %)	3,57 (1,68)
P6	3,37	0,92	39	149	5,00-33,90 (9,26) (49 %)	1,40-14,50 (5,81) (41 %)	0,0020-0,0903 (0,0083) (127 %)	3,20 (1,50)
Total	3,79	0,82	99	1.680* ind ha ⁻¹	5,00-51,37 (9,93) (50 %)	0,72-15,00 (6,23) (38 %)	0,0020-0,2073 (0,0097) (130 %)	43,55* (20,47) Mg ha ⁻¹

*Soma das parcelas.

*Sum of the installments.

O DAP dos indivíduos lenhosos amostrados foi composto predominantemente por exemplares de pequeno porte, embora esses tenham contribuído com uma fração reduzida da BAVL (Figura 2). Em contrapartida, indivíduos com maiores DAP, ainda que menos abundantes, concentraram uma parcela significativa da biomassa (Figura 2), evidenciando seu papel estrutural e ecológico. Padrão semelhante foi observado na distribuição em classes de altura,

com predominância de indivíduos médios, enquanto os de maior porte, embora menos frequentes, representaram a maior proporção da BAVL (Figura 3), o que ressalta a importância desses indivíduos para o estoque de biomassa na porção aérea. A biomassa total estimada para o remanescente, assim como os estoques de carbono, reforça o papel desse fragmento como reservatório de carbono (Tabela 1).

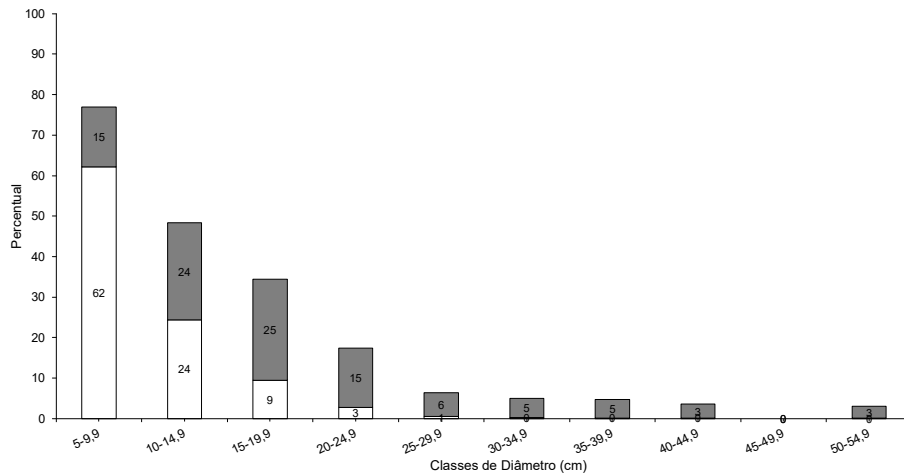


Figura 2. Distribuição do percentual de indivíduos (barra branca) e do percentual de biomassa aérea da vegetação lenhosa (barra cinza) por classe de diâmetro em um remanescente de cerradão em Palmeiras de Goiás.

Figure 2. Distribution of the percentage of individuals (white bar) and the percentage of above-ground woody biomass (gray bar) by diameter class in a remnant of cerradão in Palmeiras de Goiás.

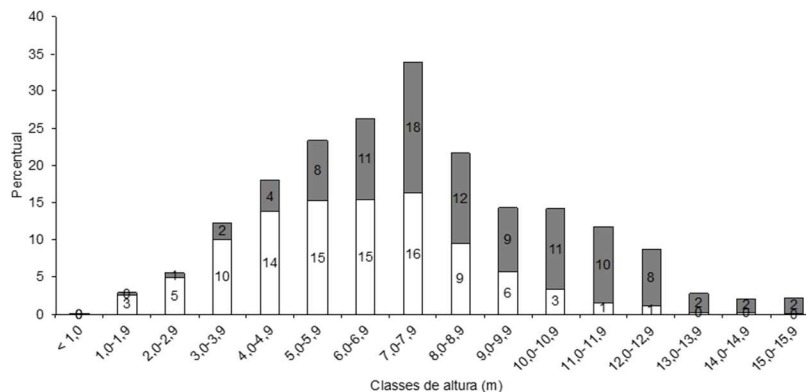


Figura 3. Distribuição do percentual de indivíduos (barra branca) e do percentual de biomassa aérea da vegetação lenhosa (barra cinza) por classe de altura em um remanescente de cerradão em Palmeiras de Goiás.

Figure 3. Distribution of the percentage of individuals (white bar) and the percentage of above-ground woody biomass (gray bar) by height class in a remnant of cerradão in Palmeiras de Goiás

Observou-se variação nos valores de biomassa aérea da vegetação lenhosa (BAVL) entre as parcelas amostradas (Tabela 1), com os maiores estoques concentrados nas parcelas 7, 9 e 10, situadas em solos com maior teor de areia (Tabela 2). Embora menos numerosas, essas parcelas apresentaram maior biomassa, indicando que solos arenosos, podem favorecer o desenvolvimento de espécies lenhosas de maior porte.

A análise estatística revelou diferenças significativas entre as parcelas 7, 9 e 10 e as parcelas 1, 2 e 3, caracterizadas por solos mais argilosos, bem como entre as parcelas 4, 5 e 6, que apresentam pH mais baixo (Tabela 2). Esses resultados indicam que características edáficas, como textura e pH, podem influenciar a distribuição da BAVL no cerradão, com solos mais ácidos e argilosos associados a menores estoques de biomassa aérea lenhosa.

Entre as parcelas amostradas, a parcela 9 destacou-se por apresentar os menores valores de riqueza, diversidade e equabilidade, enquanto a parcela 4 registrou o maior número de espécies. Os maiores índices de diversidade foram observados nas parcelas 1, 3 e 6, sendo que esta última também apresentou o maior valor de equabilidade. Já as parcelas 1, 4 e 9 apresentaram as maiores densidades, com mais de 180 indivíduos lenhosos cada uma (Tabela 1).

A matriz de correlação revelou relações estatisticamente significativas e opostas entre a BAVL e os teores de areia, e de silte e argila (Tabela 3). Os resultados indicam que solos com maiores teores de areia tendem a sustentar vegetação com maior estoque de biomassa aérea, enquanto solos com maiores teores de argila e silte apresentaram os menores estoques de biomassa aérea lenhosa. Riqueza e diversidade apresentaram correlação negativa significativa com o pH e

teor de areia. Efeito evidente foi observado na parcela 9, que apresentou os menores valores de riqueza e diversidade e os maiores valores de pH e de areia na camada superficial do solo (Tabelas 1, 2 e 3).

A análise de similaridade, calculada pelo índice de Sørensen com base na presença de espécies, revelou que as parcelas 9 e 10, semelhantes entre si, diferem das demais

amostradas (Figura 4). As parcelas 3 e 6, por outro lado, foram as mais semelhantes quanto à composição florística (Figura 4). Em relação à estrutura das parcelas, a análise de similaridade indicou a formação de um grupo composto pelas parcelas 7, 9 e 10, enquanto as demais apresentaram valores de similaridade estrutural superiores (Figura 5).

Tabela 2. Peso seco (Mg ha⁻¹) de raízes por classe e por parcela (P) amostrada em uma área de cerrado no município de Palmeiras de Goiás. Em que: classe 1 = raízes muito finas, diâmetro < 2 mm; classe 2 = raízes finas, diâmetro entre 2 e 5 mm; classe 3 = raízes médias, diâmetro entre 6 e 10 mm; classe 4 = raízes grossas, diâmetro > 10 mm; CV = coeficiente de variação. *Valores médios calculados para as parcelas.

Table 2. Dry weight (Mg ha⁻¹) of roots by class and by plots (P) sampled in a cerrado area in the municipality of Palmeiras de Goiás. Where: class 1 = very fine roots, diameter < 2 mm; class 2 = fine roots, diameter between 2 and 5 mm; class 3 = medium roots, diameter between 6 and 10 mm; class 4 = thick roots, diameter > 10 mm; CV=coefficient of variation. * Mean values calculated for the plots.

Parcelas	Classes de Raízes				Soma Parcelas	Solos			
	1	2	3	4		pH	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
P1	1,146	1,246	1,624	20,864	24,880	4,50	50,00	11,00	39,00
P2	1,578	1,000	1,688	1,662	5,930	4,30	53,00	12,00	35,00
P3	1,860	0,880	1,035	11,508	15,280	4,20	57,00	12,00	31,00
P4	1,783	1,159	2,314	3,512	8,770	4,10	47,00	11,00	42,00
P5	1,560	1,586	0,809	2,080	6,040	4,10	46,00	10,00	44,00
P6	1,966	1,332	1,893	1,685	6,880	4,10	42,00	10,00	48,00
P7	1,864	1,188	3,428	5,763	12,240	4,40	35,00	10,00	55,00
P8	1,204	0,970	1,210	11,715	15,100	4,50	48,00	12,00	40,00
P9	3,766	2,048	1,920	9,037	16,830	5,00	32,00	9,00	59,00
P10	2,745	2,436	3,185	3,033	11,400	4,30	34,00	9,00	57,00
Média (CV %)	1,947 (40,03)	1,385 (36,29)	1,911 (45,14)	7,086 (87,91)	12,34* (48,18)	4,35*	44,40*	10,60*	45,00*

Tabela 3. Matriz de correlação entre as variáveis da vegetação lenhosa de cerrado e os atributos dos solos amostrados na camada superficial. Em que: BAVL = biomassa aérea da vegetação lenhosa; BR = biomassa radicular; D = densidade; H' = índice de diversidade; S = riqueza. Valores em negrito destacam correlações significativas ($p < 0,05$).

Table 3. Correlation matrix between the variables of woody vegetation in the Cerradão and the attributes of the soils sampled from the surface layer. Where: BAVL = above-ground woody biomass; BR = root biomass; D = density; H' = diversity index; S = richness. Values in bold indicate significant correlations ($p < 0.05$).

Variáveis	H'	S	D	BAVL	BR	pH	Argila	Silte	Areia
H'	1,000	---	---	---	---	---	---	---	---
S	0,758	1,000	---	---	---	---	---	---	---
D	-0,346	0,193	1,000	---	---	---	---	---	---
BAVL	-0,550	-0,227	0,167	1,000	---	---	---	---	---
BR	-0,274	-0,283	0,348	0,176	1,000	---	---	---	---
pH	-0,826	-0,827	0,218	0,430	0,631	1,000	---	---	---
Argila	0,739	0,437	-0,084	-0,743	-0,037	-0,464	1,000	---	---
Silte	0,584	0,191	-0,262	-0,711	0,042	-0,280	0,905	1,000	---
Areia	-0,695	-0,386	0,091	0,720	0,001	0,412	-0,995	-0,925	1,000

De modo geral, as parcelas 9 e 10 destacaram-se por suas composições florísticas e estruturais diferenciadas. A parcela 9 apresentou os menores valores de riqueza e diversidade (Tabela 1), enquanto as parcelas 7, 9 e 10 apresentaram os maiores estoques de BAVL, associados a solos com maior teor de areia (Tabela 2).

A ordenação por NMS, com base na distância de Sørensen, resultou em uma solução bidimensional com baixo estresse ($stress = 7,05$) (Figura 6), indicando uma representação significativa das relações de dissimilaridade entre as parcelas. O teste de Monte Carlo foi significativo ($p = 0,0196$ em 56 interações), indicando que a estrutura observada difere do esperado por acaso. A ordenação evidenciou a formação de grupos: o primeiro, composto pelas parcelas 7, 9 e 10; o segundo, pelas parcelas 3 e 4; e o

terceiro, pelas parcelas 1, 2, 5 e 6. A parcela 8 se separou das demais.

Esses resultados confirmam a classificação obtida pelo índice de Czekanowski, indicando que a biomassa está diretamente relacionada à estrutura da vegetação da comunidade (Figura 5).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Figura 7) revelou que os dois primeiros eixos explicaram 35,3% da variação da biomassa aérea lenhosa, correspondendo a 25,2% no primeiro eixo e 10,1% no segundo. O primeiro eixo apresentou autovalor de 0,379 e elevada correlação entre a biomassa e as variáveis ambientais ($r=0,990$; $p = 0,007$), indicando forte associação entre a distribuição da biomassa e os gradientes ambientais avaliados.

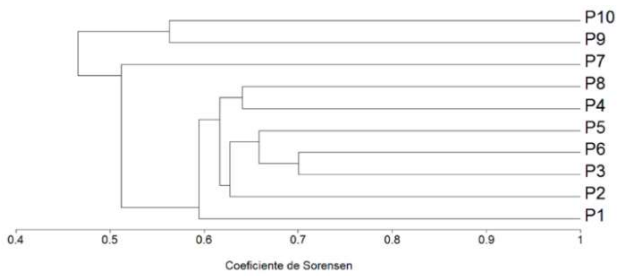


Figura 4. Dendrograma de classificação de 10 parcelas (P) amostradas na vegetação lenhosa de cerradão, elaborado com base no índice de Sørensen.

Figure 4. Dendrogram showing the classification of ten plots (P) sampled in the woody vegetation of the cerradão, based on the Sørensen index.

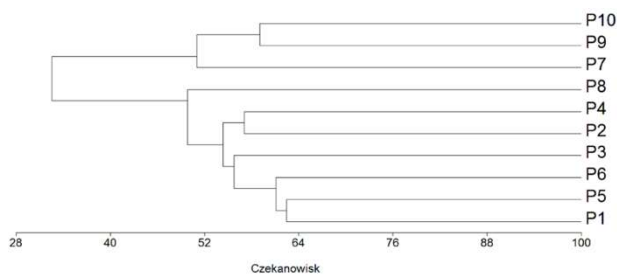


Figura 5. Dendrograma de classificação de 10 parcelas (P) amostradas na vegetação lenhosa de cerradão, obtido a partir do índice de Czekanowski.

Figure 5. Dendrogram showing the classification of ten plots (P) sampled in the woody vegetation of the cerradão, obtained using the Czekanowski index.

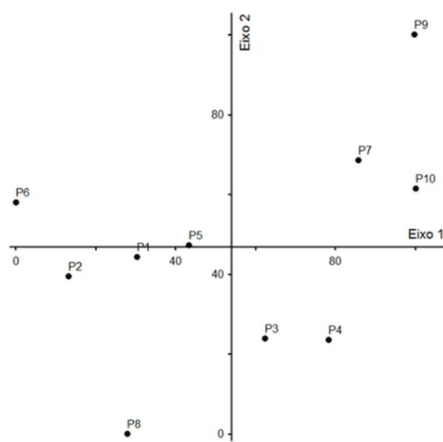


Figura 6. Diagrama de ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMS) das parcelas (P) de vegetação lenhosa, com base nos valores de biomassa aérea lenhosa, em um remanescente de cerradão em Palmeiras de Goiás.

Figure 6. Clustering diagram using Non-Metric Multidimensional Scaling (NMS) of woody vegetation plots (P), based on above-ground woody biomass values, in a remnant of cerradão in Palmeiras de Goiás.

A significância da ordenação foi avaliada pelo teste de Monte Carlo (999 permutações) que indicou que o primeiro eixo canônico foi estatisticamente significativo ($p = 0,002$), evidenciando que o gradiente ambiental representado por esse eixo explica parcela da variação da biomassa significativamente superior à esperada ao acaso.

Com base na CCA, a textura arenosa mostrou-se um fator importante para os valores de biomassa aérea lenhosa observados nas parcelas 7 e 10. O vetor de pH apresentou forte associação com a parcela 9, que apresentou o maior

valor de pH e o solo menos ácido da área de estudo. Os vetores de silte e de argila foram fortemente correlacionados com os valores de biomassa aérea lenhosa observados nas parcelas 1, 2, 3 e 8. Para as parcelas 4, 5 e 6, outros fatores ambientais, além dos analisados, parecem estar influenciando os estoques de biomassa aérea lenhosa, o que pode ser foco de estudos futuros.

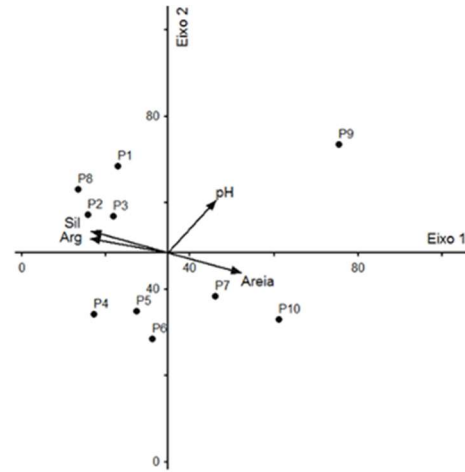


Figura 7. Diagrama de ordenação das parcelas (P) de cerradão em função das variáveis ambientais, por meio da Análise de Correspondência Canônica (CCA). Onde: Sil=silte; Arg=argila.

Figure 7. Diagram showing the ordering of the cerradão plots (P) in relation to environmental variables using Canonical Correspondence Analysis (CCA). Where: Sil = silt; Arg = clay.

Apesar da elevada riqueza florística registrada na área de cerradão, apenas 11 espécies se destacaram quanto à importância para o estoque de biomassa na porção aérea da vegetação (Tabela 4). As espécies *Annona crassiflora*, *Curatella americana*, *Qualea grandiflora*, *Tapirira guianensis* e *Xylopia aromatica* foram registradas em todas as parcelas amostradas (Tabela 4). Dentre elas, apenas *T. guianensis* e *X. aromatica* apresentaram densidade elevada, destacando-se na estrutura da comunidade (Tabela 4). Indivíduos mortos em pé, presentes em todas as parcelas, representaram uma parcela importante da biomassa aérea lenhosa. O carbono armazenado neste compartimento deve ser considerado, pois os processos de decomposição agirão sobre essa biomassa quando os indivíduos caírem no solo. Não ocorre apenas a ação dos agentes decompositores, estes indivíduos deixam de ser armazenadores de carbono e passam a ser fontes de emissão de carbono para a atmosfera.

As espécies *T. guianensis* e *Tachigali vulgaris* somaram 20,14 % da BAVL e apresentaram ampla variação de DAP (Tabela 4). *T. vulgaris* apresentou indivíduos mais altos do que os de *T. guianensis*. Em termos de ocorrência, *T. vulgaris* foi registrada na maioria das parcelas, ausente apenas na parcela 9, enquanto *T. guianensis* esteve presente em todas as parcelas amostradas, embora com densidades variáveis. Isso sugere que solos com maiores teores de areia (como na parcela 9) exercem pressão negativa sobre a colonização por *T. vulgaris*, ao mesmo tempo em que favorecem *T. guianensis*.

A análise da biomassa subterrânea revelou variabilidade nos valores do componente subterrâneo, que é composto por raízes de diferentes espessuras e espécies. Apesar dessa variação, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nos estoques de biomassa radicular entre as parcelas analisadas ($p = 0,3045$; Tabela 2).

A biomassa radicular no cerradão apresentou variabilidade significativa entre as classes analisadas. A classe 4, composta por raízes mais espessas, apresentou os maiores valores médios e a maior variabilidade entre as classes. O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (SNK) indicou diferenças significativas entre a classe 4 e as demais classes de

raízes, a saber: 1 ($p=0,0191$), 2 ($p=0,0001$), 3 ($p=0,0151$). Já as classes 1, 2 e 3 apresentaram valores mais homogêneos, sem se diferenciar entre si. A biomassa radicular não apresentou relações significativas com as variáveis edáficas analisadas, como a textura do solo e o pH.

Tabela 4. Atributos das espécies lenhosas que se destacaram pelos maiores valores de estoque de biomassa na porção aérea da vegetação de cerradão em remanescente no município de Palmeiras de Goiás. Em que: DA = densidade absoluta; FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta; DAP = diâmetro à altura do peito; Ht = altura total; BAVL = biomassa aérea da vegetação lenhosa. Dados organizados em ordem crescente dos valores de BAVL.

Table 4. Characteristics of the tree species that stood out as having the highest biomass stock values in the above-ground portion of the remaining cerradão vegetation in the municipality of Palmeiras de Goiás. Where: DA = absolute density; FA = absolute frequency; DoA = absolute dominance; DAP = diameter at breast height; Ht = total height; BAVL = above-ground woody biomass. Data organized in ascending order of BAVL values.

Espécies	Famílias	DA (ind ha ⁻¹)	FA (%)	DoA (m ² ha ⁻¹)	DAP (cm)	Ht (m)	BAVL (Mg ha ⁻¹)
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	70	90	0,65222	5,00-24,92	0,72-10,98	1,42
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	27	100	0,53033	5,40-28,90	4,00-10,50	1,53
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Annonaceae	36	100	0,61813	6,30-21,10	4,21-12,00	1,63
<i>Bondichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	28	90	0,52410	6,20-34,14	3,40-11,65	1,67
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	79	100	0,84196	5,10-22,60	2,88-10,50	1,90
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Metteniusaceae	19	40	0,41603	5,30-51,37	6,20-12,50	1,99
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	112	100	0,89848	5,00-20,40	5,30-11,50	2,33
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	79	50	0,79357	5,00-22,60	1,85-13,00	2,63
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	Malvaceae	13	70	0,51919	8,30-39,90	8,00-14,00	2,65
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	138	100	1,44643	5,00-41,50	2,34-11,00	4,38
<i>Tachigali vulgaris</i> L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima	Fabaceae	52	90	0,97033	5,00-40,80	5,60-15,00	4,39
Demais espécies (88)	-	764	-	6,21639	-	-	14,21
Mortas	-	263	100	1,80728	5,00-24,20	1,13-11,00	2,82
Total Geral	-	1.680	3.990	16,2345	5,00-51,37	0,72-15,00	43,55

4. DISCUSSÃO

Os dados obtidos neste estudo foram comparados com outros coletados em áreas de cerradão que seguiram uma metodologia de amostragem semelhante. Ressalta-se que a maioria dos estudos em cerradão (MIRANDA et al., 2017) amostrou a vegetação lenhosa em 1 hectare (10 parcelas de 20 x 50 m), conforme recomendado por Felfili et al. (2005).

Estudos conduzidos em outras áreas de cerradão, associados aos Latossolos (ALVES et al., 2013; CASEIRO, 2013; FERREIRA et al., 2017; PINHEIRO; DURIGAN, 2012; RODRIGUES; ARAÚJO, 2013; SILVA, 2009), encontraram valores de riqueza entre 71 (PINHEIRO; DURIGAN, 2012) e 107 espécies (SILVA, 2009), e índice de diversidade de Shannon entre 3,19 nats ind⁻¹ (PINHEIRO; DURIGAN, 2012) e 3,85 nats ind⁻¹ (SILVA, 2009), assim os valores obtidos neste estudo estão próximos aos limites superiores nas comparações realizadas.

Quanto à densidade, os valores observados neste estudo situam-se dentro da faixa de variação observada em áreas de cerradão sobre Latossolos e em métodos de amostragem semelhantes, variando de 1.353 ind ha⁻¹ (ALVES et al., 2013) a 2.412 ind ha⁻¹ (ALVES et al., 2013; CASEIRO, 2013; FERREIRA et al., 2017; PINHEIRO; DURIGAN, 2012; RODRIGUES; ARAÚJO, 2013; SILVA, 2009).

Os coeficientes de variação calculados para o diâmetro e a altura refletem maior heterogeneidade no diâmetro, fato provavelmente relacionado à presença de espécies de cerrado no sentido restrito (savânicas) que possuem menor porte. O cerradão é uma fitofisionomia florestal com características escleromórficas que compartilha espécies com o Cerrado no sentido restrito (RIBEIRO; WALTER, 2008; FERREIRA et al., 2017; REIS et al., 2023).

No presente estudo, a biomassa aérea da vegetação lenhosa foi estimada com base em uma equação desenvolvida especificamente para a fitofisionomia do cerradão (SCOLFORO et al., 2008a). A referida equação foi inicialmente calibrada para o contexto espacial de Minas Gerais; porém, Zimbres et al. (2021) realizaram testes e ressaltaram que ela pode ser utilizada em outras áreas de cerradão, desde que apresentem ausência ou baixa ocorrência de indivíduos com DAP acima de 25 cm. Tal fato foi constatado no Cerradão de Palmeiras de Goiás, o que valida o uso da equação.

Os valores de biomassa encontrados neste estudo foram inferiores ao obtido por Moraes et al. (2013) em um fragmento de cerradão em Limeira do Oeste-MG (70,49 Mg ha⁻¹). Em outros estudos em Minas Gerais, Scolforo et al. (2008b) analisaram cinco fragmentos de cerradão e os valores de carbono variaram entre 27,50 e 45,10 Mg ha⁻¹, com média de 35,08 Mg ha⁻¹ para a porção aérea. Portanto, os fragmentos de cerradão de Minas Gerais tendem a acumular maiores valores de biomassa e de carbono na porção aérea. Esses valores podem ser influenciados por fatores climáticos, como precipitação, umidade e temperatura, bem como pela extensão do período de seca (MIRANDA et al., 2014).

Além disso, a distribuição das classes de DAP e de altura indica que, embora a maior parte da densidade de indivíduos seja composta por plantas de menor porte, a biomassa aérea lenhosa está concentrada em indivíduos maiores. Isso reflete a importância dos indivíduos de maior porte no estoque de biomassa e de carbono, o que é consistente com o estudo de Miguel et al. (2017), que indica a relação entre o porte das árvores e o estoque de biomassa na vegetação de cerradão.

Os valores de biomassa encontrados neste estudo sugerem uma relação significativa entre a textura do solo e o estoque de biomassa aérea lenhosa, com os solos arenosos apresentando maiores estoques de biomassa. Os solos mais arenosos, por sua maior drenagem e menor retenção de nutrientes, podem favorecer espécies adaptadas a essas condições, que, por sua vez, apresentam características que podem resultar em maior acúmulo de biomassa (FERREIRA et al., 2017). Em contrapartida, solos com maior teor de argila tendem a reter mais nutrientes (SORIA et al., 2019), mas podem apresentar menor biomassa aérea devido à maior competição e menor taxa de crescimento das plantas.

A formação de grupos distintos na análise de NMS também sugere que a composição florística das parcelas é influenciada por fatores estruturais, como o estoque de biomassa. A separação da parcela 8 do restante também pode refletir condições ambientais específicas que afetam o crescimento e a composição da vegetação, como corroborado pela análise de Czekanowski.

Dentre as 11 espécies importantes em termos de estoque de biomassa na porção aérea, seis são caracterizadas como indicadoras de cerradão, conforme Ferreira et al. (2017): *Bondichia virgilioides* Kunth, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Emmotum nitens* (Benth.) Miers, *Qualea grandiflora* Mart., *Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. A espécie *Curatella americana* L. também se destacou, embora seja registrada como indicadora de cerrado no sentido restrito (FERREIRA et al., 2017).

Os estoques de biomassa aérea e subterrânea encontrados neste estudo refletem o potencial do cerradão para armazenar carbono, especialmente por meio de indivíduos mortos em pé. A conversão dessa biomassa de estoque em fonte de carbono durante a decomposição também deve ser considerada em modelos de dinâmica do fluxo de carbono. A variação na biomassa radicular entre as parcelas, observada no cerradão de Palmeiras de Goiás, sem diferenças estatísticas entre elas, sugere que fatores locais e a variabilidade dentro do ecossistema influenciam o crescimento radicular.

No cerradão estudado por Moraes et al. (2013), foi encontrada uma biomassa radicular média de 16,38 Mg ha⁻¹ na camada de solo até 100 cm de profundidade, com teor médio de carbono de 45 %. A camada superficial de solo (0-30 cm) foi responsável por cerca de 60 % do estoque de carbono obtido. Estes valores são semelhantes aos encontrados neste estudo, que se concentrou na camada de até 30 cm do solo e considerou um teor de carbono de 47 %. A camada de até 30 cm de profundidade abrange cerca de 70% da biomassa subterrânea total no Cerrado (CASTRO; KAUFFMAN, 1998); portanto, é representativa do componente subterrâneo. Ressalta-se que amostragens em maiores profundidades no solo demandam grande esforço, o que dificulta o processamento tanto em campo quanto no laboratório.

A classe 4 de raízes, com seus altos valores de biomassa e maior coeficiente de variação, destaca-se como um componente importante do estoque de carbono na porção subterrânea. A variação observada nas parcelas pode ser explicada por outros fatores que afetam o investimento em raízes, como as interações complexas entre fatores bióticos (micorrizas) e abióticos no componente subterrâneo. Os resultados deste estudo sugerem a necessidade de refinamentos nas amostragens, a fim de compreender melhor as variações em escala local.

A razão entre a biomassa subterrânea e a aérea (0,28) segue padrões observados em outras formações florestais, como no estudo de Miranda et al. (2014). Este resultado corrobora a classificação do cerradão como uma formação florestal do Cerrado, apesar de sua heterogeneidade florística e estrutural (MIRANDA et al., 2017). Essa razão é maior nas formações herbáceo-arbustivas de Cerrado e menor nas formações florestais (ROQUETTE, 2018).

Em um fragmento de cerradão em Limeira do Oeste-MG associado aos Latossolos, Moraes et al. (2013) encontraram um estoque médio total de carbono de 44,08 Mg ha⁻¹ (parte aérea lenhosa e raízes). Segundo os autores, o solo foi o principal sumidouro de carbono, contribuindo com 65 % do estoque (90,26 MgC ha⁻¹), seguido pela parte aérea com 26 % (36,78 MgC ha⁻¹), pelas raízes com 5 % (7,30 MgC ha⁻¹) e pela serapilheira com 4 % (5,23 MgC ha⁻¹). Ressalta-se que fatores relacionados ao clima (temperatura, umidade e precipitação médias anuais) e ao solo provavelmente contribuíram para as diferenças observadas.

O remanescente de cerradão estudado em Palmeiras de Goiás demonstrou elevado potencial de acúmulo de biomassa, tanto na vegetação lenhosa aérea quanto na porção radicular. Sugere-se a realização de novos estudos voltados à análise dos estoques de carbono no solo e na serapilheira, contemplando, assim, outros compartimentos de carbono. A relação entre as partes subterrâneas e aéreas indica que as raízes contribuem significativamente para o estoque total de biomassa da comunidade. Esse resultado reforça a importância da vegetação nativa remanescente no sequestro de carbono e na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (MIRANDA et al., 2026).

Os resultados apresentados são consistentes com estudos realizados em outras regiões e corroboram a importância das formações florestais do Cerrado, no contexto da área estudada, para o estoque de carbono e para as emissões evitadas de Gases de Efeito Estufa. Além disso, ressaltam a importância das áreas particulares, haja vista que 55,4% da vegetação nativa remanescente de Cerrado está em propriedades privadas; assim, as reservas legais são instrumentos jurídicos indispensáveis para a manutenção da biodiversidade, do fluxo gênico e dos estoques de carbono (MIRANDA et al., 2026).

5. CONCLUSÕES

O cerradão estudado em Palmeiras de Goiás apresentou estoque de biomassa de 55,9 Mg ha⁻¹ (aérea e subterrânea); desse total, a maior parte (cerca de 78%) está alocada no compartimento aéreo da vegetação. A razão biomassa subterrânea/aérea 0,28 reforça a relevância das raízes para o estoque de carbono neste tipo de fitofisionomia.

Os dados florísticos obtidos indicaram tratar-se de uma área com alta riqueza e diversidade de espécies de plantas, o que destaca a importância das áreas de reserva legal, com remanescentes de vegetação nativa, para a manutenção da biodiversidade. Tais elementos são essenciais para subsidiar o monitoramento de estoques de carbono em áreas privadas, bem como, políticas de proteção do Cerrado.

Outro dado relevante refere-se ao fato de que, a despeito da alta riqueza, em termos de importância no estoque de carbono da vegetação, apenas 11 espécies se destacaram, ou seja, cerca de 10% da riqueza registrada. Assim, é indispensável a atenção à conservação dos remanescentes de cerradão, com foco no binômio biodiversidade-carbono, privilegiando tanto a manutenção dos estoques de carbono

quanto os serviços ecossistêmicos potencialmente prestados pela vegetação nativa.

A análise detalhada da vegetação no remanescente de cerrado estudado e de sua relação com as propriedades físicas e químicas do solo mostrou a relevância da textura para a composição florística e estrutural, e, consequentemente, para os estoques de carbono na biomassa aérea. Encontrou-se que porções de solo com maiores teores de areia tendem a sustentar maiores estoques de biomassa no compartimento aéreo, enquanto porções de solo com maiores teores de argila tendem a sustentar menores estoques de biomassa aérea. Assim, são necessários outros estudos com metodologia semelhante para verificar padrões.

6. REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; SHIMBO, J. Z.; LENTI, F.; MARQUES, C. B.; ZIMBRES, B.; ROSA, M.; ARRUDA, V.; CASTRO, I.; RIBEIRO, J. P. F. M.; VARELA, V.; ALENCAR, I.; PIONTEKOWSKI, V.; RIBEIRO, V.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SANO, E. E.; BARROSO, M. Mapping three decades of changes in the Brazilian Savanna native vegetation using Landsat data processed in the Google Earth Engine platform. **Remote Sensing**, v. 12, n. 6, p. 924, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12060924>
- ALVES, H. R.; PRADO JÚNIOR, J. A. do; LOPES, S. de F.; SILVA, P. P. F. da; PEPE, F. B.; SCHIAVINI, I. Fitossociologia e grupos ecológicos da comunidade lenhosa em um remanescente de cerrado em Uberlândia, MG. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p.236–245, 2013. <https://doi.org/10.14393/RCG144622473>
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- BISPO, P. da C.; PICOLI, M. C. A.; MARIMON, B. S.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; PERES, C. A.; MENOR, I. O.; SILVA, D. E.; MACHADO, F. D. F.; ALENCAR, A. A. C.; ALMEIDA, C. A. D.; et al. Overlooking vegetation loss outside forests imperils the Brazilian Cerrado and other non-forest biomes. **Nature Ecology & Evolution**, v. 8, p. 12-13, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02256-w>
- CASEIRO, R. **O cerrado e o cerrado sentido restrito no Jardim Botânico de Brasília**. 69p. Dissertação [Mestrado em Botânica] - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- CASTRO, E. A. de; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 263-283, 1998. <https://doi.org/10.1017/S0266467498000212>
- EMBRAPA_Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 55p.
- FERREIRA, F. G.; MACHADO, E. L. M.; SILVA-NETO, C. de M. e; SILVA JÚNIOR, M. C.; MEDEIROS, M. M.; GONZAGA, A. P. D.; SOLÓRZANO, A.; VENTUROLI, F.; FAGG, J. M. F. Diversity and indicator species in the Cerrado biome, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 8, p. 1042-1050, 2017. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.08.pne615>
- FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 13, n. 1, p. 35-40, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.04.001>
- IPCC_Intergovernmental Panel on Climate Change. **Agriculture, Forestry and Other Land Use**. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, v. 4, 2006.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London: Belhaven Press, 1992. 363p.
- KOVACH, W. L. **MVSP – Multivariate Statistical Package**, version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, 1993. Disponível em: <https://www.kovcomp.co.uk/mvsp/>
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Wiley-Blackwell Publishing, 2004. 272p.
- MIGUEL, E. D.; REZENDE, A. V.; LEAL, F. A.; PEREIRA, R. S.; MELO, R. R. de. Floristic-structural characterization and successional group of tree species in the Cerrado biome of Tocantins state, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 393-404, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n2n16rc>
- MIGUEL, E. P.; REZENDE, A. V.; LEAL, F. A.; MATRICARDI, E. A. T.; ENSINAS, J. M. I.; MIRANDA, J. F. N. Floristic, structural and allometric equations for estimating volume and tree biomass in a cerrado site. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 1691-1702, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p1691>
- MIRANDA, S. do C. de; BUSTAMANTE, M.; PALACE, M.; HAGEN, S.; KELLER, M.; FERREIRA, L. G. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna woodland. **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 125-138, 2014. <https://doi.org/10.1111/btp.12095>
- MIRANDA, S. do C. de; VASCONCELOS, W. A.; CEZARE, C. H. G.; MATA, C. R.; FONSECA, K. S. O Cerrado de Goiás e suas Relações Florísticas e Estruturais com outras Áreas no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 1058-1069, 2017.
- MIRANDA, S. do C. de; VASCONCELOS, W. A.; CEZARE, C. H. G.; ALMEIDA, H. G. de; DE-CARVALHO, P. S. As Áreas de Reserva Legal e sua importância para a conservação da biodiversidade do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 23, n. 56, p. 25, 2026.
- MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. A.; MELLO, J. M. de; GOMIDE, L. R.; OLIVEIRA, A. D. de. Carbon and biomass stocks in a fragment of Cerrado in Minas Gerais State, Brazil. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 237-245, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000200007>
- MÜLLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley & Sons, 1974. 574p.
- PECK, J. E. **Multivariate analysis for community ecologists: step-by-step using PC-ORD**. Gleneden Beach, OR: MjM Software Design, 2010. 162p.
- PEREIRA, D. B.; MENDONÇA, M. L.; MIRANDA, S. C. Proposta metodológica para coleta e classificação de

- raízes. In: DE-CARVALHO, P. S.; MIRANDA, S. do C. de; RIBON, A. A. (Eds.). **Tópicos em conservação e manejo do cerrado**: preservação, educação e produção sustentável. Goiânia: Kelps, 2021. p. 183-193.
- PINHEIRO, E. da S.; DURIGAN, G. Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do cerrado em Assis, SP, Brasil. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 181-193, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000100019>
- REFLORA. **Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/>. Acesso em: 05 abr 2020.
- REIS, L. B. de S.; MIRANDA, S. do C. de; MACHIDA, W. S.; GONÇALVES, L. de A.; DE-CARVALHO, P. S. Aspectos ecológicos, funcionais e anatômicos de três espécies lenhosas de cerradão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 2, p. 968-985, 2023. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p968-985>
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. p. 153-212.
- RODRIGUES, R. F.; ARAÚJO, G. M. de. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no triângulo mineiro. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 2013-2029, 2013.
- ROQUETTE, J. G. Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350-1363, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509833354>
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>
- SANTOS, R. D.; et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Rev. ampl. Viçosa: SBCS, 100 p., 2005.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 600p.
- SCOLFORO, T. R. **Mensuração Florestal: crescimento florestal**. 1 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 126p.
- SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA, A. D. de; PEREIRA, R. M.; SOUSA, F. N. de; GUEDES, I. C. de L. Volumetria, peso de matéria seca e carbono. In: SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. DE; OLIVEIRA, A. D. (Eds.). **Florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas aptas para manejo florestal**. Lavras: UFLA, 2008b. p. 361-439.
- SCOLFORO, J. R.; RUFINI, A. L.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.; SILVA, C. P. C. Equações para estimar o volume de madeira das fisionomias, em Minas Gerais. In: **Inventário Florestal Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2008a. p. 67-101.
- SILVA, J. S. **Diversidade alfa, florística e fitossociologia na área do cerradão, na APA Gama e Cabeça de Veado, DF**. 126p. Dissertação [Mestrado em Ciências Biológicas] - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- SILVA, R. B. M. da; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. Relação solo/vegetação em ambiente de cerrado sobre influência do grupo Urucuiá. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 363-373, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818455>
- SORIA, J. E.; TROLEIS, M. J. B.; ALVES, M. R.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M. Influência do teor de argila nas relações entre os atributos químicos de solos no noroeste do estado de São Paulo. **Revista Cultura Agronômica**, v. 28, n. 1, e111, 2019. <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n1p111-122>
- VIEIRA, L.; LOPES, F. S.; FERNANDES, W. D.; RAIZER, J. Comunidade de Carabidae (Coleoptera) em manchas florestais no Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, n. 3, p. 317-324, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300005>
- ZIMBRES, B.; RODRÍGUEZ-VEIGA, P.; SHIMBO, J. Z.; BISPO, P. da C.; BALZTER, H.; BUSTAMANTE, M.; ROITMAN, I.; HAIDAR, R.; MIRANDA, S.; GOMES, L.; CARVALHO, F. A.; LENZA, E.; MARACAHIPES-SANTOS, L.; ABADIA, A. C.; PRADO JÚNIOR, J. A.; MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D.; TERRA, M. C. N. S.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; PINTO, J. R. R.; ALENCAR, A. Mapping the stock and spatial distribution of aboveground woody biomass in the native vegetation of the Brazilian Cerrado biome. **Forest Ecology and Management**, v. 499, e119615, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119615>

Agradecimentos: Ao CNPq, pela concessão de bolsas de estudo de iniciação científica. À Capes pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Contribuições dos autores: WAV: conceitualização, metodologia, coleta de dados, análise estatística, redação do texto original, redação de revisão e edição; SCM: conceitualização, metodologia, coleta de dados, análise estatística, redação do texto original, aquisição de financiamento; PSC: conceitualização, redação de revisão e edição; DBP: metodologia, coleta de dados, redação do texto original; MLM: metodologia, coleta de dados, redação do texto original; PBS: conceitualização, aquisição de financiamento, redação de revisão e edição. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: CNPq e Capes.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos por e-mail, mediante solicitação ao autor correspondente.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflitos de interesses.



Copyright: © 2026 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).