

## FITOSOCIOLOGIA E EFEITO EDÁFICO EM UM CERRADÃO MESOTRÓFICO EM ECÓTONO SAVÂNICO-FLORESTAL EM ITUIUTABA (MG)

**Felipe Ferreira Naves**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Uberlândia, MG, Brasil  
[felipefnaves1@gmail.com](mailto:felipefnaves1@gmail.com)

**Lucas Felipe Calegari Rodrigues**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Ituiutaba, MG, Brasil  
[lucasfelipecr@hotmail.com](mailto:lucasfelipecr@hotmail.com)

**Alexandre Barra Medeiros**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Ituiutaba, MG, Brasil  
[aleh.bm@hotmail.com](mailto:aleh.bm@hotmail.com)

**Whigney de Freitas Barbosa**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Ituiutaba, MG, Brasil  
[whigneyfreitas@hotmail.com](mailto:whigneyfreitas@hotmail.com)

**Rafael Arruda**

Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Sinop, MT, Brasil  
[rafael.arruda@ufmt.br](mailto:rafael.arruda@ufmt.br)

**Marcelo H. O. Pinheiro**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Ituiutaba, MG, Brasil  
[mpinheiro@ufu.br](mailto:mpinheiro@ufu.br)

### RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em um fragmento florestal localizado no município de Ituiutaba, MG, conhecido como Parque do Goiabal. Teve por objetivo compreender como fatores edáficos influenciam os padrões florísticos e estruturais de um cerradão mesotrófico localizado em zona de transição com floresta estacional. Realizamos levantamento fitossociológico em 18 parcelas de 100 m<sup>2</sup>. Todos os indivíduos lenhosos, com altura ≥ 1,5 m (diâmetro > 0,51 cm), foram incluídos. Em cada parcela, amostras de solo foram coletadas para análises físico-químicas. As hipóteses testadas foram: (H<sub>a1</sub>) a proximidade com floresta estacional semideciduado resultará em maior influência florística de espécies florestais no cerradão; (H<sub>a2</sub>) o solo será fator preponderante na definição dos padrões de distribuição de espécies na comunidade estudada. As espécies amostradas foram classificadas em três grupos ecológicos: generalistas, florestais e savânicas. Além disso, realizamos análise de correspondência canônica (CCA) utilizando dados de abundância das espécies e variáveis edáficas. Os resultados confirmaram maior influência de espécies florestais na composição florística do cerradão, o que destacou o Goiabal de outros remanescentes considerados. Apesar da CCA ter explicado pouco as relações espécies-ambiente, as correlações indicaram a importância de componentes edáficos, como areia fina e Mg, na ocorrência de espécies arbóreas no cerradão.

**Palavras-chave:** Fragmento urbano. Gradientes edáficos. Savana florestada. Umidade do solo.

## PHYTOSOCIOLOGY AND EDAPHIC EFFECT IN A MESOTROPHIC CERRADÃO WITHIN A SAVANNA-FOREST ECOTONE IN ITUIUTABA, MINAS GERAIS

### ABSTRACT

This study was conducted in a forest fragment located in Ituiutaba, Minas Gerais, known as Parque do Goiabal. The objective was to understand how edaphic factors influence the floristic composition and structural patterns of a mesotrophic *cerradão* within a transition zone to seasonal forest. A phytosociological survey was carried out in 18 plots of 100 m<sup>2</sup>, including all woody individuals with a height ≥ 1.5 m and a diameter > 0.51 cm. Soil samples were collected

from each plot for physicochemical analysis. The hypotheses tested were: (Ha1) proximity to a semideciduous seasonal forest increases the floristic influence of forest species within the *cerradão*; and (Ha2) soil is a key factor in defining species distribution patterns. Sampled species were classified into three ecological groups: generalist, forest, and savanna. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was performed using species abundance and edaphic variables. The results confirmed a greater influence of forest species on the *cerradão*'s floristic composition, distinguishing Goiabal from other remnants. Although the CCA explained a limited portion of the species–environment relationships, the correlations indicated the importance of edaphic components—especially fine sand and magnesium (Mg)—in shaping the distribution of tree species in the *cerradão*.

**Keywords:** Edaphic gradients. Forested savanna. Soil moisture. Urban fragment.

## INTRODUÇÃO

Padrões fitossociológicos de uma comunidade arbustivo-arbórea resultam de inúmeros mecanismos interativos que podem atuar simultaneamente (Archibald, 1995; van Andel, 2013). Esses mecanismos interferem, portanto, na capacidade das espécies vegetais manterem populações localmente, sendo influenciadas por filtros ambientais que atuam de forma conjunta e hierárquica (Moro *et al.*, 2015; Assunção *et al.*, 2021).

De outra forma, podemos considerar que o grau de sucesso para espécies lenhosas renovarem suas populações nas comunidades vegetais que compõem teria relação direta com suas capacidades reprodutivas e resiliência frente a variações de fatores bióticos e abióticos (Whittaker, 1978; Baraza *et al.*, 2007; Schulze *et al.*, 2019). Entre eles, com muita frequência, os componentes físico-químicos edáficos exercem notável influência ao interferirem, por exemplo, na capacidade de sobrevivência e desenvolvimento de plântulas de espécies herbáceas e lenhosas (Poschlod *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2015).

A compreensão da importância de elementos abióticos, como os fatores físico-químicos do solo, ou da presença de gradientes edáficos (Chapin; Matson; Vitousek, 2011), enquanto agentes interferentes na composição e estrutura de comunidades vegetais, pode ser substancialmente enriquecida por análises realizadas em regiões ecotonais (Crawley, 1997; Lavorel *et al.*, 2007; Pinheiro *et al.*, 2009). Em estudo realizado em Bauru, SP, Pinheiro e Monteiro (2006) identificaram uma transição edáfica entre formações de cerradão e floresta estacional semidecidual, com diferenças nos atributos físico-químicos do solo associadas a variações florísticas em área ecotonal.

A ocorrência de espécies de origem florestal, assim como de espécies generalistas, em formações de cerradão pode ser favorecida por condições ambientais específicas. Embora tais espécies sejam geralmente sensíveis a fatores característicos do ambiente savântico, como a ocorrência de queimadas e solos frequentemente distróficos (Solbrig, 1996; Miranda; Bustamante; Miranda, 2002; Pennington; Lewis; Ratter, 2006), seu estabelecimento é possível na ausência prolongada de distúrbios por fogo e em solos com maior disponibilidade de nutrientes e umidade. Nessas circunstâncias, pode ocorrer substituição ou coocorrência com espécies típicas de savana (Furley, 1999; Pinheiro *et al.*, 2021; Bernardino *et al.*, 2022).

Apesar de os solos encontrados no Cerrado serem, em sua maioria, ácidos, com baixos teores de macronutrientes e altos níveis de  $\text{Al}^{3+}$  (Ratter; Bridgewater; Ribeiro, 2006), existem formações classificadas como cerradões mesotróficos (Ratter *et al.*, 1977; Lima; Lima; Ratter, 2009), vegetação savântica que ocorre em solos entre mesodistróficos e mesoeutróficos, com saturação por bases variando entre 35% e 75% (Embrapa, 2006).

De modo geral, os solos distróficos do Cerrado favorecem espécies savânicas, ou seja, adaptadas a condições de baixa fertilidade edáfica, em detrimento de espécies calcífilas e sensíveis a teores elevados de  $\text{Al}^{3+}$  (Haridasan, 2008; Ribeiro; Walter, 1998). Contudo, os solos mesotróficos proporcionam aos cerradões composições florísticas com a presença de espécies frequentes em solos de maior fertilidade, como *Guettarda viburnoides* Cham. & Schldl., *Platypodium elegans* Vogel e *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Oliveira-Filho; Ratter, 2002; Ratter; Bridgewater; Ribeiro, 2006; Pfadenhauer; Klötzli, 2020).

Diferenças edáficas entre cerradões mesotróficos e distróficos podem, portanto, originar diferenças florísticas notáveis (Oliveira-Filho; Ratter, 2002; Ribeiro; Walter, 2008; Walter et al., 2015), que, além disso, podem sofrer influência de formações vegetais adjacentes, especialmente pela ocupação de espécies florestais generalistas (Solórzano et al., 2012).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar os padrões vegetacionais de um cerradão mesotrófico localizado em área de transição para floresta estacional semidecidual, bem como avaliar a influência de fatores edáficos físico-químicos na definição desses padrões. Sendo um remanescente de cerradão situado nas proximidades de um fragmento de floresta estacional semidecidual, testamos a hipótese alternativa (Ha1) de que essa proximidade favoreceria a influência florística de espécies florestais. Também testamos a hipótese (Ha2) de que o solo seria fator preponderante na definição dos padrões vegetacionais no remanescente estudado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

O cerradão, tipo vegetacional também denominado savana florestada (IBGE, 2012), encontra-se abrigado em um fragmento urbano localizado no município de Ituiutaba, estado de Minas Gerais (Latitude: 19°00'26,06" S; Longitude: 49°26'59,72" O – ver Figura 1). Essa área é oficialmente denominada Parque Municipal Dr. Petrônio Rodrigues Chaves, popularmente conhecida como Parque do Goiabal, e possui pouco mais de 32 ha. Situa-se a 600 m de altitude, com clima classificado como tropical com inverno seco (maio a setembro) e um período chuvoso entre outubro e abril (Kottek et al., 2006). A precipitação média anual é de 1.470 mm. A região apresenta Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho (IBGE, 2001), e a vegetação presente em toda a extensão do parque pode ser caracterizada como composta por mata de galeria, floresta estacional semidecidual e cerradão, segundo análise fisionômica (Ribeiro; Walter, 1998; IBGE, 2012). A transição entre a floresta estacional semidecidual e o cerradão ocorre de forma brusca, facilitando a delimitação das duas fitocenoses.

### Fitossociologia e solo

Na análise da estrutura vegetacional da comunidade savântica, foi utilizado o método de parcelas (Felfili; Carvalho; Haidar, 2005). Para tanto, foram instaladas 18 unidades amostrais de 10 m × 10 m (0,18 ha) no cerradão mesotrófico. As parcelas foram organizadas em linha, de maneira perpendicular à transição com a floresta estacional semidecidual, e distribuídas em blocos variando de 2 a 4 parcelas, com extensões limitadas pela proximidade da formação florestal. Foram incluídos no levantamento todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com altura ≥ 1,5 m e diâmetro mínimo de 0,51 cm, os quais foram medidos quanto à altura total e ao diâmetro no nível do solo. Os indivíduos coletados como espécimes testemunho foram devidamente identificados com auxílio de chaves de identificação, consulta a especialistas e comparação com o acervo do Herbário Uberlandense (HUFU).

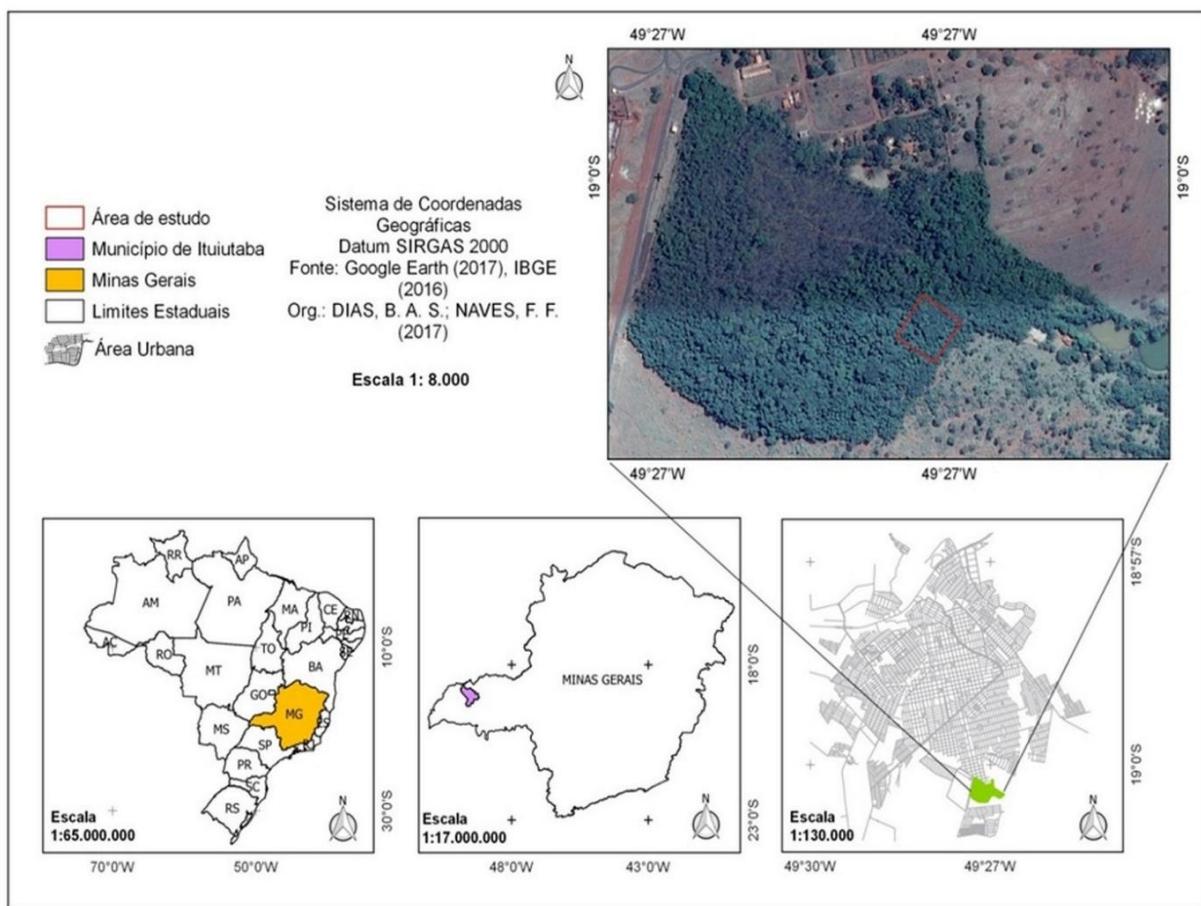
Para avaliar possíveis trocas florísticas na composição de espécies em formações savânicas sobre solos mesotróficos, as espécies foram agrupadas em três categorias ecológicas: generalistas, savânicas e florestais. Foram classificadas como florestais as espécies de ocorrência restrita a formações florestais; como savânicas, aquelas exclusivas de formações savânicas; e como generalistas, aquelas encontradas em múltiplas fitofisionomias, incluindo formações florestais, savânicas, campestras e outras.

Nessa análise, foram incluídos também outros cinco estudos realizados em cerrados e cerradões mesotróficos de três estados brasileiros: três localizados em Minas Gerais, nos municípios de Araguari, Paraopeba e na Estação Ecológica do Panga (Moreno et al., 2008; Neri et al., 2013; Rodrigues; Araújo, 2013); um em Miranda, Mato Grosso do Sul (Bueno et al., 2013); e outro em Nova Xavantina, Mato Grosso (Lima; Lima; Ratter, 2009). Esses estudos foram incluídos com finalidade comparativa quanto ao número de espécies classificadas nos três grupos ecológicos mencionados: generalistas, savânicas e florestais.

Os nomes corretos das espécies amostradas e sua classificação como florestais, savânicas ou generalistas foram obtidos com base na plataforma do Projeto REFLORA (Flora do Brasil 2020 - <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>).

Por fim, em cada parcela foi coletada uma amostra de solo composta por cinco subamostras, colhidas aleatoriamente a 20 cm de profundidade, utilizando trado tipo holandês. Essas amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises de Solos, Adubo, Calcário e Foliar (LABAS) para análises químicas de macronutrientes (P, K, Ca e Mg), alumínio, pH e matéria orgânica. As amostras também foram analisadas quanto às porcentagens de argila, silte e areia, no Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS). Ambos os laboratórios pertencem ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Figura 1 - Imagem aérea do fragmento urbano do Parque do Goiabal e sua localização no perímetro urbano, e as localizações do estado de Minas Gerais e do município de Ituiutaba



Fontes: IBGE (2024). Elaboração: Dias, B. A. S.; Naves, F. F., 2024.

### Análises fitossociológicas e estatísticas

Os valores obtidos das medições dos espécimes lenhosos considerados no estudo fitossociológico foram analisados com o auxílio do pacote estatístico FITOPAC 2.1 (Shepherd, 2010), que forneceu os dados referentes à dominância relativa (DoR), densidade relativa (DeR), frequência relativa (FeR) e Índice de Valor de Importância (IVI). Esses valores foram organizados em tabela segundo ordem decrescente de IVI. Também foram calculados o Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e o Índice de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ).

Quanto aos descritores fitossociológicos utilizados neste estudo, a densidade relativa (DeR) representa a porcentagem dos indivíduos amostrados de uma espécie em relação ao número total de indivíduos amostrados e é calculada a partir da equação  $DeR = 100 \cdot ne/N$ , em que  $ne$  é o número de indivíduos amostrados das espécies  $e$ ;  $N$  é o número total de indivíduos amostrados na comunidade. A frequência

relativa (FeR), por sua vez, é a relação percentual da frequência absoluta de uma espécie, registrada nas unidades amostrais em que a espécie considerada ocorreu, com a frequência absoluta de todas as espécies amostradas, e é obtida ao calcularmos  $FeR = 100 (FAe/FAt)$ , sendo FAe a frequência absoluta da espécie  $e$ ; FAt representa o somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas. A dominância relativa é a porcentagem da área ocupada pelos indivíduos de uma espécie, em relação à área total ocupada pelos indivíduos de todas as espécies amostradas, e é calculada através da equação  $DoR = 100 (Ae/At)$ , sendo Ae a área basal da espécie  $e$ ; At é a área basal total, que é o somatório das áreas basais dos indivíduos de todas as espécies amostradas.

O Índice de Valor de Importância (IVI $e$ ) de uma espécie determinada descreve a contribuição de uma espécie para a comunidade vegetal, quanto aos valores obtidos para sua dispersão, sua abundância e seu porte (área basal). O cálculo desse parâmetro resulta do somatório dos três descritores relativos mencionados acima:  $IVIe = DeR + FrR + DoR$ .

$$H' = \sum_{i=1}^S (pi * \ln pi) \quad (1)$$

Em que:

- $S$  é o número total de espécies na comunidade.
- $p_i$  é a proporção da espécie  $i$  em relação ao total de indivíduos.
- $\ln$  é o logaritmo natural.

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (2)$$

Em que:

- $H'$  representa o Índice de diversidade de Shannon.
- $S$  é a número total de espécies da comunidade.
- $\ln$  é o logaritmo natural.

Foram realizadas análises de correlação entre o número de indivíduos e a área basal por parcela, com os fatores edáficos físico-químicos ( $P$ ,  $K$ ,  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Al$ ,  $H+Al$ , soma de bases, capacidade de troca catiônica efetiva, CTC a pH 7,0, saturação por bases, saturação por alumínio, areia grossa, silte e argila), obtidos também em cada parcela. Para isso, realizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e utilizaram-se as correlações de Pearson ( $r$ ) para dados paramétricos e de Spearman ( $r_s$ ) para dados não paramétricos. O nível de significância adotado foi  $p \leq 0,05$ .

Abaixo incluímos as equações do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $W$ ) e das correlações de Pearson ( $r$ ) e Spearman ( $r_s$ ).

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Em que:

- $x_i$  são os valores ordenados da amostra (do menor para o maior).
- $\bar{x}$  é a média amostral.
- $a_i$  representa os coeficientes calculados com base nos valores esperados dos quantis da distribuição normal e a matriz de covariância dos mesmos.
- $n$  é o tamanho da amostra.

$$r = \frac{\sum (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2 \sum (yi - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Em que:

- $xi$  e  $yi$  são os valores individuais de cada par de dados.

- $\bar{x}$  é a média dos valores da variável x.
- $\bar{y}$  é a média dos valores da variável y.

$$rs = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \quad (5)$$

Em que:

- $d_i$  é a diferença entre os postos (ranks) da  $i$ -ésima observação das duas variáveis ( $\text{rank}(xi) - \text{rank}(yi)$ ).
- $n$  é o número de pares de dados.
- $\sum d^2$  é a soma dos quadrados das diferenças dos postos.

Para verificar a influência dos fatores edáficos físico-químicos sobre a estrutura da comunidade vegetal, foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA – Canonical Correspondence Analysis), técnica multivariada voltada à identificação de gradientes ambientais com base nas relações entre espécies e variáveis abióticas (ter Braak; Verdonschot, 1995).

Foram construídas duas matrizes para a CCA: uma contendo a abundância das espécies por parcela e outra com as variáveis edáficas. Apenas espécies com abundância total igual ou superior a 10 indivíduos foram incluídas. As variáveis edáficas foram selecionadas com base no fator de inflação da variância (Quinn; Keough, 2002), a fim de reduzir a multicolinearidade. Variáveis com alta colinearidade (Oksanen, 2012) ou baixa correlação com os dois primeiros eixos de ordenação foram excluídas, evitando redundâncias e interferências na interpretação dos gradientes ecológicos.

A significância dos resultados foi testada por meio do teste de permutação de Monte Carlo (ter Braak, 1995; Legendre; Legendre, 1998). Todas as análises e os diagramas de ordenação foram realizados no software R (R Core Team, 2018). Para todas as análises estatísticas, foi adotado nível de significância de  $\alpha \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

A estrutura da comunidade savântica foi analisada a partir de 1.078 indivíduos, distribuídos em 78 espécies e 36 famílias. As cinco famílias mais ricas em espécies foram: Fabaceae (10 espécies), Rubiaceae (6), Lauraceae (5), Malvaceae (5) e Myrtaceae (5). As três espécies mais importantes segundo o IVI foram a generalista *Hirtella gracilipes* (Hook.f.) Prance, com valores elevados de DoR (23,6) e DeR (12,2); *Metrodorea nigra* A.St.-Hil., espécie florestal que obteve DoR de 13,1; e *Cordiera sessilis* (Vell.) Kuntze, uma espécie savântica cuja população atingiu expressivo valor de 12,4 para DeR (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas em ordem de Índice de Valor de Importância. Parâmetros: número de indivíduos (N), dominância relativa (DoR %), densidade relativa (DeR %), frequência relativa (FeR %), Índice de Valor de Importância (IVI). Grupos ecológicos (GE): espécie florestal (F), generalista (G) e savântica (S)

Espécies	N	DoR	DeR	FeR	IVI	GE
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	131	23,6	12,2	4,8	40,6	G
<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil.	70	13,1	6,5	4,3	23,8	F
<i>Cordiera sessilis</i> (Vell.) Kuntze	134	2,11	12,4	4,3	18,8	S
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	13	14,7	1,21	1,9	17,7	G
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	34	7,6	3,16	3,5	14,2	G
<i>Psychotria carthagrenensis</i> Jacq.	78	1,87	7,24	4	13,1	F
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	79	1,66	7,34	4	13	G

Espécies	N	DoR	DeR	FeR	IVI	GE
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	57	0,43	5,29	4,8	10,5	F
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	57	0,87	5,29	4	10,2	G
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	21	3	1,95	2,9	7,89	F
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	37	0,12	3,44	4	7,57	G
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	14	3,48	1,3	2,7	7,45	G
<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.	28	0,11	2,6	4	6,72	F
<i>Piper cuyabananum</i> C.DC.	40	0,13	3,71	2,7	6,52	G
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	26	1,14	2,41	2,9	6,5	G
<i>Acalypha gracilis</i> Spreng.	42	0,31	3,9	1,6	5,81	F
<i>Eugenia florida</i> DC.	18	0,3	1,67	2,9	4,92	G
<i>Eugenia ligustrina</i> (Sw.) Willd.	20	0,29	1,86	2,7	4,82	G
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	8	2,22	0,74	1,6	4,57	G
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	16	0,4	1,49	2,7	4,56	G
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	9	1,48	0,84	1,9	4,18	G
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	6	2,21	0,56	1,3	4,11	G
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	4	2,39	0,37	0,8	3,57	G
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	4	1,81	0,37	1,1	3,25	S
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	4	1,47	0,37	1,1	2,91	G
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	5	1,06	0,46	1,3	2,86	S
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	9	0,65	0,84	1,1	2,56	G
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	2	1,68	0,19	0,5	2,4	G
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	6	0,39	0,56	1,3	2,28	G
<i>Ocotea minarum</i> (Nees & Mart.) Mez	8	0,1	0,74	1,3	2,18	G
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	7	0,11	0,65	1,3	2,1	F
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.	3	0,93	0,28	0,8	2,01	G
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	1	1,62	0,09	0,3	1,98	G
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	6	0,59	0,56	0,8	1,95	G
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	3	0,98	0,28	0,5	1,79	S
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	6	0,03	0,56	1,1	1,66	G
<i>Psidium guineense</i> Sw.	2	0,88	0,19	0,5	1,6	G
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	3	0,4	0,28	0,8	1,48	G
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth	3	0,25	0,28	0,8	1,33	G
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	2	0,5	0,19	0,5	1,22	G
<i>Peltogyne confertiflora</i> (Mart. ex Hayne) Benth.	3	0,4	0,28	0,5	1,21	F
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	2	0,72	0,19	0,3	1,17	G
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	3	0,02	0,28	0,8	1,11	G
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	3	0,02	0,28	0,8	1,1	F
<i>Malanea macrophylla</i> Bartl. ex Griseb.	3	0,01	0,28	0,8	1,09	G
<i>Helicteres brevispira</i> A.St-Hil.	5	0,03	0,46	0,5	1,03	G
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	2	0,28	0,19	0,5	1	S

Espécies	N	DoR	DeR	FeR	IVI	GE
<i>Monteverdia floribunda</i> (Reissek) Biral	3	0,08	0,28	0,5	0,9	G
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	2	0,09	0,19	0,5	0,81	F
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schleidl.	2	0,02	0,19	0,5	0,74	G
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	2	0,01	0,19	0,5	0,73	G
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	2	0,01	0,19	0,5	0,73	F
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	2	0,01	0,19	0,5	0,73	F
<i>Pavonia malacophylla</i> (Link & Otto) Garcke	2	0	0,19	0,5	0,72	G
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	1	0,33	0,09	0,3	0,69	G
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	1	0,24	0,09	0,3	0,6	G
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	1	0,16	0,09	0,3	0,52	G
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1	0,14	0,09	0,3	0,5	S
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	1	0,13	0,09	0,3	0,49	G
<i>Roupala montana</i> Aubl.	2	0,04	0,19	0,3	0,49	G
<i>Psidium rufum</i> Mart. ex DC.	1	0,09	0,09	0,3	0,45	G
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	1	0,05	0,09	0,3	0,41	S
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	1	0,05	0,09	0,3	0,41	G
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	1	0,05	0,09	0,3	0,41	F
<i>Dasyphyllum</i> sp.	1	0,02	0,09	0,3	0,38	-
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schleidl.	1	0,01	0,09	0,3	0,37	G
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	0,01	0,09	0,3	0,37	G
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	1	0,01	0,09	0,3	0,37	G
<i>Geissanthus ambiguus</i> (Mart.) G.Agostini	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Genipa americana</i> L.	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Helicteres</i> sp.	1	0	0,09	0,3	0,36	-
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	1	0	0,09	0,3	0,36	G
<i>Galipea jasminiflora</i> (A.St.-Hil.) Engl.	1	0	0,09	0,3	0,36	F
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	1	0	0,09	0,3	0,36	G

Fonte: Os autores, 2025.

Apesar do maior número de espécies florestais e generalistas no fragmento analisado, a definição da riqueza florística do cerradão mesotrófico estudado contou com notável contribuição da densa população da espécie savântica *Cordiera sessilis* (Vell.) Kuntze. Ainda que tenha sido a única espécie estritamente savântica relevante quanto ao IVI, obteve o terceiro maior valor (18,8), em grande parte devido à sua elevada densidade relativa (12,4). A segunda espécie savântica com maior valor de IVI foi *Qualea multiflora* Mart., com 3,25. As demais espécies savânticas apresentaram populações pouco numerosas, com um a cinco indivíduos, o que resultou em valores igualmente baixos de IVI, variando entre 0,41 e 2,86.

O valor do Índice de Shannon ( $H'$ ) foi de 3,30, e o Índice de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) atingiu 0,76. Esses resultados refletem uma comunidade composta por 55 espécies classificadas como generalistas (72,4%), 14 como florestais (18,4%) e sete como savânicas (9,2%). Além dessas, outras duas espécies não puderam ser identificadas até o nível de epíteto específico. A altura média dos indivíduos amostrados foi de 3,7 m, sendo o maior indivíduo registrado pertencente à espécie florestal *Guarea kunthiana* A.Juss. (Meliaceae), com altura de 13 m.

Na análise da contribuição florístico-estrutural das espécies, conforme os três grupos ecológicos definidos (generalistas, savânicas e florestais), observou-se a importância das espécies florestais na composição do cerradão mesotrófico investigado: 18,4% das espécies e 29,5% dos indivíduos amostrados pertencem a esse grupo. Esses valores são significativamente superiores aos registrados nos demais cerradões e cerrados mesotróficos de outras regiões incluídos neste estudo comparativo (Tabela 2).

Tabela 2 - Números de espécies e de indivíduos, incluídas nos grupos ecológicos das espécies generalistas (G), savânicas (S) e florestais (F), e seus valores em hectare e respectivas suas porcentagens, obtidos nos outros cinco estudos considerados nessa análise. \*Valores correspondentes ao levantamento de 1997 (Lima; Lima; Ratter, 2009)

Localidades	nº spp (%)			nº ind/ha (%)			$H'$
	G	S	F	G	S	F	
Ituiutaba	55 (72,4)	7 (9,2)	14 (18,4)	3384 (56,6)	833 (13,9)	1761 (29,5)	3,30
Araguari	54 (65,1)	27 (32,5)	2 (2,4)	1076 (81,1)	248 (18,7)	3 (0,2)	3,50
Panga	53 (79,1)	11 (16,4)	3 (4,5)	2550 (81,2)	560 (17,8)	30 (1)	3,60
Paraopeba	44 (71)	17 (27,4)	1 (1,6)	4040 (89,4)	475 (10,5)	5 (0,1)	3,26
Miranda	42 (77,8)	9 (16,7)	3 (5,5)	1060 (89)	124 (10,4)	8 (0,6)	3,32
Nova Xavantina*	35 (49,3)	35 (49,3)	1 (1,4)	782,6 (39,1)	1215,8 (60,8)	1,6 (0,1)	3,10

Fonte: Os autores, 2025.

As análises granulométricas do solo indicaram a predominância da textura franco-argilo-arenosa nas parcelas amostradas, seguidas pelas classes argilosa, franco-arenosa e franco-argilosa. Em 61% das parcelas, o solo foi classificado como mesoeutrófico (Embrapa, 2006), de acordo com o parâmetro edáfico de saturação por bases ( $50\% \leq V\% < 75\%$ ), o que demonstra o elevado nível de nutrientes presente no solo da área de estudo (Tabela 3). Trata-se, portanto, de um cerradão mesotrófico, conforme as definições propostas por Ratter (1971) e Oliveira-Filho e Ratter (1995).

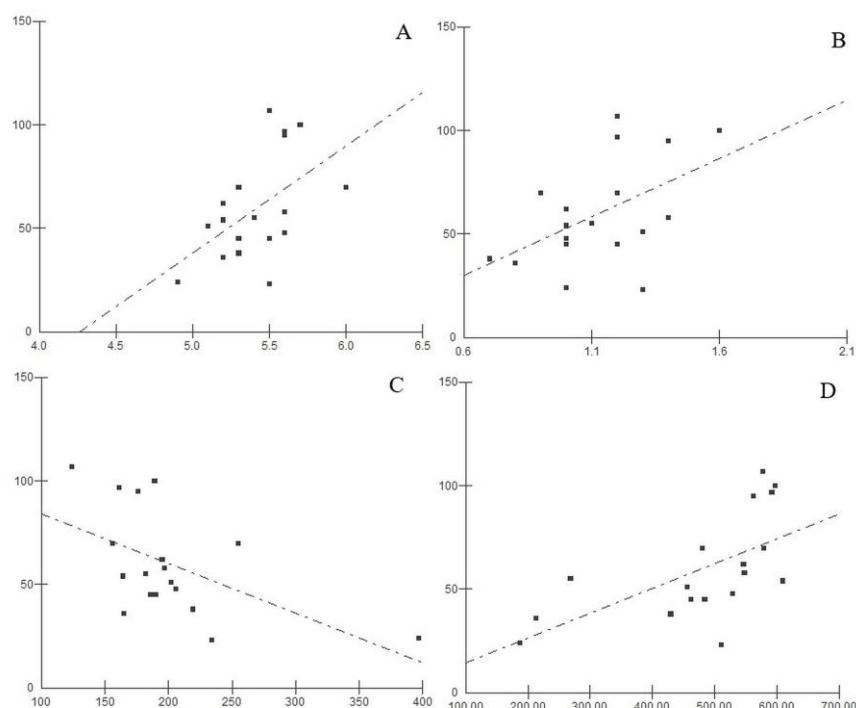
Tabela 3 - Variáveis físico-químicas edáficas das 18 parcelas amostradas em um cerradão mesotrófico, no município de Ituiutaba (MG). Notações: parcelas (Pr), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC a pH 7,0 (T); saturação por bases (V); saturação de alumínio (m), gramas (g), areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (S), argila (A), número de indivíduos (Ind), área basal (AB), média ( $\bar{x}$ ) e desvio padrão (dp). Parâmetros com distribuição de valores que descrevem curva não normal (•). Parâmetros com distribuição de valores que descrevem curva normal (○)

Pr	mg.dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>					%					gramas					
	P <sup>•</sup>	K <sup>○</sup>	Ca <sup>○</sup>	Mg <sup>○</sup>	Al <sup>•</sup>	H+Al <sup>○</sup>	SB <sup>○</sup>	t <sup>○</sup>	T <sup>○</sup>	V <sup>○</sup>	m <sup>•</sup>	pH <sup>○</sup>	AG <sup>•</sup>	AF <sup>•</sup>	S <sup>○</sup>	A <sup>○</sup>	Ind <sup>○</sup>	AB <sup>•</sup>
1	2,2	0,19	1,5	0,7	0,4	4,3	2,39	2,79	6,69	36	14	5,3	219	429	40	312	38	0,36
2	1,9	0,2	1,7	0,8	0,1	2,6	2,7	2,8	5,3	51	4	5,2	165	213	182	440	36	0,37
3	1,9	0,19	2,5	1,1	0,1	3,7	3,79	3,89	7,49	51	3	5,4	182	268	225	325	55	0,85
4	2	0,17	1,9	1	0,2	4,5	3,07	3,27	7,57	41	6	4,9	397	187	53	363	24	0,48
5	2,8	0,25	2,7	1,3	0,2	5,5	4,25	4,45	9,75	44	4	5,1	202	456	38	304	51	1,07
6	1,8	0,19	1,6	1	0,2	4,9	2,79	2,99	7,69	36	7	5,3	186	462	46	306	45	0,39
7	4,1	0,29	4,6	1,6	0	3,1	6,49	6,49	9,59	68	0	5,7	189	597	14	200	100	0,39
8	2	0,21	2,4	1	0,1	5,1	3,61	3,71	8,71	41	3	5,2	195	546	35	224	62	0,43
9	4,3	0,27	3,7	1,4	0	4,1	5,37	5,37	9,47	57	0	5,6	197	548	21	234	58	0,3
10	2,5	0,27	3,4	1,4	0	3,3	5,07	5,07	8,37	61	0	5,6	176	562	41	222	95	0,45
11	1,9	0,29	2,6	1	0	3,8	3,89	3,89	7,69	51	0	5,6	206	529	37	228	48	0,49
12	1,7	0,18	2,6	1,2	0	3,6	3,98	3,98	7,58	52	0	5,6	161	592	4	244	97	0,4
13	1,8	0,22	2,2	1,2	0,2	3,1	3,62	3,82	6,72	54	5	5,5	124	578	130	169	107	0,18
14	2	0,31	3,4	1,3	0,1	3,4	5,01	5,11	8,41	60	2	5,5	234	511	53	202	23	0,08
15	1,9	0,24	2,1	0,9	0,1	3,8	3,24	3,34	7,04	46	3	5,3	156	579	28	238	70	0,23
16	2,1	0,28	2,8	1,2	0	2,9	4,28	4,28	7,18	60	0	6	255	480	48	217	70	0,21
17	2,2	0,23	2	1	0,2	3,5	3,23	3,43	6,73	48	6	5,2	164	609	148	78	54	0,38
18	2,2	0,28	3,4	1,2	0,1	3,8	4,88	4,98	8,68	56	2	5,5	190	484	122	203	45	0,72
$\bar{x}$	2,29	0,24	2,62	1,13	0,11	3,83	3,98	4,09	7,81	50,72	3,28	5,42	199,9	479,5	70,3	250,5		
dp	0,74	0,04	0,82	0,23	0,11	0,78	1,07	1,00	1,16	8,92	3,56	0,26	72,4	167,4	63,2	97,3		

Fonte: Os autores, 2025.

Nas análises de correlação ( $r$  e  $r_s$ ) entre os parâmetros vegetacionais da comunidade savântica estudada — número de indivíduos e área basal total — e os atributos físico-químicos do solo, observaram-se correlações significativas apenas entre o número de indivíduos e dois parâmetros químicos (pH:  $r = 0,52$ ;  $p < 0,05$ ; Mg:  $r = 0,50$ ;  $p < 0,05$ ), além de dois atributos físicos (areia grossa:  $r_s = -0,54$ ;  $p < 0,05$ ; areia fina:  $r_s = 0,70$ ;  $p < 0,01$ ). Esses resultados estão representados graficamente na Figura 2. Os demais atributos físico-químicos analisados apresentaram correlações não significativas ( $\alpha > 0,05$ ), conforme demonstrado na Tabela 4.

Figura 2 - Representações gráficas das correlações de Pearson (número de indivíduos e pH – A, número de indivíduos e Mg - B) e Spearman (número de indivíduos e areia grossa - C, número de indivíduos e areia fina - D)



Fonte: Os autores, 2025.

Tabela 4 - Resultados das análises de correlação de Pearson ( $r$ ) e Spearman ( $r_s$ ) entre variáveis físico-químicas edáficas das 18 parcelas amostradas e número de indivíduos amostrados por parcela e área basal desses indivíduos. Notações: parcelas (Pr), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC a pH 7,0 (T); saturação por bases (V); saturação de alumínio (m), gramas (g), areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (S), argila (A), número de indivíduos (Ind), área basal (AB). Os resultados com significância estatística foram destacados em negrito

	<b>N. Ind.</b>	<b>A.B.</b>		<b>N. Ind.</b>	<b>A.B.</b>
P	$r_s = -0,003$ ( $p = 0,99$ )	$r_s = 0,11$ ( $p = 0,67$ )	CTC	$r = 0,13$ ( $p = 0,60$ )	$r_s = 0,40$ ( $p = 0,95$ )
K	$r = 0,10$ ( $p = 0,70$ )	$r_s = -0,17$ ( $p = 0,50$ )	V	$r = 0,46$ ( $p = 0,051$ )	$r_s = -0,23$ ( $p = 0,35$ )
Ca	$r = 0,37$ ( $p = 0,13$ )	$r_s = 0,10$ ( $p = 0,75$ )	m	$r_s = -0,46$ ( $p = 0,056$ )	$r_s = -0,04$ ( $p = 0,89$ )
Mg	<b><math>r = 0,50</math> (<math>p = 0,03</math>)</b>	$r_s = 0,05$ ( $p = 0,85$ )	pH	<b><math>r = 0,52</math> (<math>p = 0,03</math>)</b>	$r_s = -0,24$ ( $p = 0,34$ )
Al	$r_s = -0,45$ ( $p = 0,06$ )	$r_s = -0,01$ ( $p = 0,97$ )	AG	<b><math>r_s = -0,54</math> (<math>p = 0,02</math>)</b>	$r_s = 0,10$ ( $p = 0,69$ )
H+Al	$r = -0,34$ ( $p = 0,17$ )	$r_s = 0,46$ ( $p = 0,06$ )	AF	<b><math>r_s = 0,70</math> (<math>p = 0,0011</math>)</b>	$r_s = -0,28$ ( $p = 0,26$ )
SB	$r = 0,39$ ( $p = 0,10$ )	$r_s = 0,05$ ( $p = 0,83$ )	S	$r_s = -0,41$ ( $p = 0,09$ )	$r_s = 0,25$ ( $p = 0,32$ )
t	$r = 0,38$ ( $p = 0,12$ )	$r_s = 0,07$ ( $p = 0,78$ )	A	$r = -0,44$ ( $p = 0,07$ )	$r_s = 0,33$ ( $p = 0,18$ )

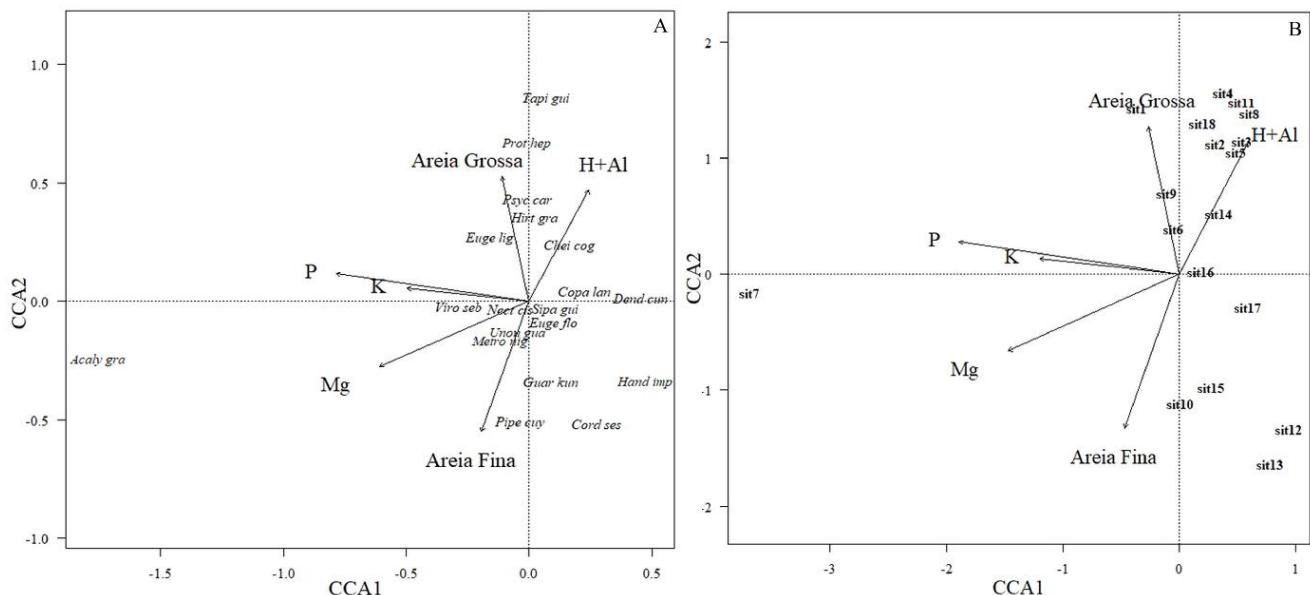
Fonte: Os autores, 2025.

As variáveis areia grossa, areia fina, P, K, Mg e H+Al apresentaram as maiores correlações com os eixos 1 e 2 da ordenação e não demonstraram colinearidade (Oksanen, 2012). Os resultados da Análise de Correspondência Canônica (CCA) revelaram que, da inércia total (0,926), 47% (0,434) foram explicados pelos dois primeiros eixos de ordenação: o eixo 1 respondeu por 19% (0,183) e o eixo 2 por 13% (0,123). Contudo, considerando apenas a variação explicada, o eixo 1 representou 42% e o eixo 2, 28% (Figura 3 e Tabela 5). Como os autovalores foram inferiores a 0,50, os fatores edáficos explicam apenas parcialmente a variação na composição vegetal, sendo considerados de baixa significância segundo ter Braak (1995).

A ordenação das espécies pela CCA sugere que *Piper cuyabanum*, *Guarea kunthiana*, *Cordiera sessilis* e *Handroanthus impetiginosus* foram mais influenciadas pela variável areia fina. Por outro lado, *Tapirira guianensis*, *Protium heptaphyllum*, *Psychotria carthagrenensis*, *Hirtella gracilipes*, *Eugenia ligustrina* e *Cheiloclinium cognatum* apresentaram maior associação com os fatores areia grossa e acidez potencial (H+Al). Já as espécies *Virola sebifera*, *Siparuna guianensis*, *Nectandra cissiflora*, *Eugenia florida*, *Unonopsis guatterioides* e *Metrodorea nigra* demonstraram baixa correlação com os dois primeiros eixos de ordenação (Figura 3A).

Quanto à ordenação das unidades amostrais, a CCA indicou a possível existência de gradientes edáficos relacionados às variáveis areia grossa e H+Al, por um lado, e areia fina e Mg, por outro, influenciando a distribuição de quase todas as parcelas — em especial as parcelas 2, 3 e 18, no primeiro caso, e 10, 12 e 13, no segundo. As exceções foram algumas unidades amostrais, como as parcelas 6 e 16, que apresentaram baixas correlações com ambos os eixos (Figura 2B).

Figura 3 - Diagrama da análise de correspondência canônica (CCA) para as espécies (A) e para as parcelas (B), ordenações definidas pelas variáveis edáficas químicas: acidez potencial (H+Al), magnésio (Mg) e fósforo (P); e texturais: areias grossa e fina. Notações: *Acalypha gracilis* (Acaly gra); *Cheiloclinium cognatum* (Chei cog); *Copaifera langsdorffii* (Copa lan); *Cordiera sessilis* (Cord ses); *Dendropanax cuneatus* (Dend cun); *Eugenia florida* (Euge flo); *Eugenia ligustrina* (Euge lig); *Guarea kunthiana* (Guar kun); *Handroanthus impetiginosus* (Hand imp); *Hirtella gracilipes* (Hirt gra); *Metrodorea nigra* (Metr nig); *Nectandra cissiflora* (Nect cis); *Piper cuyabanum* (Pipe cuy); *Protium heptaphyllum* (Prot hep); *Psychotria carthagrenensis* (Psyc car); *Siparuna guianensis* (Sipa gui); *Tapirira guianensis* (Tapi gui); *Unonopsis guatterioides* (Unon gua); *Virola sebifera* (Viro seb); parcelas (Sit)



Fonte: Os autores, 2025.

Tabela 5 - Valores referentes à Análise de Correspondência Canônica (CCA) relacionada às populações com pelo menos 10 indivíduos e parâmetros físico-químicos edáficos, de remanescente de cerradão mesotrófico localizado em Ituiutaba (MG)

Parâmetros da CCA	Eixos	
	1	2
Autovalores	0,18	0,12
Variância percentual cumulativa dos dados	0,19	0,33
Correlação de Pearson	0,80	0,90
Correlações das variáveis edáficas com os eixos ( $r$ ):		
Areia grossa	-0,13	0,64
Areia fina	-0,23	-0,67
P	-0,95	0,14
K	0,60	0,06
Mg	-0,74	-0,33
H+Al	0,29	0,57
Teste de permutação	0,01	

Fonte: Os autores, 2025.

## DISCUSSÃO

As três espécies com maior valor de IVI foram *Hirtella gracilipes* (40,6), *Metrodorea nigra* (23,8) e *Cordiera sessilis* (18,8), caracterizadas, respectivamente, como generalista, florestal e savântica. Essas espécies representam, de forma fidedigna, a importância de cada um desses grupos ecológicos para a comunidade savântica estudada. *H. gracilipes* e *M. nigra* se destacaram principalmente pelos altos valores de dominância relativa, 23,6 e 13,1, respectivamente. *C. sessilis*, por sua vez, destacou-se pela numerosa população, que determinou o valor elevado de sua densidade relativa (12,4).

Entre as dez espécies mais importantes segundo o IVI, todas alcançaram tal posição devido a contribuições significativas nos parâmetros relativos de dominância ou densidade, com exceção da espécie florestal *Guarea kunthiana*, cujo maior valor relativo foi o de frequência.

A elevada contribuição de espécies generalistas (72,4%) e florestais (18,4%) na composição florística da comunidade estudada — como *Copaifera langsdorffii*, *H. gracilipes*, *M. nigra*, *Psychotria carthagensis* e *Tapirira guianensis* — está possivelmente associada à fertilidade mesoedáfica do solo, observada em mais da metade das parcelas amostradas (61%). Essa fertilidade pode ser explicada não apenas pelos altos teores de nutrientes edáficos, mas também pela proximidade do fragmento de floresta estacional semidecidual. Assim, além da alta fertilidade edáfica, a condição ecotonal entre savana e floresta foi determinante para os padrões florístico-estruturais registrados.

Cabe salientar também que a proximidade das parcelas amostradas de um córrego presente no Parque do Goiabal possivelmente contribuiu para a ocorrência de espécies lenhosas típicas de vegetações ripárias, como *Acalypha gracilis*, *H. gracilipes* e *Virola sebifera*. A presença dessas espécies pode ter sido influenciada pelo aumento da umidade do solo (Oliveira-Filho & Ratter, 2002), fator edáfico com reconhecida influência na ocupação de microssítios por elementos florísticos em ecótonos savântico-florestais (Pinheiro & Monteiro, 2006).

Além disso, a ocorrência de diversas espécies generalistas no cerradão mesotrófico estudado — como *Aspidosperma subincanum*, *Astronium fraxinifolium*, *Callisthene fasciculata*, *Diodendron bipinnatum*, *Guettarda viburnoides*, *Luehea paniculata* e *Magonia pubescens* — é coerente com registros prévios de comunidades savânticas sobre solos mesotróficos (Ratter, Bridgewater & Ribeiro, 2006).

Os resultados quanto à distribuição dos grupos ecológicos na área de estudo — especialmente a maior representatividade das espécies florestais — diferem de outras áreas analisadas nos estudos comparativos, refletindo a influência singular da floresta estacional próxima. Por outro lado, a proporção de espécies generalistas foi semelhante à observada em outros cerradões mesotróficos do Triângulo Mineiro (Moreno et al., 2008; Rodrigues & Araújo, 2013), o que pode sugerir um padrão recorrente de troca florística entre formações savânicas e florestais, mediada por fatores edáficos (Bueno et al., 2017; Elias et al., 2019; Schulze et al., 2019; Souza & Eisenlohr, 2020).

Com base na saturação por bases como indicador de fertilidade, observa-se que o solo do cerradão do Parque do Goiabal apresenta maior fertilidade em comparação a outros cerradões mesotróficos da região. Moreno e Schiavini (2001) registraram uma média de 24,92% para esse parâmetro em Uberlândia, enquanto Rodrigues e Araújo (2013) encontraram 43,72% em Araguari. Em contraste, este estudo revelou uma média de 50,72% ( $\pm 8,92$ ), valor próximo à saturação média registrada em solos de florestas estacionais do Brasil Central ( $55,6 \pm 8,7$ ) (Henriques, 2005).

Quanto à influência edáfica na estrutura da vegetação, os testes de correlação de Pearson e Spearman revelaram a importância de alguns fatores físico-químicos sobre o número de indivíduos e a área basal nas parcelas estudadas. Destacam-se, sobretudo, as correlações associadas à textura do solo: negativa para areia grossa (-0,54) e positiva para areia fina (0,70). Tais resultados sugerem que a retenção de umidade, promovida por solos de textura mais fina, exerce papel fundamental na estruturação de comunidades vegetais (Chapin, Matson & Vitousek, 2011; Paraíba, Silva & Oliveira Neto, 2011). Em regiões ecotonais, diversos fatores — como padrões climáticos e hidrológicos, evapotranspiração, regime de águas subterrâneas e tipos de solo — interferem na composição da vegetação (Barnes et al., 1997; Camporeale, Perona & Ridolfi, 2006). Nessas zonas de transição, a ocorrência das espécies vegetais depende de suas tolerâncias às variações bióticas e abióticas, que definem os gradientes ecotonais (Grubb, 1985; Schulze, Beck & Müller-Hohenstein, 2019). Assim, não há um padrão hierárquico único para definir a florística e a estrutura dessas formações vegetais, uma vez que a influência dos fatores físicos sobre os ecossistemas terrestres tende a variar localmente (Ruggiero & Pivello, 2005).

Embora a CCA tenha explicado uma fração limitada da relação entre espécies e variáveis edáficas, é comum esse tipo de resultado em análises multivariadas de vegetação (Silva et al., 2007). Isso pode indicar a presença de gradientes curtos (ter Braak & Verdonschot, 1995), e a alta variação residual pode estar associada à sobreposição de gradientes, especialmente os topográficos. Alterações na topografia influenciam diretamente a disponibilidade de nutrientes: os teores de pH, Ca e Mg tendem a aumentar em áreas mais baixas, enquanto o alumínio se concentra nas mais altas (Chen et al., 1997). Essa condição pode explicar os altos níveis de saturação por bases em oposição aos de saturação por alumínio observados, considerando-se que a área amostrada está próxima ao curso d'água e, portanto, em uma das cotas topográficas mais baixas do terreno.

Ressalta-se que as variáveis edáficas foram obtidas a partir de amostras superficiais, coletadas a 20 cm de profundidade, o que pode não representar integralmente o perfil edáfico. Além disso, o modelo considera apenas variáveis abióticas, desconsiderando possíveis efeitos de interações bióticas, como competição. Essas limitações metodológicas podem restringir a capacidade explicativa do modelo.

Considerando as características edáficas da área, é importante destacar que a densa cobertura vegetal do cerradão mesotrófico contribui para a constante deposição de serapilheira, cuja decomposição favorece a manutenção da fertilidade do solo por meio da ciclagem eficiente de nutrientes (Henriques, 2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados confirmam a hipótese de maior influência de espécies florestais na composição florística do cerradão, em razão da proximidade do remanescente de floresta estacional semideciduado. Fatores edáficos, como a maior disponibilidade de nutrientes e de umidade, também podem ter contribuído para esse padrão. Com relação à segunda hipótese, sobre a influência edáfica na estrutura da vegetação, embora a CCA tenha apresentado baixo poder explicativo, os testes de correlação ( $r$  e  $rs$ ) indicaram a

relevância de variáveis edáficas — especialmente areia fina e magnésio (Mg) — na definição da estrutura vegetacional do cerradão mesotrófico estudado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. Agradecem, ainda, aos professores Dr. Ivan Schiavini (UFU-INBIO) e Dra. Renata Udulustch (UNESP-Assis), pela inestimável contribuição na identificação do material botânico coletado.

## REFERÊNCIAS

- ARCHIBOLD, O. W. **Ecology of world vegetation**. Pondicherry: Springer, 1995.  
<http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-0009-0>
- ASSUNÇÃO, V. A.; SILVA, D. M. D.; DALPONTI, G.; SARTORI, A. L. B.; CASAGRANDE, J. C.; MANSANO, V. D. F. Environmental filters structure plant communities in the Brazilian Chaco. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 34, p. 46-754, 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0205>
- BARAZA, E.; ZAMORA, R.; HÓDAR, J. A.; GÓMEZ, J. M. Plant–herbivore interaction: beyond a binary vision. In: PUGNAIRE, F. I.; VALLADARES, F. (Eds.) **Functional plant ecology**. 2 ed. Nova Iorque: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007. p. 481-514.  
<http://dx.doi.org/10.1201/9781420007626-16>
- BARNES, B. V.; ZAK, D. R.; DENTON, S. R.; SPURR, S. H. **Forest ecology**. 1997.
- BERNARDINO, P. N.; DANTAS, V. L.; HIROTA, M.; PAUSAS, J. G.; OLIVEIRA, R. S. Savanna–forest coexistence across a fire gradient. **Ecosystems**, Nova Iorque, v. 25, p. 279–290, 2022.  
<https://doi.org/10.1007/s10021-021-00654-4>
- BUENO, M. L.; REZENDE, V. L.; PONTARA, V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Floristic distributional patterns in a diverse ecotonal area in South America. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 218, p. 1171-1186, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11258-017-0759-1>
- CAMPOREALE, C.; PERONA, P.; RIDOLFI, L. Hydrological and geomorphological significance of riparian vegetation in drylands. In: D'ODORICO, P.; PORPORATO, A.; RUNYAN, C. W. (Eds.). **Dryland ecohydrology**. Dordrecht: Springer. 2006). 9 v. p. 161–179. [http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4260-4\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4260-4_10)
- CHAPIN, F. S.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. Nova Iorque: Springer, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9>
- CHEN, Z. C.; HSIEH, C. F.; JIANG, F. Y.; HSIEH, T. H., SUN, I. F. Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 132, p. 229-241, 1997. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009762704553>
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 20, p. 13-23, 2006.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>
- CRAWLEY, M. J. The structure of plant communities. In: Crawley, M. J. (Ed.) **Plant ecology**. 2 ed. Malden: Blackwell, 1997. p. 475-531. <http://dx.doi.org/10.1002/9781444313642.ch14>
- ELIAS, F.; MARIMON JÚNIOR, B. H. M.; DE OLIVEIRA, F. J. M.; OLIVEIRA, J. C. A.; MARIMON, B. S. Soil and topographic variation as a key factor driving the distribution of tree flora in the Amazonia/Cerrado transition. **Acta Oecologica**, Amsterdam, v. 100, 103467, 2019.  
<https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103467>
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal.** Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília: Universidade de Brasília, 2005.

FURLEY, P. A. The nature and diversity of Neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, Londres, v. 8, p. 223-241, 1999.  
<https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.1999.00142.x>

GRUBB, P. J. Plant populations and vegetation in relation to habitat, disturbance and competition: problems of generalization. In: WHITE, J. (Ed.). **The population structure of vegetation.** Dordrecht: Springer. 1985. p. 595-621.

HARIDASAN M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 20, p. 183-195, 2008.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>

HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In: SCARIOT, A., SOUZA-SILVA, J. C., FELFILI, J. M. (Eds.) **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 73-92.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de solos do Brasil.** Escala 1: 5.000.000, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas Territoriais.** 2024. Disponível em:  
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27413>. Acesso em: 2 de fev. 2025.

KOTTEK M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 15, p. 259-263, 2006.  
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

LAFOREL, S.; DÍAZ, S.; CORNELISSEN, J. H. C.; GARNIER, E.; HARRISON, S. P., MCINTYRE, S. PAUSAS, J. G., PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., ROUMET, C., URCELAY, C. Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail?. In: CANADELL, J. G.; PATAKI, D. E.; PITELKA, L. (Eds.) **Terrestrial ecosystems in a changing world.** Heidelberg: Springer, 2007. p. 149-164.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1_13)

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology:** Developments in Environmental Modelling. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. 3 v.

LIMA, E. D. S.; LIMA, H. S.; RATTER, J. A. Mudanças pós-fogo na estrutura e composição da vegetação lenhosa, em um cerrado mesotrófico, no período de cinco anos (1997-2002) em Nova Xavantina-MT. **Cerne**, Lavras, v. 15, p. 468-480, 2009.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M.; MIRANDA, A. C. The fire factor. In: Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (Eds.) **The cerrados of Brazil:** ecology and natural history of a Neotropical savanna. Nova Iorque: Columbia University Press, 2002. p. 51-68. <http://dx.doi.org/10.7312/oliv12042>

MORENO, M. I. C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, p. 537-544, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000500008>

MORO, M. F.; SILVA, I. A.; ARAÚJO, F. S. D.; LUGHADHA, E. N.; MEAGHER, T. R.; MARTINS, F. R. The role of edaphic environment and climate in structuring phylogenetic pattern in seasonally dry tropical plant communities. **PLoS One**, São Francisco, v. 10, e0119166, 2015.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119166>

OKSANEN, J. **Constrained Ordination:** Tutorial with R and vegan. R-Packace Vegan. Helsinki: Universidade de Helsinki, 2012.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburg Journal of Botany**, Edimburgo, v. 52, p. 141-194, 1995. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428600000949>

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.) **The Cerrados of Brazil**. Nova Iorque: Columbia University Press, 2002. p. 91-120. <http://dx.doi.org/10.7312/oliv12042>

PARAIBA, R.; SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B. **Retenção de água em solos arenosos do Município de Petrolândia, Estado de Pernambuco**. Comunicado Técnico 65. EMBRAPA: Rio de Janeiro, 2011.

PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Eds.) **Neotropical savannas and seasonally dry forests**: plant diversity, biogeography, and conservation. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2006. p. 1-29. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420004496-1>

PFADENHAUER, J. S.; KLÖTZLI, F. A. **Global vegetation**: fundamentals, ecology and distribution. Cham: Springer Nature, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49860-3>

PINHEIRO, M. H. O.; ARANTES, S. A. D. C. M.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MONTEIRO, R. Caracterização edáfica de um ecótono savântico-florestal no sudeste brasileiro. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 64, p. 15-24, 2009.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in southeastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, p. 763-774, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132006000600011>

PINHEIRO, M. H. O.; AZEVEDO, T. S.; FERREIRA, F. L.; MONTEIRO, R. Vegetation patterns and the influence of rainfall after long-term fire suppression on a woody community of a Brazilian savanna. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 93, e20191405, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202120191405>

POSCHLOD, P.; ABEDI, M.; BARTELHEIMER, M.; DROBNIK, J.; ROSBAKH, S.; SAATKAMP, A. Seed ecology and assembly rules in plant communities. In: VAN DER MAAREL, E.; FRANKLIN, J. (Eds.) **Vegetation ecology**: historical notes and outline. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2013. p. 164-202. <https://doi.org/10.1002/9781118452592.ch6>

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Experimental design and data analysis for biologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511806384>

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RATTER, J. A. Some notes on two types of cerradão occurring in northeastern Mato Grosso. In: FERRI, M. G. (Ed.) **III Simpósio Sobre o Cerrado**. São Paulo: EDUSP / Edgard Blücher, 1971. p.110-112.

RATTER J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD D. R. Observações adicionais sobre o cerradão de solos mesotróficos no Brasil central. In: Ferri MG (Ed.) **IV Simpósio sobre o Cerrado**: bases para a utilização agropecuária. São Paulo, EDUSP, 1977. p.303-316.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrado. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS. G. P.; RATTER, J. A. (Eds.) **Neotropical savannas and seasonally dry forests**: plant diversity, biogeography, and conservation. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2006. p. 31-66. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420004496-2>

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. 151-212.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. (Eds.) **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166.

RODRIGUES, R. F.; ARAUJO, G. M. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 2013-2029, 2013.

RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R. O solo e a comunidade vegetal. In: PIVELLO, V.R.; Varanda, E.M. (Org.) **O cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual da Vassununga, São Paulo) - ecologia e conservação**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2005. p. 173-188.

SCHULZE, E. D., BECK, E., BUCHMANN, N., CLEMENS, S., MÜLLER-HOHENSTEIN, K., SCHERER-LORENZEN, M. **Plant ecology**. Berlim: Springer-Verlag, 2019.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56233-8>

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC**: versão 2.1. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 2010.

SILVA, A. C.; VAN DEN BERG, E; HIGUCHI, P; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MARQUES, J. J. G. S. M.; APPOLINÁRIO, V.; PIFANO, D. S.; OGUSUKU, L. M.; NUNES, M. H. Estrutura e diversidade do componente arbóreo de florestas aluviais no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto alegre, v. 5, p. 51-53, 2007.

SILVA, J. L. A.; SOUZA, A. F.; JARDIM, J. G.; GOTO, B. T. Community assembly in harsh environments: the prevalence of ecological drift in the heath vegetation of South America. **Ecosphere**, Washington, n. 6, p. 1-18, 2015. <https://doi.org/10.1890/ES14-00548.1>

SOLBRIG, O. T. The diversity of the savanna ecosystem. In: SOLBRIG, O. T.; MEDINA, E.; SILVA, J. F. (Eds.) **Biodiversity and tropical savanna properties**: a global view. Heidelberg: Springer, 1996. p. 1-27. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-78969-4\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-78969-4_1)

SOLÓRZANO, A; PINTO, J. R. R.; FELFILI, J. M.; HAY, J. D. V. Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerradão ao longo do bioma Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 26, p. 328-341, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000200009>

SOUZA, L. A. S.; EISENLOHR, P. V. Drivers of floristic variation in biogeographic transitions: insights from the ecotone between the largest biogeographic domains of South America. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 34, p. 155-166, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0057>

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. (Eds.) **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 91-274. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511525575>

TER BRAAK, C. J. F.; VERDONSCHOT, P. F. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in ter Braak aquatic ecology. **Aquatic sciences**, Basel, v. 57, p. 255-289, 1995. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00877430>

VAN ANDEL, J. Species interactions structuring plant communities. In: VAN DER MAAREL, E.; FRANKLIN, J. (Eds.) **Vegetation ecology**: historical notes and outline. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2013. p. 1-27. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118452592.ch7>

WALTER, B. M. T.; DURIGAN, G.; MUNHOZ, C. B. R.; RIBEIRO, J. F. Fitofisionomias do Cerrado: classificação, métodos e amostragens fitossociológicas. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M. M.; ANDRADE, L.A.; MEIRA NETO J. A. A. (Eds.) **Fitossociologia no Brasil**. Viçosa: Editora UFV, 2015. v. 2. p. 183–212.

WHITTAKER, R. H. Dominance-types. In: WHITTAKER, R. H. (Ed.) **Classification of plant communities**. Dordrecht: Springer, 1978. p. 65-79. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-9183-5\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-9183-5_3)

Recebido em: 06/03/2025

Aceito para publicação em: 30/05/2025