

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 05/05/2027.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**Faculdade de Ciências e Letras - Campus de Assis**

**JULIA OLIVEIRA MARREGA**

**ANATOMIA E QUANTIFICAÇÃO DE RESERVAS DE DUAS LEGUMINOSAS DO  
CERRADO COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA AO FOGO**

Assis

2025

**JULIA OLIVEIRA MARREGA**

**ANATOMIA E QUANTIFICAÇÃO DE RESERVAS DE DUAS LEGUMINOSAS DO  
CERRADO COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA AO FOGO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para obtenção do título de Mestre(a) em Biociências.

Área de Concentração: Caracterização da diversidade biológica

Orientador(a): Prof. Dra. Aline Redondo Martins

Assis

2025

M358a

Marrega, Julia Oliveira

Anatomia e quantificação de reservas de duas Leguminosas do Cerrado com diferentes estratégias de resiliência ao fogo / Julia Oliveira Marrega. -- Assis, 2025

90 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis

Orientadora: Aline Redondo Martins

1. Botânica. 2. Anatomia vegetal. 3. Fisiologia vegetal. 4. Ecologia do Cerrado. I. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JULIA OLIVEIRA MARREGA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS - CÂMPUS DE ASSIS.**

Aos 05 dias do mês de maio do ano de 2025, às 14h, no(a) Sala de Videoconferência 1 da FEIS/UNESP e sala virtual: [meet.google.com/zbz-jhgr-wbo](https://meet.google.com/zbz-jhgr-wbo), realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JULIA OLIVEIRA MARREGA, intitulada **ANATOMIA E MORFOFISIOLOGIA DE DUAS LEGUMINOSAS DO CERRADO COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA AO FOGO**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. ALINE REDONDO MARTINS (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) FEIS/UNESP-Ilha Solteira, Profa. Dra. ROSANA MARTA KOLB (Participação Virtual) do(a) UNESP/FCL-Assis, Profa. Dra. YVE CANAVEZE (Participação Virtual) do(a) Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final   Aprovada   . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. ALINE REDONDO MARTINS



Documento assinado digitalmente  
ALINE REDONDO MARTINS  
Data: 05/05/2025 21:29:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, sob o processo nº 88887.839568/2023-00, ao qual agradeço o Auxílio Financeiro que possibilitou minha permanência na pesquisa.

A Unesp, ao departamento de Biologia e Zootecnia (DBZ) de Ilha Solteira e ao Programa de Pós-graduação em Biociências – Interunidades por ofertar toda a infraestrutura de pesquisa e ensino de excelência.

Agradeço a todos os docentes e técnicos que participaram, desde o ensino básico, da minha formação profissional e pessoal. Vocês são os responsáveis por manter em mim, o orgulho em ser pesquisadora.

Em especial, agradeço a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aline Redondo Martins pela confiança em me receber como orientada e por me acompanhar por todos esses anos nesse grande trajeto da vida adulta. Obrigada pelo carinho, pela paciência e dedicação, pelos conselhos e conversas e pelos bolos e café. Afinal, sem café não há ciência.

Ainda, agradeço a equipe do Laboratório de Morfologia e Anatomia Vegetal (LEMAV) e Laboratório de Fisiologia do Metabolismo Vegetal (LFMV) por toda a colaboração na execução deste projeto. Agradeço por me acolherem e por deixarem o ambiente mais leve e divertido; além de ótimos profissionais, vocês são ótimos amigos.

Por fim, agradeço imensamente a toda minha família pelo apoio incondicional, respeitando minhas escolhas, e me incentivando a sempre ser o melhor de mim. Aos meus amigos, à minha esposa e ao meu gato, por sempre estarem ao meu lado nos bons e maus momentos, sem vocês a vida perderia o sentido e nada disso seria possível.

## RESUMO

O Cerrado é um bioma inflamável, onde o fogo está presente com importância evolutiva e ecológica há cerca de 4 milhões de anos. Em ambientes com distúrbios frequentes, plantas podem sobreviver ou pela rebrota ou por sementes. Características associadas a essas estratégias dicotômicas de sobrevivência, como a presença de cascas espessas, sistemas subterrâneos com alto poder gemífero e capacidade de armazenamento auxiliam as plantas a se manterem em ambientes inflamáveis. Fabaceae é uma das famílias botânicas mais abundantes no Cerrado, apresentando grande diversidade morfológica, fisiológica e ecológica. *Senna* e *Chamaecrista* são dois gêneros de leguminosas presentes no Cerrado que possuem diferentes formas de vida e estratégias de sobrevivência ao fogo. Características anatômicas podem ser associadas às condições do ambiente, uma vez que podem ser selecionadas por pressão evolutiva, enquanto a alocação e concentração de compostos de reservas podem ajudar a entender os traços funcionais das plantas em ambientes sujeitos a distúrbios frequentes. Este estudo teve por objetivo investigar o perfil anatômico e o metabolismo de reservas de duas espécies de leguminosas encontradas no Parque Nacional das Emas – GO, com diferentes estratégias de sobrevivência ao fogo. A partir da caracterização anatômica dos órgãos vegetativos e quantificação de reservas aéreas e subterrâneas das espécies *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* e *Senna silvestris* var. *guaranitica*, foi possível classificar a primeira como uma semeadora obrigatória e fanerófita, composta por uma raiz pivotante sem gemas, que não sobrevive ao fogo; e a segunda como uma rebrotadora facultativa e geófita, com sistema subterrâneo do tipo xilopódio associado a raízes de reserva, que rebrota após o fogo. Em ambas as espécies a anatomia foliar apresentou características importantes à sobrevivência em ambientes áridos como cutícula espessa, epiderme unisseriada, parênquima paliçádico ocupando metade do mesófilo e fibras esclerenquimáticas ao redor dos feixes vasculares, além de amido e fenóis como os compostos de maior concentração tanto nos órgãos aéreos quanto subterrâneos. Ainda, diferenças na estrutura foliar e nos compostos de reservas aéreas foram observadas em relação às principais mudanças relacionadas às estratégias de sobrevivência de cada espécie. Assim, os resultados obtidos demonstram a importância dessas características anatômicas e fisiológicas na persistência de espécies em ambientes inflamáveis, independentemente de suas estratégias de sobrevivência.

**Palavras-chave:** *Chamaecrista desvauxii*, rebrotadora, semeadora, *Senna silvestris*.

## ABSTRACT

Cerrado is a fire-prone biome where fire has had evolutionary and ecological significance for approximately 4 million years. In environments subjected to frequent disturbances, plants can survive either by resprouting or through seed propagation. Characteristics associated with these survival strategies, such as thick bark, underground systems with high bud potential, and storage capacity, assist plants in persisting within flammable environments. Fabaceae is one of the most abundant botanical families in the Cerrado, displaying extensive morphological, physiological, and ecological diversity. *Senna* and *Chamaecrista* are two leguminous genera in the Cerrado that exhibit varied life forms and fire survival strategies. Anatomical traits may be linked to environmental conditions, shaped by evolutionary pressure, while the allocation and concentration of storage compounds aid in understanding the functional traits of plants in disturbance-prone habitats. This study aimed to investigate the anatomical profile and storage metabolism of two legume species found in Parque Nacional das Emas – GO, with distinct fire survival strategies. Through anatomical characterization of vegetative organs and quantification of aerial and underground reserves in *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* and *Senna silvestris* var. *guaranitica*, the former was classified as a phanerophyte obligate seeder with taproot lacking buds and not surviving fire, while the latter was identified as a geophytic facultative resprouter with a xylopodium-type underground system associated with storage roots, enabling post-fire resprouting. In both species, leaf anatomy presented features critical for survival in arid environments, including a thick cuticle, glandular trichomes, a uniseriate epidermis, palisade parenchyma occupying half of the mesophyll, and sclerenchyma fibers surrounding vascular bundles. Starch and phenolic compounds were observed as the primary reserves in both aerial and underground organs. Furthermore, differences in foliar structure and aerial reserve compounds were associated with each species' unique survival strategies. These findings highlight the significance of these anatomical and physiological traits for species persistence in fire-prone environments, regardless of their survival strategy.

**Keywords:** *Chamaecrista desvauxii*, resprouter, seeder, *Senna silvestris*.

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	7
1.1.	OBJETIVOS GERAIS	11
1.2.	METODOLOGIA GERAL	12
2.	<b>CAPÍTULO 1: Análise estrutural morfofisiológica de <i>Chamaecrista desvauxii</i> var. <i>brevipes</i> (Fabaceae - Caesalpinioideae) e sua relação com seus diferentes estágios fenológicos</b>	14
2.1.	RESUMO	15
2.2.	INTRODUÇÃO	16
2.3.	METODOLOGIA	19
2.3.1.	<b>Material botânico</b>	19
2.3.2.	<b>Caracterização anatômica</b>	19
2.3.3.	<b>Extração e quantificação dos compostos de reservas</b>	21
2.3.3.1.	<i>Quantificação de aminoácidos</i>	21
2.3.3.2.	<i>Quantificação de frutose</i>	22
2.3.3.3.	<i>Quantificação de sacarose</i>	22
2.3.3.4.	<i>Quantificação de compostos fenólicos</i>	22
2.3.3.5.	<i>Quantificação de proteínas solúveis</i>	22
2.3.3.6.	<i>Quantificação de amido</i>	23
2.3.4.	<b>Análises estatísticas</b>	23
2.4.	RESULTADOS	24
2.4.1.	<b>Caracterização da anatomia foliar</b>	24
2.4.2.	<b>Alterações na anatomia foliar</b>	26
2.4.3.	<b>Caracterização caule e raiz</b>	28
2.4.4.	<b>Análises histoquímicas</b>	30
2.4.5.	<b>Quantificação dos compostos de reservas</b>	32
2.5.	DISCUSSÃO	34
2.6.	CONCLUSÕES	40
2.7.	BIBLIOGRAFIA	41
3.	<b>CAPÍTULO 2: Análise estrutural e morfofisiológica de <i>Senna silvestris</i> var. <i>guaranitica</i> (Fabaceae - Caesalpinioideae) e sua relação com o fogo.</b>	49
3.1.	RESUMO	50
3.2.	INTRODUÇÃO	51
3.3.	METODOLOGIA	54
3.3.1.	<b>Material botânico</b>	54
3.3.2.	<b>Caracterização anatômica</b>	54
3.3.3.	<b>Extração e quantificação dos compostos de reservas</b>	56
3.3.3.1.	<i>Quantificação de aminoácidos</i>	56
3.3.3.2.	<i>Quantificação de frutose</i>	57
3.3.3.3.	<i>Quantificação de sacarose</i>	57

3.3.3.4.	<i>Quantificação de compostos fenólicos</i>	57
3.3.3.5.	<i>Quantificação de proteínas solúveis</i>	57
3.3.3.6.	<i>Quantificação de amido</i>	58
3.3.4.	<b>Análises estatísticas</b>	58
3.4.	<b>RESULTADOS</b>	59
3.4.1.	<b>Caracterização da anatomia foliar</b>	59
3.4.2.	<b>Alterações na anatomia foliar</b>	61
3.4.3.	<b>Caracterização do caule e sistema subterrâneo</b>	63
3.4.4.	<b>Testes histoquímicos</b>	65
3.4.5.	<b>Quantificação dos compostos de reservas</b>	67
3.5.	<b>DISCUSSÃO</b>	79
3.7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	77
4.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	84
5.	<b>BIBLIOGRAFIA GERAL</b>	86

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é um bioma inflamável, onde o fogo está presente com importância evolutiva e ecológica há cerca de 4 milhões de anos (Coutinho, 1990; Simon *et al.*, 2009). Sua vegetação é caracterizada como um mosaico de fisionomias vegetais que passam por formações campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Veredas) e florestais (Matas Ciliares, Mata Seca e Cerradão) (Ribeiro; Walter, 2008). O equilíbrio entre essas diferentes paisagens é determinado por uma junção de fatores, como os diferentes perfis de solo, disponibilidade hídrica e nutricional e pelo regime do fogo que é característico de diversas dessas fitofisionomias (Bond; Keeley, 2005; Dantas; Batalha; Pausas, 2013).

No bioma, o fogo tende a ocorrer nas épocas frias e secas, causado pela ação antrópica ou naturalmente ocasionado por raios (Coutinho, 1982; Miranda; Bustamante; Miranda, 2002). Esse fogo é considerado como de superfície, cujo principal combustível é o extrato herbáceo, e, portanto, sua ocorrência e características são variáveis de acordo com cada fisionomia (Miranda; Bustamante; Miranda, 2002). Assim, tem-se que a exclusão do fogo pode acarretar a perda da diversidade e alteração das fitofisionomias campestres e savânicas para fisionomias florestais. Enquanto a ocorrência descontrolada também pode gerar danos à diversidade por impedir a recuperação e estruturação de espécies lenhosas (Coutinho, 1982; Nascimento, 2001; Pausas; Ribeiro, 2017; Smit *et al.*, 2010).

Em ambientes inflamáveis é possível categorizar as plantas de acordo com suas principais estratégias de restabelecimento após distúrbios (Fidelis *et al.*, 2021). As plantas que sobrevivem ao fogo a partir do crescimento de novas estruturas após serem danificadas são classificadas como rebrotadoras obrigatórias (“obligate resprouters”); as plantas mais sensíveis, que não sobrevivem ao fogo e portanto dependem exclusivamente do recrutamento de sementes após a passagem do fogo para a persistência da espécie são classificadas como semeadoras obrigatórias (“obligate seeders”); já as plantas que conseguem persistir no ambiente tanto pela rebrota quanto pelo recrutamento de sementes após o fogo são classificadas como rebrotadoras facultativas (“facultative resprouters”) (Bell, 1996; Hansen; Pate; Hansen, 1992; Pausas; Keeley, 2014; Vivian; Cary, 2012).

Existem diferentes características, relacionadas às estratégias de restabelecimento, que possibilitam a sobrevivência das plantas em ambientes inflamáveis. São exemplos a presença

de cascas espessas e de folhas concentradas no ápice dos caules com estípulas persistentes para a proteção das gemas axilares e meristema apical (Burrows *et al.*, 2010; Charles Dominique *et al.*, 2015; Simon *et al.*, 2009). Por outro lado, o desenvolvimento de sistemas subterrâneos lignificados, com alto poder gemífero e capacidade de armazenamento, como xilopódios, rizomas, sóboles, raízes gemíferas e tuberosas auxiliam na permanência das espécies no ambiente e na reconstituição de um mesmo indivíduo por meio do rebrotamento, mesmo depois da perda dos órgãos aéreos (Melo-de-Pinna *et al.*, 2022; Munin; Teixeira; Sigríst, 2008; Pausas *et al.*, 2018; Veski; Westoby, 2004). Muitas vezes o fogo pode funcionar como estímulo à floração, deiscência de frutos e dispersão de sementes, assim possibilitando a sobrevivência de espécies e seu estabelecimento em outros ambientes (Coutinho, 1982; Fidelis *et al.*, 2019).

Por mais que não exista relação clara entre os tipos de estratégias de sobrevivência das espécies vegetais com seus locais de ocorrência (Prochazka *et al.*, 2024; Rice; Westoby., 1999), características anatômicas são frequentemente associadas ao ambiente, uma vez que o mesmo é responsável por exercer pressão evolutiva e seleção de características favoráveis à sobrevivência (Bieras; Sajo, 2009). Em plantas do Cerrado, por exemplo, folhas com cutícula espessa, presença de tricomas, feixes vasculares circundados por bainha de fibras e parênquima paliçádico bem desenvolvido são comuns em diferentes famílias botânicas (Bieras; Sajo, 2009; Morretes, 1987; Simioni *et al.*, 2017).

Da mesma maneira, alterações ao ambiente, como a ocorrência de distúrbios ou a sazonalidade podem ocasionar mudanças estruturais aos tecidos vegetais (Christodoulakis; Tsimbani; Fasseas, 1990). Alterações como o espessamento da cutícula, a produção de mucilagem ou fenóis, o aumento ou diminuição da densidade de estômatos e compactação do mesofilo podem ser observadas após a ocorrência de distúrbios do fogo ou alteração de sazonalidade (Christodoulakis; Tsimbani; Fasseas, 1990; Nolan *et al.*, 2014; Partelli-Feltrin *et al.*, 2021). Essas mudanças estruturais podem ser importantes tanto para a manutenção da eficiência hidráulica, como podem representar um risco à sobrevivência a longo prazo dos indivíduos, dependendo da intensidade e frequência dos distúrbios (Nolan *et al.*, 2014; Partelli Feltrin *et al.*, 2021).

Independente das estratégias de sobrevivência, a formação de reservas energéticas desempenha papel crucial em todos os processos funcionais da planta sob qualquer situação que necessite de recursos não supridos pela produção imediata do seu metabolismo (Hartmann; Trumbore, 2016; Taiz *et al.*, 2017). No entanto, essas funções não são estáveis, e necessitam de

constante regulação em resposta a alterações do ambiente (Chaves; Maroco; Pereira, 2003; de Moraes *et al.*, 2016; Rasheed *et al.*, 2020; Taiz *et al.*, 2017). Nefzi *et al.* (2023) observaram alterações na concentração de carboidratos não estruturais em relação às alterações no fluxo de chuva provocadas pela sazonalidade. Trovato *et al.* (2021), em revisão bibliográfica, observaram a relação do aumento de aminoácidos, quando em períodos de seca ou alta salinidade, garantindo maior tolerância ao estresse. Já quando em ausência de fotossíntese causada por herbívora, fogo, ou por períodos da noite e ausência de luz solar, notou-se que o carbono necessário à respiração, crescimento ou produção de metabólitos secundários é adquirido das reservas (de Moraes *et al.*, 2016; Pausas *et al.*, 2018).

As reservas podem ser compostas por uma grande variedade de substratos, como carboidratos não estruturais, proteínas e aminoácidos ou ácidos graxos e outros lipídios, que podem ser estocados em diferentes partes da planta, produzidos exclusivamente para esse propósito ou como excedente de produção da fotossíntese (Chapin; Schulze; Mooney, 1990; Hartmann; Trumbore, 2016; Jolly *et al.*, 2016; Taiz *et al.*, 2017). No entanto, os padrões de alocação dos compostos nos tecidos vegetais são considerados traços funcionais em plantas sob forte pressão evolutiva, além de poderem ser utilizados como marcadores taxonômicos de gêneros ou espécies vegetais (Joaquim *et al.*, 2018; Knox; Clarke, 2005; Pate *et al.*, 1990; Tertuliano; Figueiredo-Ribeiro, 1993).

O Parque Nacional das Emas (PNE) é uma das maiores e mais bem conservadas unidades de conservação do Cerrado (Batalha, 2001). Tombado pela UNESCO em 2001 como Patrimônio Mundial da Natureza, o parque se localiza nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, com 132.864 ha e apresenta diferentes fisionomias de Cerrado, com predominância de 70% a 80% de fisionomias campestres e savânicas (Ramos-Neto; Pivello, 2000; Scardua, 2004). No entanto, sua diversidade florística é pouco estudada, se restringindo ao levantamento feito por (Batalha & Martins (2007), que apontou as famílias Asteraceae (88 espécies), Fabaceae (87), Poaceae (51), Myrtaceae (39) e Lamiaceae (24) como as mais ricas no PNE.

Fabaceae Lindl. é uma das famílias botânicas mais abundantes do Cerrado (Lopes *et al.*, 2011). Apresenta grande diversidade morfológica, fisiológica e ecológica (LPWG, 2017), contendo diversas espécies com adaptações ao fogo, principalmente com sistemas subterrâneos especializados como xilopódios, rizomas, raízes gemíferas e tuberosas (Melo-de-Pinna *et al.*, 2022; Munin; Teixeira; Sigrist, 2008; Pausas *et al.*, 2018; Simon; Pennington, 2012). A família é considerada monofilética, subdividida em 6 subfamílias: Cercidoioideae, Detarioideae,

Duparquetioideae, Papilionoideae e Caesalpinioideae (LPWG, 2017); sendo a última, modificada para englobar o clado Mimosoide, que antes era considerado uma das três grandes subfamílias. Contudo, a parafilia dos grupos junto às relações filogenéticas entre essas subfamílias e os clados ainda são problemas a serem resolvidos.

A família ainda se destaca por ter a maior riqueza de espécies nativas e endêmicas do Brasil, é a terceira com mais espécies no mundo e a segunda com maior importância econômica (The Brazil Flora Group, 2022). A subfamília Caesalpinioideae, é uma das que possui maior riqueza de espécies no Cerrado, principalmente com o clado Mimosoide e a tribo Cassieae Bronn., que contempla os gêneros *Cassia* L., *Senna* Mill. e *Chamaecrista* (L.) Moench (Dantas; Silva, 2013b, 2013a; Júnior; Júnior; Senhuk, 2022; The Brazil Flora Group, 2022).

Existem muitas informações taxonômicas e filogenéticas destinadas a compreender as relações entre seções e subseções dos gêneros da tribo Cassieae (Conceição *et al.*, 2009; Irwin; Barneby, 1982; Owens; Lewis, 1989; Prochazka *et al.*, 2024; Tucker, 1996), uma vez que essas, como anteriormente descritas por Irwin & Barnaby (1982), não correspondem a grupos naturais (Conceição *et al.*, 2009; Marazzi *et al.*, 2006). Poucos estudos têm sido destinados a compreender a composição anatômica estrutural ou a alocação de compostos de reservas em espécies do gênero *Chamaecrista* e *Senna*, mesmo entendendo que essas informações são relevantes tanto para melhor esclarecer as estratégias que permitem que plantas sobrevivam a diversos distúrbios (Prochazka *et al.*, 2024) como para auxiliar na diagnose dos diferentes grupos taxonômicos (Francino *et al.*, 2015). Restando na bibliografia, apenas a generalização de que a maioria das espécies de ambos os gêneros possuem um xilopódio como sistema subterrâneo especializado, e, portanto, possuem o rebrotamento como estratégia de sobrevivência ao fogo no Cerrado (Conceição *et al.*, 2009; Rando *et al.* 2025; Zupo *et al.*, 2021).

*Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip e *Senna silvestris* (Vell.) H.S.Irwin & Barneby são exemplos de espécies amplamente encontradas no Cerrado (Gomes; Silva, 2022; Júnior; Júnior; Senhuk, 2022), apontadas como pertencentes a grupos funcionais distintos. Porém não encontramos na literatura estudos prévios sobre a anatomia e o metabolismo de reservas de suas estruturas vegetativas, principalmente relacionados às suas estratégias de sobrevivência a distúrbios recorrentes. Assim, para contribuir com a compreensão da organização estrutural e funcional de espécies da tribo Cassieae, o presente estudo teve como objetivo geral investigar o perfil anatômico e o metabolismo de reservas dessas duas espécies de leguminosas encontradas no Cerrado, e sua relação com as estratégias de sobrevivência ao fogo.

### 1.1. OBJETIVOS GERAIS

O presente estudo teve como objetivo geral investigar o perfil anatômico e o metabolismo de reservas das espécies de leguminosas: *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* (Benth.) H.S.Irwin & Barneby e *Senna silvestris* var. *guaranitica* (Chodat & Hassl.) H.S.Irwin & Barneby encontradas no Parque Nacional das Emas– GO, e sua relação com as estratégias de sobrevivência ao fogo. As hipóteses do estudo foram:

- 1) As espécies possuiriam como estratégia de sobrevivência o rebrotamento;
- 2) As espécies possuiriam um sistema subterrâneo especializado na produção de gemas e formação de reservas energéticas;
- 3) A anatomia foliar das espécies apresentaria alterações relacionadas ao distúrbio do fogo;
- 4) Haveria redução das reservas energéticas nos órgãos aéreos após a passagem do fogo.

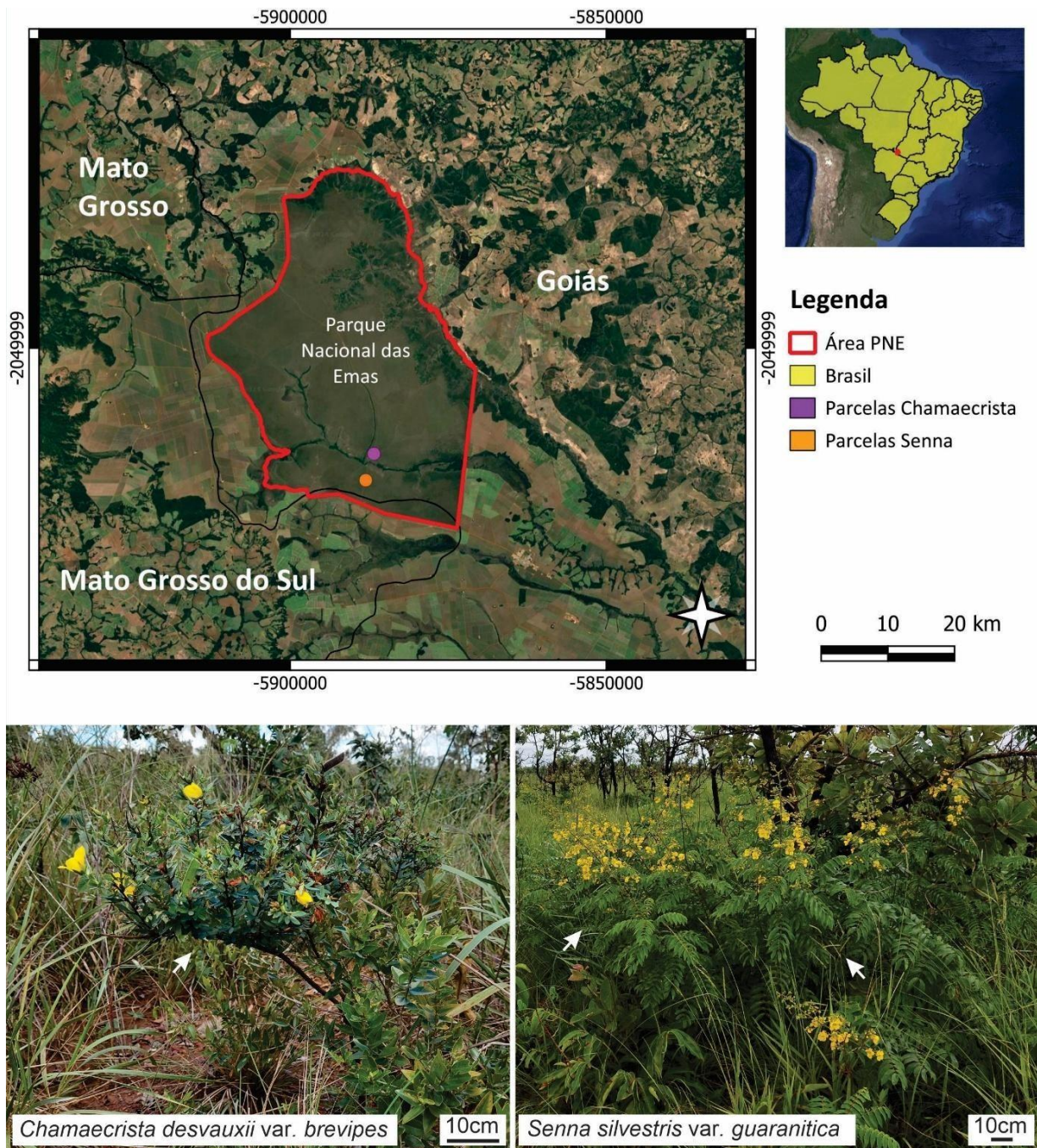
## 1.2. METODOLOGIA GERAL

### **Caracterização da área de estudo**

O Parque Nacional das Emas (PNE), situado no estado de Goiás (17°49'9"–18°28'9"S e 52°39'53"–109°10'9"W), é uma das maiores unidades de conservação de Cerrado com 132.133 hectares, localizada em sua maioria em planície de chapada (entre 800 e 900m), com solo do tipo Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo distróficos, onde predominam as fitofisionomias campestres e savânicas (Batalha, 2001; Ramos-Neto; Pivello, 2000; Scardua, 2004). O clima é sazonal tropical, com a temperatura média anual entre 22 e 24°C e pluviosidade anual entre 1500 e 1700 mm concentrados na estação chuvosa de setembro a maio (Franca; Barroso; Setzer, 2007; Ramos-Neto; Pivello, 2000). No parque o fogo ocorre naturalmente na estação chuvosa, provocado por raios, porém o fogo também ocorre como estratégia de manejo do PNE para manter aceiros e impedir a entrada do fogo fora de época por terras vizinhas (Franca; Barroso; Setzer, 2007).

Este estudo foi realizado em duas áreas de campo cerrado do PNE, onde os gestores do parque aplicaram o fogo de acordo com o Manejo Integrado do Fogo (MIF) em dezembro de 2022 (área A) e junho de 2023 (área B), um ano após o último evento do fogo em cada local. Em cada área foram delimitadas quatro parcelas retangulares de 300 m<sup>2</sup>, sendo 15m medidos em paralelo à estrada, e 20m adentrando a vegetação. A delimitação das parcelas foi feita por vergalhões e georreferenciamento em áreas escolhidas em intervalos com grande presença de plantas com flores.

Foram coletadas duas espécies de leguminosas, uma em cada área: *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* (Benth.) H.S.Irwin & Barneby (em A) e *Senna silvestris* var. *guaranitica* (Chodat & Hassl.) H.S.Irwin & Barneby (em B), conforme indicado na Figura 1.



**Figura 1.** Cartografia das áreas de coleta dentro do Parque Nacional da Emas – GO. Ponto roxo: região de delimitação das parcelas de coleta de *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* Ponto laranja: região de delimitação das parcelas de coleta de *Senna silvestris* var. *guaranítica*. Espécies apontadas por setas brancas, com as escalas de tamanho aproximadas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstra a importância da caracterização anatômica associada à morfofisiologia para auxiliar na compreensão das diferentes estratégias de sobrevivência em plantas do Cerrado. Ainda, reforça a importância do Parque Nacional Das Emas na conservação deste bioma, sendo um local importante para estudos botânicos em plantas do Cerrado.

Os resultados aqui apresentados foram suficientes para testagem das hipóteses gerais propostas, e possibilitaram conclusões distintas para cada uma das espécies estudadas. A primeira hipótese deste estudo, de que as espécies possuiriam o rebrotamento como estratégia de sobrevivência, foi refutada para *Chamaecrista desvauxii* var. *brevipes* e confirmada para *Senna silvestris* var. *guaranitica*. Consequentemente, a segunda hipótese, que previa a presença de sistema subterrâneo especializado na produção de gemas e formação de reservas, também foi refutada para *C. desvauxii* var. *brevipes* e confirmada para *S. silvestris* var. *guaranitica*, uma vez que essa característica é essencial a plantas que rebrotam.

Em ambas as espécies a anatomia foliar apresentou alterações anatômicas relacionadas ao fogo, seja diretamente, como observado em *S. silvestris* var. *guaranitica* ou indiretamente, como observado em *C. desvauxii* var. *brevipes*, confirmando a terceira hipótese geral. Contudo, a plasticidade anatômica observada deve ser compreendida como um indicador do impacto das alterações ambientais proporcionadas pelo fogo ou pelas alterações sazonais, conforme observadas em *C. desvauxii* var. *brevipes*, e, portanto, devem ser consideradas importantes para a manutenção dos processos fisiológicos foliares, proporcionando adaptabilidade às diferentes condições ambientais apresentadas. Já as alterações nas concentrações das reservas energéticas aéreas corroboraram com a última hipótese geral proposta, que previa a redução das reservas energéticas aéreas após a passagem do fogo, adaptada para *C. desvauxii* var. *brevipes*, que não sobrevive ao fogo, como a redução das reservas aéreas quando em estágio reprodutivo, devido ao alto consumo energético para o desenvolvimento desse estágio.

Por fim, a interpretação dos resultados morfofisiológicos em conjunto com as características estruturais possibilitou a compreensão aprofundada sobre o funcionamento das diferentes estratégias de sobrevivência encontradas. Em *C. desvauxii* var. *brevipes*, espécie semeadora obrigatória, notou-se que a preferência da espécie em florescer durante a estação chuvosa e acumular reservas durante a estação seca sugere que a plasticidade anatômica é capaz de garantir a formação de reservas que serão consumidas para a produção de sementes que terão melhores chances de germinação e estabelecimento durante a estação chuvosa, assim garantindo a eficácia da sua estratégia de sobrevivência. Já em *S. silvestris* var. *guaranitica*, espécie rebrotadora facultativa, notou-se a preferência da espécie em florir e produzir sementes rapidamente após o rebrotamento pós-fogo, antes mesmo de recuperar as reservas aéreas, garantindo assim não só a estabilização populacional pelo rebrotamento, mas também a variabilidade genética e capacidade de colonização proporcionada pelas sementes, que se aproveitarão do espaço recém-aberto pelo fogo.

## BIBLIOGRAFIA GERAL

- AZANI, Nasim *et al.* A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **TAXON**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 44–77, 2017.
- BATALHA, Marco Antonio. Florística, espectro biológico e padrões fenológicos do cerrado sensu lato no Parque Nacional das Emas (GO) e o componente herbáceo-subarbustivo da flora do cerrado sensu lato. [S. l.]: Unicamp, 2001.
- BATALHA, Marco Antônio; MARTINS, Fernando Roberto. The vascular flora of the cerrado in Emas National Park (Central Brazil): a savanna flora summarized. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 2, p. 269–277, 2007.
- BELL, T. Relationships Between Fire Response, Morphology, Root Anatomy and Starch Distribution in South-west Australian Epacridaceae. **Annals of Botany**, v. 77, n. 4, p. 357–364, 1996.
- BIERAS, Angela; SAJO, M. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. **Trees**, [s. l.], v. 23, 2009.
- BOND, W; KEELEY, J. Fire as a global ‘herbivore’: the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 387–394, 2005.
- BURROWS, G. E. *et al.* A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savanna biome – implications for adaptation to fire. **Australian Journal of Botany**, [s. l.], v. 58, n. 6, p. 493–507, 2010.
- CHAPIN, F. Stuart; SCHULZE, Ernst-Detlef; MOONEY, Harold A. The Ecology and Economics of Storage in Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s. l.], v. 2, p. 423–447, 1990.
- CHARLES-DOMINIQUE, Tristan *et al.* Bud protection: A key trait for species sorting in a forest-savanna mosaic. **New Phytologist**, [s. l.], v. 207, n. 4, p. 1052–1060, 2015.
- CHAVES, Manuela M.; MAROCO, João P.; PEREIRA, João S. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. **Functional plant biology: FPB**, v. 30, n. 3, p. 239–264, 2003.
- CHRISTODOULAKIS, N. S.; TSIMBANI, H.; FASSEAS, C. Leaf Structural Peculiarities in *Sarcopoterium spinosum*, a Seasonally Dimorphic Subshrub. **Annals of Botany**, [s. l.], v. 65, n. 3, p. 291–296, 1990.
- CONCEIÇÃO, Adilva de souza *et al.* Phylogeny of *Chamaecrista* Moench (Leguminosae-Caesalpinioideae) based on nuclear and chloroplast DNA regions. **TAXON**, [s. l.], v. 58, n. 4, p. 1168–1180, 2009.
- COUTINHO, L. M. **Ecological Effects of Fire in Brazilian Cerrado**. [S. l.: s. n.], 1982.
- COUTINHO, L. M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. *In*: GOLDAMMER, Johann Georg (org.). **Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges**.

Berlin, Heidelberg: Springer, 1990. p. 82–105. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_6). Acesso em: 6 out. 2024.

DANTAS, Vinícius De L.; BATALHA, Marco A.; PAUSAS, Juli G. Fire drives functional thresholds on the savanna–forest transition. **Ecology**, [s. l.], v. 94, n. 11, p. 2454–2463, 2013.

DANTAS, Murilo Melo; SILVA, Marcos José da. O gênero *Chamaecrista* (Leguminosae, Caesalpinioideae, Cassieae) no Parque Estadual da Serra Dourada, Goiás, Brasil. **Rodriguésia**, [s. l.], v. 64, p. 581–595, 2013a.

DANTAS, Murilo Melo; SILVA, Marcos José da. O gênero *Senna* Mill. (Leguminosae, Caesalpinioideae, Cassieae) no Parque Estadual da Serra Dourada, GO, Brasil. **Hoehnea**, [s. l.], v. 40, p. 99–113, 2013b.

DE MORAES, Moemy Gomes *et al.* Fire and Drought: Soluble Carbohydrate Storage and Survival Mechanisms in Herbaceous Plants from the Cerrado. **BioScience**, [s. l.], v. 66, n. 2, p. 107–117, 2016.

FIDELIS, Alessandra *et al.* From ashes to flowers: a savanna sedge initiates flowers 24 h after fire. **Ecology**, [s. l.], v. 100, n. 5, p. e02648, 2019.

FIDELIS, Alessandra *et al.* What matters for vegetation regeneration in Brazilian subtropical grasslands: seeders or resprouters?. **Flora**, [s. l.], v. 279, p. 151817, 2021.

FRANCA, Helena; BARROSO, Mario; SETZER, Alberto. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**. [S. l.: s. n.], 2007.

FRANCINO, Dayana M. T. *et al.* Anatomical interpretations of the taxonomy of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* (Leguminosae–Caesalpinioideae). **Plant Systematics and Evolution**, [s. l.], v. 301, n. 8, p. 2087–2103, 2015.

GOMES, Gustavo; SILVA, Guilherme. Diversity of Leguminosae in the Chapada das Mesas National Park, Maranhão, Brazil: new occurrences for Maranhão and the Brazilian Cerrado. **Phytotaxa**, [s. l.], v. 573, 2022.

HANSEN, Annette; PATE, John S.; HANSEN, Alexander P. Growth, reproductive performance and resource allocation of the herbaceous obligate seeder *Gompholobium marginatum* R. Br. (Fabaceae). **Oecologia**, [s. l.], v. 90, n. 2, p. 158–166, 1992.

HARTMANN, Henrik; TRUMBORE, Susan. Understanding the roles of nonstructural carbohydrates in forest trees – from what we can measure to what we want to know. **New Phytologist**, [s. l.], v. 211, n. 2, p. 386–403, 2016.

IRWIN, Howard S.; BARNEBY, Rupert C. The American Cassiinae: A Synoptical Revision of Leguminosae Tribe Cassieae Subtribe Casiinae in the New World. **New York Botanical Garden**, 1982.

JOAQUIM, Emanuela O. *et al.* Chemical Structure and Localization of Levan, the Predominant Fructan Type in Underground Systems of *Gomphrena marginata* (Amaranthaceae). **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 9, 2018.

JOLLY, W. Matt *et al.* Seasonal variations in red pine (*Pinus resinosa*) and jack pine (*Pinus banksiana*) foliar physio-chemistry and their potential influence on stand-scale wildland fire behavior. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 373, p. 167–178, 2016.

JÚNIOR, Juarez Antônio Gomes; JÚNIOR, Aguinaldo José Braga; SENHUK, Ana Paula Milla dos Santos. Composição florística e diagnose ambiental de um fragmento florestal de Cerrado na bacia hidrográfica do Rio Uberaba. **Scientia Plena**, [s. l.], v. 18, n. 10, 2022.

KNOX, K. J. E.; CLARKE, P. J. Nutrient availability induces contrasting allocation and starch formation in resprouting and obligate seeding shrubs. **Functional Ecology**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 690–698, 2005.

LOPES, Sérgio *et al.* Comparative analysis of the structure and floristic composition of cerrado vegetation in Central Brazil. **Interciencia**, [s. l.], v. 36, p. 8–15, 2011.

MARAZZI, Brigitte *et al.* Phylogenetic relationships within *Senna* (Leguminosae, Cassiinae) based on three chloroplast DNA regions: patterns in the evolution of floral symmetry and extrafloral nectaries. **American Journal of Botany**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 288–303, 2006.

MELO-DE-PINNA, Gladys Flávia de A. *et al.* Underground system of geoxylic species of *Homalolepis* Turcz. (Simaroubaceae, Sapindales) from the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], 2022.

MIRANDA, Heloisa; BUSTAMANTE, Mercedes; MIRANDA, Antonio. 4. The Fire Factor: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. *In*: [S. l.: s. n.], 2002.

MORRETES, Berta. Contribuição ao conhecimento da anatomia foliar de espécies da vegetação das dunas interioranas do Município de Lençóis-Bahia. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 1, p. 143–153, 1987.

MUNIN, Roberto Lobo; TEIXEIRA, Reinaldo Chaves; SIGRIST, Maria Rosângela. Esfingofilia e sistema de reprodução de *Bauhinia curvula* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae) em cerrado no Centro-Oeste brasileiro. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 31, p. 15–25, 2008.

NASCIMENTO, Itaborai Velasco. Cerrado: o fogo como agente ecológico. **Territorium**, [s. l.], n. 8, p. 25–35, 2001.

NEFZI, Khaoula *et al.* Seasonal Differences in Ecophysiological Performance between Resprouters and Non-Resprouters across an Aridity Gradient in Northwest Tunisia. [s. l.], 2023.

NOLAN, R. H. *et al.* Structural adjustments in resprouting trees drive differences in post-fire transpiration. **Tree Physiology**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 123–136, 2014.

OWENS, S. J.; LEWIS, G. P. Taxonomic and functional implications of stigma morphology in species of *Cassia*, *Chamaecrista*, and *Senna* (Leguminosae:Caesalpinioideae). **Plant Systematics and Evolution**, [s. l.], v. 163, n. 1, p. 93–105, 1989.

PARTELLI-FELTRIN, Raquel *et al.* Short- and long-term effects of fire on stem hydraulics in saplings. **Plant, Cell & Environment**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 696–705, 2021.

PATE, JOHN S. *et al.* Seedling Growth and Storage Characteristics of Seeder and Resprouter Species of Mediterranean-type Ecosystems of S. W. Australia. **Annals of Botany**, [s. l.], v. 65, n. 6, p. 585–601, 1990.

PAUSAS, Juli G. *et al.* Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, [s. l.], v. 217, n. 4, p. 1435–1448, 2018.

PAUSAS, Juli G.; KEELEY, Jon E. Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. **New Phytologist**, [s. l.], v. 204, n. 1, p. 55–65, 2014.

PAUSAS, Juli G.; RIBEIRO, Eloi. Fire and plant diversity at the global scale. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 889–897, 2017.

PROCHAZKA, Luana S. *et al.* Resource availability and disturbance frequency shape evolution of plant life forms in Neotropical habitats. **New Phytologist**, [s. l.], v. 242, n. 2, p. 760–773, 2024.

RAMOS-NETO, Mário Barroso; PIVELLO, Vânia Regina. Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. **Environmental Management**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 675–684, 2000.

RANDO, J.G.; COTA, M.M.T.; CONCEIÇÃO, A.S.; BARBOSA, A.R.; BARROS, T.L.A. *Chamaecrista in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22876>>. Accessed on: 16 May 2025

RASHEED, Faiza *et al.* Modeling to Understand Plant Protein Structure-Function Relationships—Implications for Seed Storage Proteins. **Molecules**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 873, 2020.

RIBEIRO, José; WALTER, Bruno. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In: [S. l.: s. n.]*, 2008. p. 151–212.

RICE, B.; WESTOBY., M. Regeneration after fire in *Triodia* R. Br. **Australian Journal of Ecology**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 563–572, 1999.

SCARDUA, Fernando Paiva. IBAMA/MMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional das Emas**. 2004.

SIMIONI, Priscila Fernanda *et al.* Elucidating adaptive strategies from leaf anatomy: Do Amazonian savannas present xeromorphic characteristics?. **Flora**, [s. l.], v. 226, p. 38–46, 2017.

SIMON, Marcelo F. *et al.* **Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire.** [S. l.: s. n.], 2009.

SIMON, Marcelo; PENNINGTON, Toby. Evidence for Adaptation to Fire Regimes in the Tropical Savannas of the Brazilian Cerrado. **International Journal of Plant Sciences**, [s. l.], v. 173, p. 711–723, 2012.

SMIT, Izak P. J. *et al.* Effects of fire on woody vegetation structure in African savanna. **Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America**, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 1865–1875, 2010.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ed.** [S. l.]: Artmed Editora, 2017.

TERTULIANO, M. F.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Distribution of fructose polymers in herbaceous species of Asteraceae from the cerrado. **New Phytologist**, [s. l.], v. 123, n. 4, p. 741–749, 1993.

THE BRAZIL FLORA GROUP *et al.* Brazilian Flora 2020: Leveraging the power of a collaborative scientific network. **TAXON**, [s. l.], v. 71, n. 1, p. 178–198, 2022.

TROVATO, Maurizio *et al.* Editorial: Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 12, 2021.

TUCKER, Shirley C. Trends in evolution of floral ontogeny in *Cassia sensu stricto*, *Senna*, and *Chamaecrista* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae: Cassiinae); a study in convergence. **American Journal of Botany**, [s. l.], v. 83, n. 6, p. 687–711, 1996.

VESK, Peter A.; WESTOBY, Mark. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. **Journal of Ecology**, [s. l.], v. 92, n. 2, p. 310–320, 2004.

VIVIAN, Lyndsey M.; CARY, Geoffrey J. Relationship between leaf traits and fire-response strategies in shrub species of a mountainous region of south-eastern Australia. **Annals of Botany**, [s. l.], v. 109, n. 1, p. 197–208, 2012.