



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**ERIKA PRADO DE CASTRO**

**ANATOMIA FOLIAR E BIOMASSA DE ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS**  
**DO CERRADO**

**UBERLÂNDIA**

**2021**

**ERIKA PRADO DE CASTRO**

**ANATOMIA FOLIAR E BIOMASSA DE ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS  
DO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção de grau em Licenciatura em Ciências Biológicas, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Ana Silvia Franco Pinheiro Moreira

Co-orientador: Me. Denny Fernandes Eduardo

**UBERLÂNDIA**

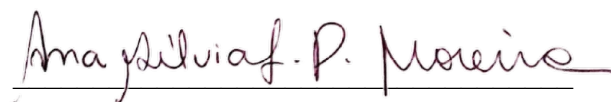
**2021**

ERIKA PRADO DE CASTRO

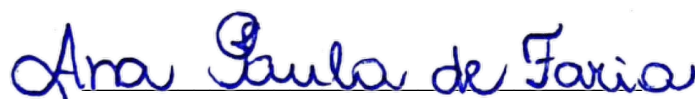
ANATOMIA FOLIAR E BIOMASSA DE ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS DO  
CERRADO

UBERLÂNDIA, 22 DE OUTUBRO DE 2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Ana Silvia Franco Pinheiro Moreira – UFU  
Orientadora e presidente da banca



Dra. Ana Paula de Faria– Laurentian University  
Membro da banca



Dr. Vinicius Coelho Kuster – UFJ  
Membro da banca

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, Prof. Dra. Ana Silvia Moreira pela sabedoria, experiência compartilhada durante esta trajetória.

Ao meu co-orientador Denny Fernandes, pelos ensinamentos, companheirismo e paciência.

Aos colegas de curso e professores.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

O meu agradecimento e reconhecimento à minha família e amigos, que contribuíram com o apoio e carinho que necessitei.

A todos aqueles que não cabem nesta página, mas terão sempre espaço em meu coração.

**SUMARIO**

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>08</b>
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDO E ESPÉCIES VEGETAIS.....</b>	<b>08</b>
<b>2.2 ANÁLISES DE BIOMASSA.....</b>	<b>09</b>
<b>2.2 ANÁLISES ESTOLÓGICAS E HISTOMETRIA.....</b>	<b>09</b>
<b>2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....</b>	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>16</b>

## RESUMO

Poaceae é uma das famílias botânicas com mais representatividade no Cerrado, pois são bem adaptadas ao clima seco e árido, devido sua fisiologia e resiliência. Uma das características dessa família, é apresentar a fotossíntese C<sub>4</sub>, favorecida pela anatomia Kranz, a qual tem como produto um composto de quatro carbonos ao invés de três (plantas C<sub>3</sub>). Além disso, a via C<sub>4</sub> apresenta etapas metabólicas divididas espacialmente em dois tipos celulares: células do parênquima clorofiliano (mesófilo) e células da endoderme (bainha do feixe). Essa rota fotossintética propiciou, entre outros fatores, a redução das taxas de fotorrespiração, e aumentou o crescimento e produção de fotoassimilados. As células da endoderme e do parênquima são fundamentais para que ocorra a fotossíntese em gramíneas. Além disso, a taxa fotossintética está diretamente relacionada com o ganho de biomassa pela planta. Pensando nisso, levantamos como hipótese, que a espessura da endoderme e a área ocupada pelo parênquima está relacionada com a biomassa produzida por cinco espécies de gramíneas coletadas no Cerrado *sensu stricto*, na Estação Ecológica do Panga, MG. Para responder tal questão, foram montadas lâminas permanentes e semipermanentes, e mensurados cada tecido foliar. Nossos resultados mostraram nesse grupo, que a taxa de biomassa não está vinculada às proporções desses tecidos, não corroborando com outros trabalhos realizados na área. Porém, foi encontrado uma relação positiva entre a biomassa e a razão da área do feixe vascular/área total. Tais resultados podem ser explicados pela ampla variação nas vias fotossintéticas e pela venação paralela das folhas de gramíneas, o que promove uma equivalência entre os tecidos, e consecutivamente maior dificuldade em se estabelecer uma metodologia padrão que abranja essa diversidade entre espécies.

Palavras chave: gramíneas; biomassa, C<sub>4</sub>

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa cerca de 23% do território nacional brasileiro, sendo considerado o segundo maior bioma do país (OLIVEIRA et al., 2020) e a savana tropical mais diversificada do mundo, apresentando cerca de 44% de sua flora natural endêmica (KLINK & MACHADO, 2005). O Cerrado é a única floresta tropical seca em uma lista de 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade, e em 2002, já havia perdido cerca de 55% do seu território pelo desmatamento, promovido principalmente pela agricultura e pecuária (BROOKS et al, 2002; CUNHA et al., 2008). Além da perda de habitat, devido ao desmatamento, a introdução de espécies exóticas se configura uma das maiores ameaças à biodiversidade. Gramíneas africanas possuem vantagens competitivas em relação às gramíneas nativas que garantem sua prevalência. Dentre elas podemos citar a maior taxa fotossintética e produção de fotoassimilados, maior produção de sementes, altas taxas de germinação e dispersão. Desse modo, além de invadir, essas espécies alteram a ciclagem de nutrientes e a composição de um ecossistema, além de facilitar a propagação do fogo devido à maior geração de biomassa (SILVA & HARIDASAN, 2007).

Grande parte das plantas encontradas em biomas abertos e tropicais, como o Cerrado, apresentam uma vantagem evolutiva: a via fotossintética C<sub>4</sub>. Dentre as plantas que apresentam esta via, mais da metade são gramíneas, ou seja, pertencentes da família Poaceae (WATCHARAMONGKOL et al, 2018). Na via C<sub>4</sub>, o CO<sub>2</sub> atmosférico é assimilado nas células do mesofilo próximas à epiderme a partir da reação com o fosfoenolpiruvato e catalisada pela enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase). O produto de fixação de carbono nesta via, é um composto de quatro carbonos (malato ou aspartato) que segue para as células adjacentes ao feixe vascular. Em seguida, ocorre uma descarboxilação, liberando o CO<sub>2</sub> para o Ciclo de Calvin-Benson. O composto de três carbonos resultante da descarboxilação volta às células do mesofilo como fosfoenolpiruvato a fim de reiniciar o ciclo. Essa separação espacial entre a fixação do CO<sub>2</sub> e a sua captura pelo Ciclo de Calvin diminui as chances de ocorrer fotorrespiração (um processo prejudicial à planta, com alto gasto energético), uma vez que o CO<sub>2</sub> fica concentrado ao redor da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (RuBisCo), enzima importante na fixação de carbono e que também tem afinidade por O<sub>2</sub> (ZHOU et al., 2018; TAIZ et al., 2017).

Além das baixas taxas de fotorrespiração, outras vantagens são atribuídas ao ciclo C<sub>4</sub>. O baixo ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, a alta faixa de temperatura ideal para que ocorra a

fotossíntese, o alto ponto de saturação luminosa e maior eficiência no uso da água fazem com que essas plantas sejam mais bem adaptadas em ambientes áridos que espécies  $C_3$  (CHAZDON, 1978; CHICAHUALA et al., 2018) e dominem as savanas tropicais de todo o mundo (DANTAS, 2014).

Por conta da evolução da via  $C_4$ , desenvolveu-se uma anatomia foliar distinta, denominada anatomia Kranz. Nela, evidencia-se uma bainha formada por células distintas do parênquima, conhecida como endoderme e abundante em cloroplastos. A endoderme encontra-se rodeada pelo parênquima clorofiliano do mesófilo que se distribui-se de forma radial ao feixe vascular (EICHEMBERG, 2012). Nas espécies onde a anatomia Kranz é encontrada, os dois tecidos mais importantes na fotossíntese são justamente o parênquima radial e a endoderme, pois são responsáveis pela assimilação e redução de carbono, respectivamente (DENGLER, 1994). Com isso, reduzem a fotorrespiração e são diretamente responsáveis pelo crescimento e produção de biomassa (KHAN, 2007). Apesar da alta eficiência da via  $C_4$  em gramíneas, não se pode excluir o fato de algumas espécies nas savanas tropicais apresentarem exclusivamente a via  $C_3$ , como *Echinolaena inflexa* (DUARTE et al., 2013).

As Poaceae configuram uma das famílias mais abundantes no Cerrado, com cerca de 510 espécies nativas, elas apresentam grande importância ecológica e econômica (OLIVEIRA et al., 2020). Neste contexto, levantamos como hipóteses neste estudo que espécies de gramíneas com maior investimento na endoderme e parênquima clorofiliano apresentariam também maior produção de biomassa dentro da comunidade. O objetivo do nosso trabalho foi (1) analisar quais os tecidos anatômicos predominantes em folhas de gramíneas  $C_3$  e  $C_4$  do Cerrado, e; (2) verificar qual é a relação entre os tecidos anatômicos relacionados com a produtividade (parênquima clorofiliano e endoderme) e a produção de biomassa em uma comunidade de gramíneas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo e espécies vegetais

O estudo foi desenvolvido na Estação Ecológica do Panga (EEP), localizada a 30 km do município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 19°09'20" - 19°11'10" S e 48°23'20" - 48°24'35" W, com altitude variando de 750-830 m. A EEP contém



aproximadamente 409 ha com vegetação nativa bem preservada nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto*, cerradão; campo sujo (na qual foi realizado o trabalho); campos úmidos; mata de galeria; mata mesófila e veredas (GONÇALVES et al., 2021).

Neste estudo foram estudadas cinco espécies de gramíneas recorrentes do cerrado, todas inseridas na subfamília Panicoideae Link, duas do gênero *Paspalum* L. (*P. hyalinum* Nees ex Trin. e *P. lineare* Trin.), *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase, *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze e *Tristachya leiostachya* Nees (FLORA DO BRASIL, 2020). Através da assinatura isotópica do carbono para estas espécies, Ferreira (2017) determinou *E. inflexa* como a única espécie de gramínea C<sub>3</sub> na área de estudo, enquanto as demais apresentam valores de isótopos de carbono compatíveis com plantas que expressam a via C<sub>4</sub>.

## 2.2. Análises de biomassa

De acordo com Ferreira (2017) a biomassa aérea foi mensurada a partir da coleta de touceiras em subparcelas de um metro quadrado, depois da secagem do material em estufa a 60° e pesagem do material seco.

## 2.3. Análises histológicas e histometria

Foram coletados três indivíduos de cada uma das cinco espécies. Fragmentos da região mediana de 5 folhas de cada indivíduo foram fixados em FAA (formaldeído 37%, ácido acético e etanol 50%) por no mínimo 48 horas e posteriormente armazenados em etanol 70% (JOHANSEN, 1940). Para a montagem de lâminas semipermanentes, cortes transversais foram obtidos com o auxílio de lâmina de barbear e posteriormente clarificados em solução comercial de hipoclorito de sódio 50%. Os cortes foram lavados em água corrente e corados com safranina 1% e azul de astra 0,05%, utilizando-se para montagem em gelatina glicerizada de Kaiser (KRAUS & ARDUIN, 1997).

Para a montagem de lâminas histológicas permanentes, cortes transversais foram obtidos a partir da desidratação de fragmentos das folhas em série etanólica e inclusão em historresina Leica®, conforme recomendações do fabricante. Os blocos foram seccionados em micrótomo rotativo (espessura do corte = 7µm), o material corado com azul de toluidina (O'BRIEN & McCULLY 1981).

Para a mensuração de cada tecido, o material seccionado foi fotografado em microscópio Leica, DM500 ICC50W e analisado no software ImageJ Version 1.53m (2021). Foram mensuradas a área total do corte transversal, as áreas totais dos feixes vasculares, das células buliformes, do parênquima clorofiliano, das fibras do esclerênquima e as espessuras, de uma ponta a outra, das células da epiderme na face adaxial e abaxial da lâmina foliar, além da endoderme.

#### 2.4. Análise estatística

Foram determinadas as razões da espessura média da epiderme adaxial, abaxial e endoderme; razão média entre células buliformes, parênquima clorofiliano, fibras, feixe vascular e a área total; e proporção média de cada tecido sobre a área total. Primeiramente foram testadas a normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias, independência e distribuição das amostras. Posteriormente foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) simples entre as variáveis e também foi realizado um teste pos-hoc Tukey para verificar a diferença significativa entre as amostras. Os dados foram transformados e para a análise, foi utilizado o software R-studio.

### 3. RESULTADOS

*Echinolaena inflexa* apresentou lâmina foliar linear com epiderme simples, tricomas tectores, estômatos e células buliformes presentes em ambas as faces, porém maiores na face adaxial. O parênquima clorofiliano é homogêneo, com células levemente alongadas em torno das células buliformes. Os feixes vasculares são colaterais, apresentando dois tamanhos ao longo da folha (Fig. 1A).

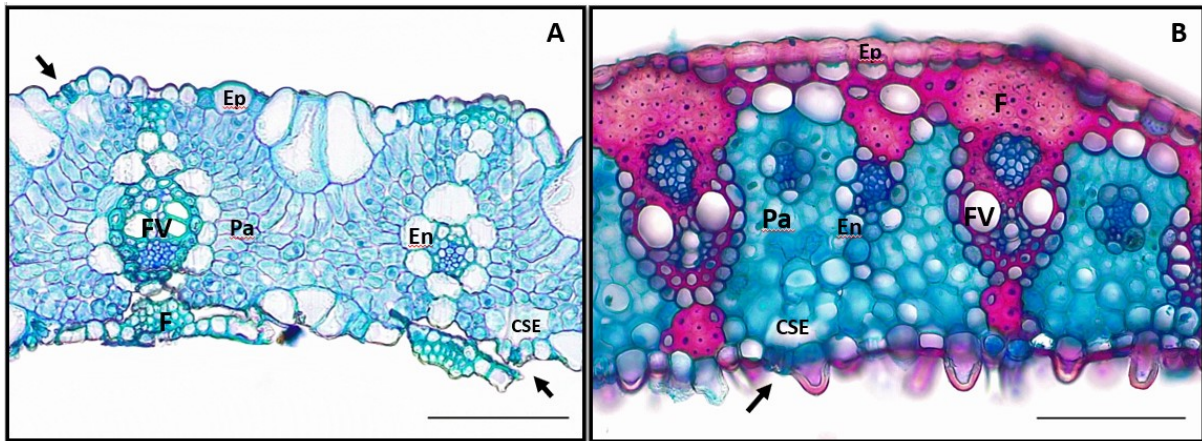


Fig. 1. Secções transversais da lâmina foliar de *Echinolaena inflexa* (A) e *Paspalum lineare* (B). Pa = Parênquima radial Ep = Epiderme; CB = Células Buliformes; En = Endoderme; FV = Feixes Vasculares; F = Fibras do esclerênquima; Seta = estômato; CSE = Câmara substomática. Escala: A, B = 100  $\mu$ m. Corantes usados: Azul de Toluidina (A) e Azul de Astra e Safranina (B).

*Paspalum lineare* apresenta folhas revolutas, com vários tricomas tectores, estômatos na face adaxial e câmaras substomáticas bem desenvolvidas. As células epidérmicas fundamentais, tanto na face adaxial quanto abaxial, apresentam evidente espessamento nas paredes periclinais externas. O mesofilo é formado por um parênquima radiado bastante evidenciado nos feixes de menor calibre e fibras do esclerênquima em abundância conectando os feixes à epiderme. Feixes vasculares colaterais apresentam até três calibres. (Fig. 1B).

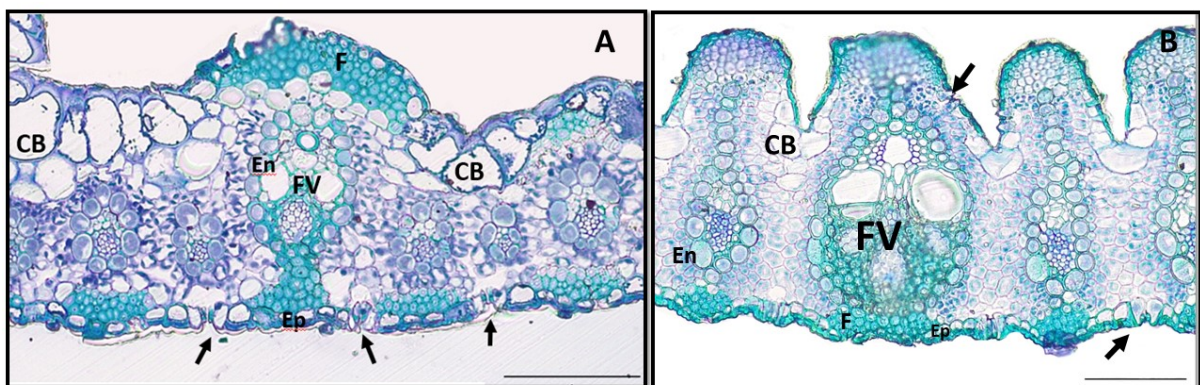


Fig. 2. Secções transversais da lâmina foliar de *Elionurus muticus* (A) e *Paspalum hyalinum* (B). Ep= Epiderme foliar; CB = Células Buliformes; En = Endoderme; FV = Feixes Vasculares; F = Fibras do esclerênquima; Seta = estômato. Escala: A, B = 100  $\mu$ m.

*Elyonurus muticus* também apresenta lâmina foliar revoluta, com parênquima fundamental bastante desenvolvido na região da nervura central, abrangendo boa parte da lâmina foliar. Apresenta epiderme unisseriada com células fundamentais espessadas nas paredes periclinais externas, tricomas e estômatos na face abaxial. Os estômatos e suas câmaras

subestomáticas encontram-se dispostos entre os feixes vasculares colaterais, que aparecem em até três calibres distintos (Fig. 2A).

*Paspalum hyalinum* apresenta lâmina foliar plana, porém sinuosa, com sulcos e saliências na face adaxial, onde pode-se observar células buliformes no vale das cristas e agrupamentos de esclerênquima no ápice cristas. A epiderme é unisseriada, com células diminutas e com espessamentos parietais, tricomas tectores e estômatos em ambas as faces. O mesofilo apresenta parênquima radiado a endoderme, bainha do feixe pouco proeminente, mas com cloroplastos evidentes. Os feixes vasculares são colaterais e aparecem em dois calibres distintos (Fig. 2B). *Tristachya leiostachya* apresenta estrutura similar a *P. hyalinum* (Fig. 3), porém a lâmina foliar aparenta ser mais espessa, com maior espessura da epiderme em ambas as faces (Fig. 4A e B) e com maior proporção na área ocupada pelos feixes vasculares e pelas fibras (Fig. 4C; 5A e B).

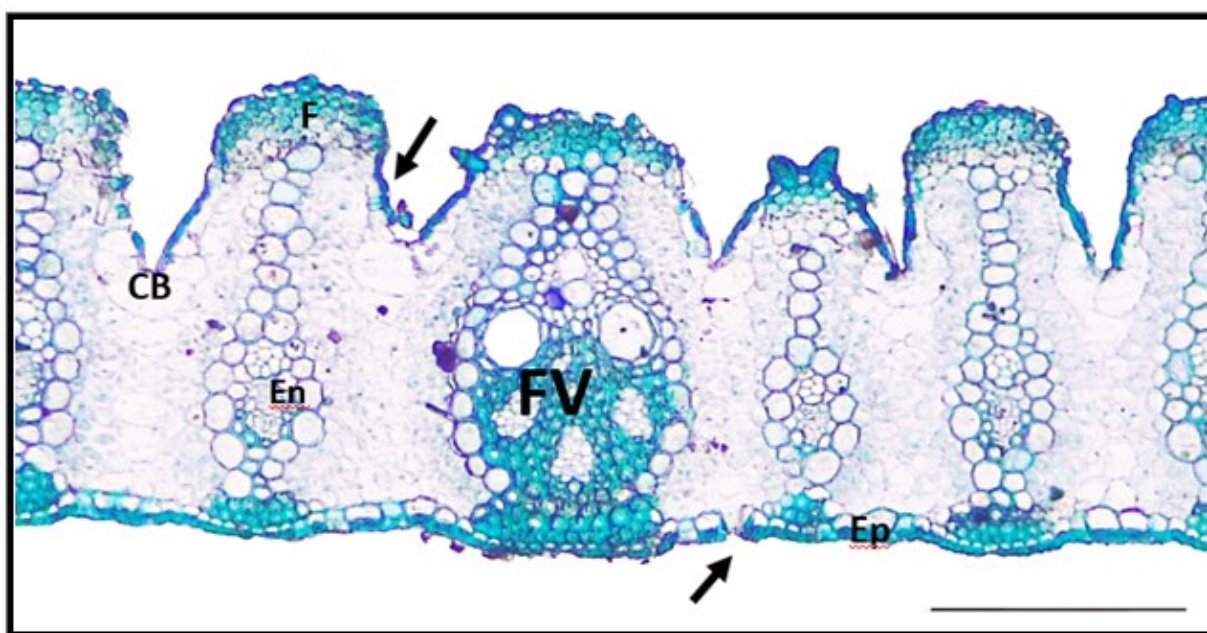


Fig. 3. Secção transversal da lâmina foliar de *Tristachya leiostachya*. Ep= Epiderme foliar; CB = células buliformes; En = endoderme; FV = Feixe vascular; F = Fibras do esclerênquima; Seta = estômato Escala: 200  $\mu$ m.

As células buliformes ocuparam proporcionalmente maior área em *E. inflexa* e *E. muticus* (Fig. 4C e D). De um modo geral, o parênquima clorofiliano é o tecido que proporcionalmente ocupa a maior parte do mesofilo em todas as espécies (Fig. 4C). *Echinolena inflexa* apresentou menor investimento em feixes vasculares e fibras (Fig. 5A e B), porém obteve maior espessura da endoderme (Fig. 5C) e maior área ocupada pelo parênquima clorofiliano (Fig. 5D). *Paspalum hyalinum* e *P. lineare* também apresentaram maior espessura



da endoderme (Fig. 5C), enquanto as células buliformes foram pouco evidentes (Fig. 4D). *Tristachya leiostachya* também apresentou valores menores de células buliformes (Fig 4D), porém as espessuras da epiderme adaxial (Fig 4A) e abaxial (Fig 4B), área dos feixes (Fig. 5A) e fibras (Fig 5B) foram mais representativos nesta espécie.

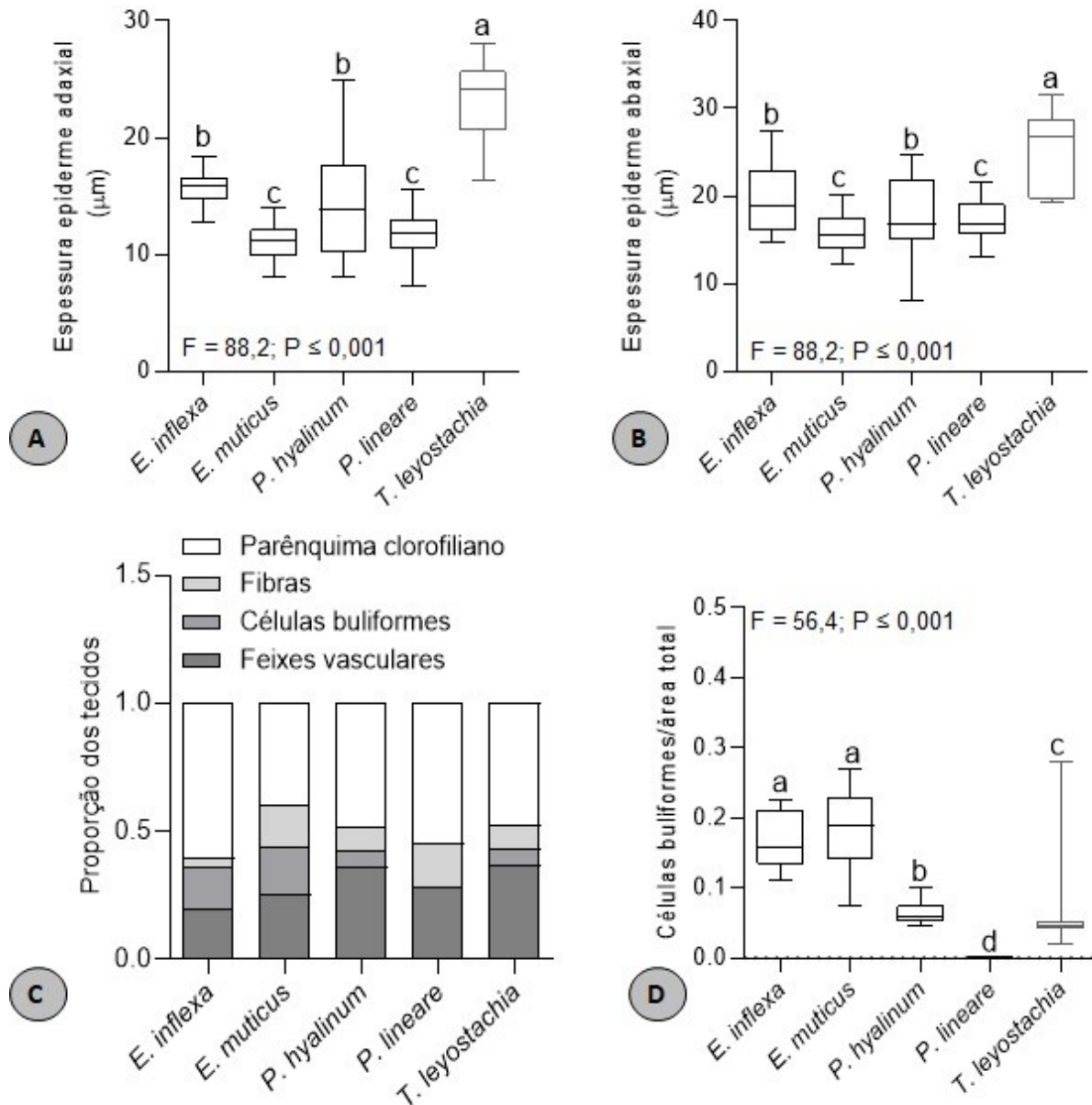


Fig.4: Comparação entre as espessuras médias da epiderme adaxial (A) e abaxial (B), proporção média de cada tecido (C) e razão entre as áreas das células buliformes e a área total (D) de *Paspalum hyalinum*, *Paspalum lineare*, *Echinoalaena inflexa*, *Elionurus muticus*, e *Tristachya leiostachya*.

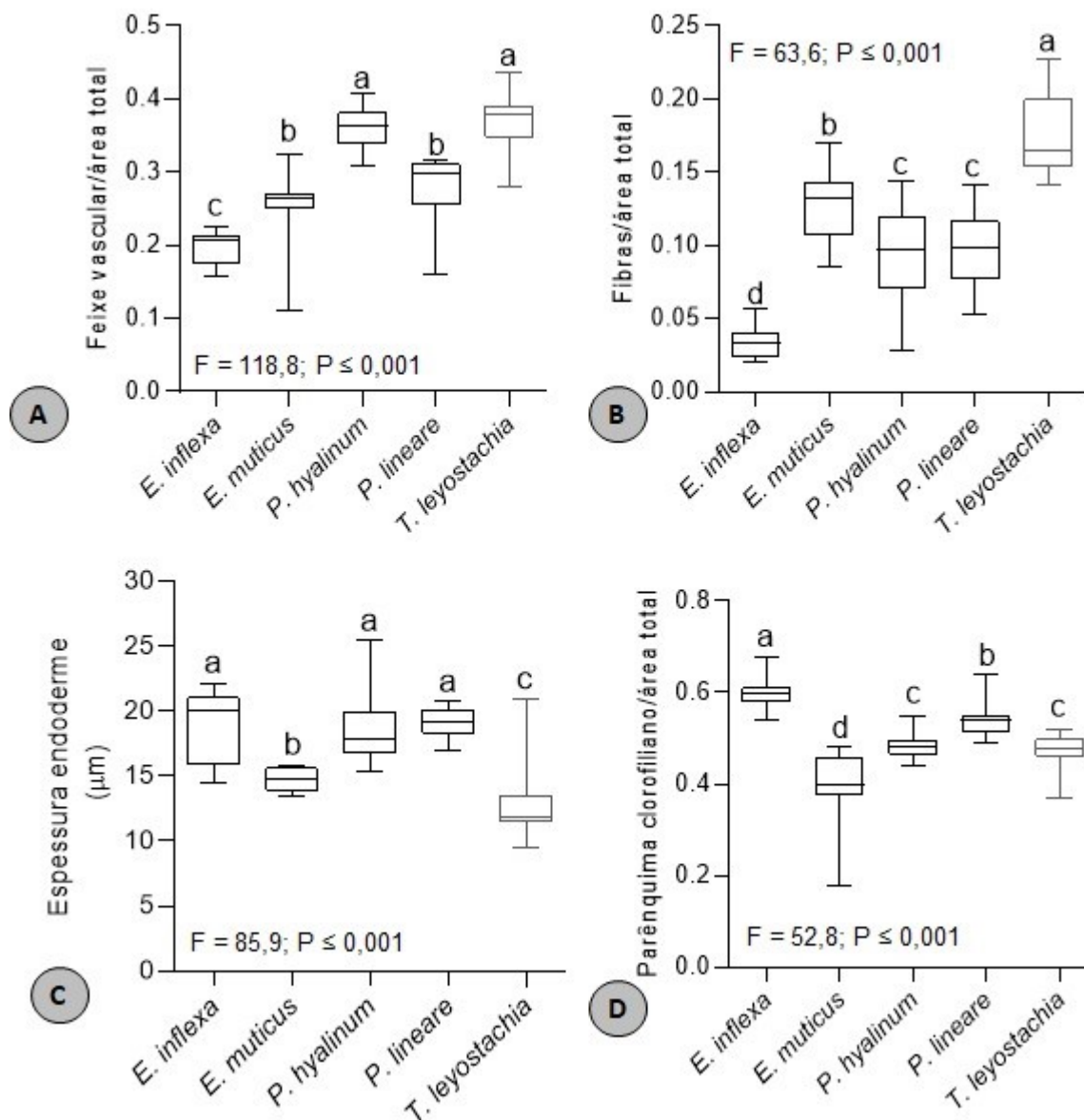


Fig.5: Comparação da razão entre as áreas do feixe vascular (A), fibras do esclerênquima (B), parênquima (D) e a área total e comparação entre as espessuras médias da endoderme (C) de *Paspalum hyalinum*, *Paspalum lineare*, *Echinolaena inflexa*, *Elionurus muticus*, e *Tristachya leystachia*.

De acordo com os estudo de Ferreira (2017), a biomassa de gramíneas encontrada na área de estudo totaliza cerca de  $195,1 \pm 13,6 \text{ g m}^2$ . Desta biomassa, *T. leystachia* representa grande parte com 67 % da biomassa total. As demais espécies estudadas aqui, não representam 20% da biomassa total, sendo *E. inflexa* 8,8%, *E. muticus* 5,14%, *P. lineare* 1,73% e *P. hyalinum* com apenas 2,93%. Foi encontrada uma relação negativa entre a biomassa das espécies e espessura da endoderme (Fig.6A) e a razão da área ocupada pelo parênquima clorofiliano (Fig. 6B). Em contrapartida, a relação entre a biomassa e o feixe vascular foi positiva (Fig.6C).

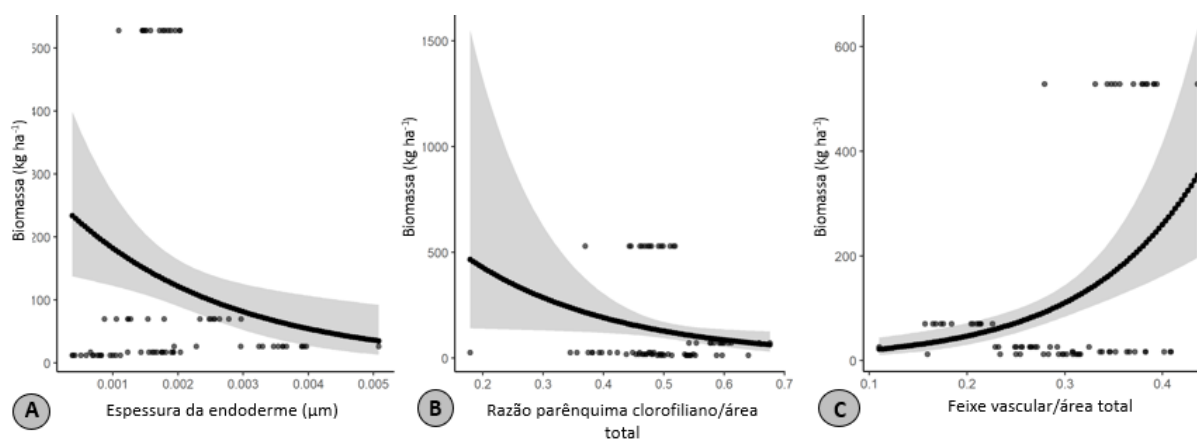


Fig.6: Relação entre valores da biomassa e espessura média da endoderme (A) e entre a biomassa e a razão parênquima por área total (B) e entre a biomassa e a razão do feixe vascular por área total.

#### 4. DISCUSSÃO

Em geral, espécies  $C_4$  apresentam lâmina foliar mais fina do que espécies  $C_3$ , porém com um maior investimento na área ocupada pelos feixes vasculares, na espessura da endoderme e na área ocupada pelo parênquima (HATTERSLEY, 1984; DENGLER et al., 1994). Já neste estudo foi possível verificar que apesar de *E. inflexa* ser uma gramínea  $C_3$ , os valores referentes à espessura da endoderme e da área ocupada pelo parênquima foi um dos maiores dentre as espécies. Além disso, a lâmina foliar desta espécie apresentou a menor área do corte transversal da folha, entre todas as espécies estudadas, o que infere que a lâmina foliar seja mais fina que outras, resultados estes mais semelhantes ao esperado para  $C_4$ . Desta forma, estes resultados não corroboram com os resultados descritos anteriormente na literatura. Em contrapartida, a área do feixe vascular é a menor do grupo, corroborando com estes trabalhos. De fato, a venação paralela das gramíneas leva a uma equivalência relativa no volume dos tecidos foliares (HATTERSLEY, 1984). Além disso, estes mesmos autores chamam a atenção para a dificuldade de padronização da metodologia para tornar os dados comparáveis entre espécies (grande variação morfológica) e entre os valores encontrados por outros autores.

Já *T. leiostachya*, sendo a gramínea com mais biomassa do grupo, era esperado, de acordo com a nossa hipótese, que também apresentaria maior espessura da endoderme e área de parênquima clorofiliano, o que não foi corroborado com os nossos resultados. Os valores da endoderme nesta espécie foram os menores do grupo, porém, a área do feixe vascular alcançou os maiores resultados, juntamente com *P. hyalinum*. Apesar de já ter sido observado para outras

gramíneas C<sub>4</sub> (HATTERSLEY, 1984; DENGLER et al., 1994), não pode ser um fator relacionado diretamente ao aumento de produtividade. Mas de acordo com Hattersley (1984), de um modo geral, as gramíneas exibem uma ampla variação nas vias fotossintéticas como C<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> intermediárias, vias C<sub>4</sub> com enzimas NADP-málica, NAD-málica e PEP-carboxikinase. Esta ampla variação na expressão do metabolismo C<sub>4</sub> pode ser responsável então, por variações também na incorporação de biomassa.

Não foi encontrada uma relação concreta entre a espessura da endoderme (ou bainha do feixe), e do parênquima clorofiliano (ou mesofilo), com a biomassa produzida pelas gramíneas coletadas. As diferenças na construção da arquitetura foliar em gramíneas não dependem apenas das vias C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> (com anatomia Kranz), mas também dos tipos funcionais da via C<sub>4</sub>. Neste caso, podem ser consideradas variações que dependem até mesmo da distribuição geográfica (HATTERSLEY, 1984). Neste sentido, pensando na importância da família Poaceae para a biodiversidade do Cerrado, é fundamental a realização de novos estudos sobre a fisiologia e anatomia de gramíneas nativas, visando a sua preservação e também a sua utilização em sobreposição àquelas que foram introduzidas no bioma.

De um modo geral, espécies C<sub>3</sub> apresentam investimento no parênquima clorofiliano de 2 a 4 vezes maior que na endoderme. Por outro lado, nas plantas C<sub>4</sub> o contato da endoderme com os espaços intercelulares do mesofilo, ou mesmo o contato da endoderme com as células do parênquima clorofiliano são limitados (HATTERSLEY et al., 1977), uma característica que favorece o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> na endoderme.

Estudos recentes têm mostrado um adensamento do Cerrado e aumento de formações florestais nos últimos 30 anos, ameaçando a diversidade de herbáceas como as gramíneas, um dos principais componentes de biomassa e riqueza neste Bioma (GOLÇALVES et al., 2021). Apesar de quase 80% da EEP ainda ser representada por cerrado sentido restrito, estes valores representam uma mudança na estrutura das fitofisionomias. O adensamento tem mostrado a predominância do cerrado denso (GOLÇALVES et al., 2021), uma fitofisionomia onde as gramíneas passam a representar um papel secundário na biomassa e riqueza local. Tal fator põe diretamente em risco a biodiversidade do bioma Cerrado, tanto pelo potencial perda de espécies nativas, quanto pela relação harmônica (porém complexa), com o fogo, que é proliferado principalmente por gramíneas e que foi um fator fundamental para o surgimento das savanas em geral (DANTAS, 2014; SILVA et al., 2001).



## REFERÊNCIAS

- BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; KONSTANT, W. R.; FLICK, P.; PILGRIM, J.; OLDFIELD, S.; MAGIN, G.; HILTON-TAYLOR, C. **Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity**. Conservation Biology, Vol 16, n. 4, p. 909–923 Ago de 2002.
- CHAZDON, R. L. **Ecological Aspects of the distribution of C4 grasses in selected habitats of Costa Rica**. Biotropica, vol. 10 n 4, p265-269. 1978
- CHICAHUALA, M. S.; STEINAKER, D. F.; DEMARÍA, M. R. **Respuestas fenológicas de gramíneas C3 y C4 a variaciones interanuales de precipitación y temperatura**. Ecología Austral 28:455-466 agosto 2018.
- CUNHA, N. R. DA S.; LIMA, J. E. DE L.; GOMES, M. F. DE M.; BRAGA, M. J. A **Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil**. RER, Piracicaba, SP, vol. 46, nº 02, p. 291-323, jun 2008.
- DANTAS, V.L. **O papel do fogo na estruturação funcional e filogenética de savanas e florestas tropicais**. Tese de doutorado. São Carlos, UFSCar, 2014. Disponível em: < <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1815/5980.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso em 04/10/2021.
- DENGLER, N. G., DENGLER, R. E., DONNELLY, P. M., & HATTERSLEY, P. W. **Quantitative Leaf Anatomy of C3 and C4 Grasses (Poaceae): Bundle Sheath and Mesophyll Surface Area Relationships**. In Annals of Botany (Vol. 73, Issue 3, pp. 241–255). 1994.
- DUARTE, M. O., ALVES, M. F., FERNANDES, W. P., SIMÃO, D. G., & CASTRO, N. M. **De. Anatomia foliar de duas espécies de Poaceae dos Campos Rupestres de Diamantina, MG**. 2013.
- EICHEMBERG, M. T. **Morfologia e anatomia de *Paspalum L.* (Poaceae, Poales) e suas implicações taxonômicas**. TESE Doutorado. 2012.
- FERREIRA, A. M. **Efeito da deposição de nitrogênio sobre o metabolismo, o incremento de biomassa e a riqueza de espécie em uma comunidade de gramíneas do Cerrado**. Dissertação (Mestrado em BIOLOGIA VEGETAL) - Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

- FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 15 out. 2021
- GONÇALVES, R. V. S., CARDOSO, J. C. F., OLIVEIRA, P. E., & Oliveira, D. C. Changes in the Cerrado vegetation structure: Insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecology*, 21(1), 55–64. 2021.
- HATTERSLEY, P. W.; OSMOND C. B. **In situ immunofluorescent labelling of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase in leaves of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants.** In *Australian Journal of Plant Physiology*. Vol. 4, pp. 523–539. 1977.
- HATTERSLEY, P. W. **Characterization of c<sub>4</sub> type leaf anatomy in grasses (Poaceae). Mesophyll: Bundle sheath area ratios.** In *Annals of Botany*. Vol. 53, Issue 2, pp. 163–180. 1984.
- IMAGE J. Version 1.53m 28 September 2021 (upgrade). Disponível em: < <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> > Acesso em 03/10/2021
- JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique.** McGraw-Hill, New York, 523 p. 1940.
- KHAN, M. S. **Engineering photorespiration in chloroplasts: a novel strategy for increasing biomass production.** In *Trends in Biotechnology* (Vol. 25, Issue 10, pp. 437–440). 2007
- KLINK, C. A.; MACHADO, RICARDO B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, jul. 2005.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal.** Edur, RJ. 1997.
- O'BRIEN, T.P; McCULLY, M.E. **The Study of Plant Structure: Principles and Selected Methods.** Termarcaphi Pty. Ltd., Melbourne. 1981.
- OLIVEIRA, A. M. E. DE; WENDLING, B.; ERICSSON, D. B. DE C.; XAVIER, M. A. DE S.; XAVIER, A. R. E. DE O. **Métodos de propagação e fatores que interferem na germinação das principais gramíneas nativas de Cerrado.** *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, p. 1-8, 18 jan. 2020.
- SILVA, D.M., LOIOLA, P. P., ROSATTI, N. B., SILVA, I. A., CIENCIARUSO, M. V., & BATALHA, M. A. **Os Efeitos dos Regimes de Fogo sobre a Vegetação de Cerrado no Parque Nacional das Emas, GO: Considerações para a Conservação da Diversidade.** *Biodiversidade Brasileira*, 1(2), 26–39. 2001.
- SILVA, J. S. O. & HARIDASAN, M. **Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* P. Beauv. e gramíneas nativas do cerrado.** *Revista Brasileira De Botânica*, 30(2). 2007.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. M ØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed. 6<sup>a</sup> Ed., p 203-243. 2017.
- WATCHARAMONGKOL, T.; CHRISTIN P. A.; OSBORNE C. P. **C4 Photosynthesis evolved in warm climates but promoted migration to cooler ones.** Ecology Letters. 2018.
- ZHOU, H.; HELLIKER, B.R.; HUBER, M.; DICKS, A.; AKÇAY, E. **C4 Photosynthesis and climate through the lens of optimality.** PNAS, vol 115, n. 47. Nov de 2018.