

Caracterização anatômica foliar e plasticidade fenotípica de genótipos de missioneira-gigante (*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.)

Leaf anatomical characterization and phenotypic plasticity of genotypes of the giant missionary (*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.)

Caracterización anatômica foliar y plasticidad fenotípica de genotipos del gigante misionero (*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.)

Recebido: 13/02/2025 | Revisado: 18/02/2025 | Aceitado: 18/02/2025 | Publicado: 22/02/2025

Heloyse Caetano Vargas

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6595-0276>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: heloyse.cv@gmail.com

Kelen Cristina Basso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7088-6204>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: kelen.basso@ufsc.br

Murilo Dalla Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7422-1883>

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Brasil

E-mail: murilodc@epagri.sc.gov.br

Paulo Cesar Poeta Fermino Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5334-9834>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: paulo.fermino@ufsc.br

Resumo

Missioneira-gigante [*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.] é uma espécie forrageira nativa de Santa Catarina utilizada em sistemas de produção à base de pasto na alimentação animal no Sul do Brasil. A anatomia foliar de gramíneas influencia no seu valor nutritivo, em especial na proporção de tecidos lignificados. O objetivo deste trabalho foi descrever aspectos da anatomia da folha considerando a proporção dos tecidos, e avaliar a plasticidade fenotípica de três genótipos da espécie. Lâminas permanentes foram preparadas a partir de folhas dos genótipos triploides V14337 e SCS315 ‘Catarina Gigante’ ($2n=3x=30$) e do genótipo hexaploide E401 ($2n=6x=60$). Os feixes vasculares na folha podem ser de três tamanhos, contendo esclerênquima subepidérmico ou não, em arranjos de “viga I” e de “viga T”. Os feixes vasculares de todos os tamanhos apresentam uma bainha parenquimática clorofilada em disposição radial. A maior plasticidade fenotípica foi observada na proporção de esclerênquima. Dentre os caracteres avaliados, a espécie forrageira apresenta baixa plasticidade.

Palavras-chave: Gramínea; Variação estrutural; Proporção de esclerênquima.

Abstract

Missioneira-gigante [*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.] is a forage species native to Santa Catarina and used in pasture-based production systems for feeding animals in southern Brazil. The leaf anatomy of grasses influences their nutritional value, especially the proportion of lignified tissues. The objective of this work was to describe aspects of leaf anatomy considering the proportion of tissues, and to evaluate the phenotypic plasticity of three genotypes of the species. Permanent slides were prepared from leaves of the triploid genotypes V14337 and SCS315 ‘Catarina Gigante’ ($2n=3x=30$) and the hexaploid genotype E401 ($2n=6x=60$). Vascular bundles in the leaf can be of three sizes, containing subepidermal sclerenchyma or not, in “I-girder” and “T-girder” arrangements. Vascular bundles of all sizes present a chlorophyllous parenchyma sheath in radial arrangement. The greatest phenotypic plasticity was observed in the proportion of sclerenchyma. Among the evaluated characters, the forage species presents low plasticity.

Keywords: Grass; Structural variation; Sclerenchyma proportion.

Resumen

La Misionera Gigante [*Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhlm.] es una especie forrajera nativa de Santa Catarina utilizada en sistemas de producción basados en pasturas para la alimentación de

animal en el sur de Brasil. La anatomía de las hojas de las gramíneas influye en su valor nutricional, especialmente en la proporción de tejidos lignificados. El objetivo de este trabajo fue describir aspectos de la anatomía foliar considerando la proporción de tejidos y evaluar la plasticidad fenotípica de tres genotipos de la especie. Se prepararon portaobjetos permanentes a partir de hojas de los genotipos triploides V14337 y SCS315 ‘Catarina Gigante’ ($2n=3x=30$) y del genotipo hexaploide E401 ($2n=6x=60$). Los haces vasculares de la hoja pueden ser de tres tamaños, conteniendo o no esclerénquima subepidérmico, en disposiciones en “I-girder” y en “T-girder”. Los haces vasculares de todos los tamaños presentan una vaina de parénquima clorofílico en disposición radial. La mayor plasticidad fenotípica se observó en la proporción de esclerénquima. Entre los caracteres evaluados, la especie forrajera presenta baja plasticidad.

Palabras clave: Grama; Variación estructural; Proporción de esclerénquima.

1. Introdução

Missioneira-gigante é uma espécie forrageira nativa de Santa Catarina, cujo cultivo se estende por várias regiões dos estados do sul do Brasil e também vem sendo utilizada em sistemas silvipastoris no norte da Argentina (Pachas et al., 2014). A espécie é um híbrido triploide ($2n=3x=30$) provindo do cruzamento espontâneo de *Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls ($2n=4x=40$) e *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhl. ($2n=2x=20$) e devido ao pareamento irregular de cromossomos é estéril, não produzindo sementes viáveis (Valls et al., 2000). Dentro de sistemas de produção à base de pasto no Sul do Brasil, esse híbrido se destaca pela boa aceitação por ruminantes, alta produção de forragem, tolerância ao frio e ao sombreamento, adaptação a condições de solos ácidos e resistência à cigarrinha-das-pastagens.

No estado de Santa Catarina, as características produtivas da missioneira-gigante foram avaliadas nas Estações Experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) desde 1986, culminado em 2014 no registro do cultivar SCS 315 ‘Catarina Gigante’ (Hanisch et al., 2016). Sendo uma espécie híbrida estéril, as pastagens são estabelecidas somente por mudas, de modo que não há variabilidade dentro de cada genótipo.

Estudos avaliando a influência da anatomia sobre o valor nutritivo de gramíneas forrageiras têm sido desenvolvidos nas últimas décadas (Paciullo, 2002). Trabalhos têm evidenciado que a baixa digestão de alguns tecidos pode estar mais relacionada a aspectos físicos dos tecidos, destacando-se a elevada espessura da parede celular, do que a características químicas, como os teores de lignina (Paciullo, 2002).

Existem poucos trabalhos científicos que caracterizam a anatomia de folhas do gênero *Axonopus* (Silva & Alquini, 2003). A literatura clássica de anatomia de gramíneas feita por Metcalfe (1960) não descreve esse gênero. O trabalho de Anton (1986) apresenta uma contribuição à anatomia de folhas de seis espécies do gênero *Axonopus*. A descrição anatômica de folhas de *A. scoparius* (Flüggé) Kuhl. e *A. fissifolius* (Raddi) Kuhl. foi realizada por Silva & Alquini (2003). Lajús et al. (2014) apresentam uma comparação na proporção dos tecidos foliares da missioneira-gigante adubadas com diferentes doses de dejetos de suínos, porém não caracterizam a anatomia foliar.

Na Mata Atlântica, devido à elevada e complexa interação entre espécies, as características foliares de plantas têm recebido maior atenção (Violle et al., 2007). O regime de renovação foliar apresenta-se associado à sazonalidade climática ao longo do ano e às propriedades físico-químicas do solo (Givnish, 1988), e está relacionado com as estratégias de utilização de nutrientes pelas plantas. Em ambientes altamente diversificados é importante avaliar a plasticidade das espécies para melhor compreender sua funcionalidade e prever as respostas às mudanças ambientais (Vitória et al., 2019).

Plasticidade fenotípica é a capacidade que os indivíduos apresentam de expressar diferentes fenótipos sob condições ambientais distintas (Laitinen, 2024). Essas variações nos fenótipos podem ser morfológicas e ou fisiológicas (Bradshaw, 1965; Valladares et al., 2006). Conforme Oliveira et al. (2017), a plasticidade fenotípica tem sido associada à diversidade ecológica direcionado esse processo de duas formas: redução da especiação por proteção dos genótipos frente às pressões ambientais; seleção de novos genótipos originados dessa diversidade de fenótipos.

O objetivo deste trabalho foi descrever aspectos da anatomia da folha do híbrido entre *Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls e *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhl., bem como avaliar a plasticidade fenotípica de três genótipos da espécie.

2. Metodologia

Plantas de missioneira-gigante de três genótipos foram cultivadas em casa de vegetação na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) Estação Experimental de Lages-SC. Os genótipos foram cultivados em vasos de 5 L e implantados em espaçamento de 1 m x 1 m, sendo que para cada genótipo foram cultivados cinco clones (Figura 1). Antes do plantio, o solo foi corrigido para pH 6,0 com calcário e feita reposição de níveis de N, P e K conforme recomendação (CQFS RS/SC, 2016).

Figura 1- Vasos de genótipos de *Axonopus jesuiticus* (Araújo) Valls x *Axonopus scoparius* (Flüggé) Kuhl. em bancada na casa de vegetação na Estação Experimental da Epagri de Lages-SC.



Fonte: João Frederico M. dos Passos (EPAGRI).

Os genótipos utilizados neste estudo foram V14337 e E401, proveniente do programa de melhoramento genético de missioneira-gigante da Epagri, e do cultivar SCS315 ‘Catarina Gigante’, registrado pela Epagri no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2025). O genótipo V14337 e cultivar SCS315 ‘Catarina Gigante’ são híbridos triploides inférteis ($2n=3x=30$) e o genótipo E401 é material genético hexaploide ($2n=6x=60$) fértil obtido mediante duplicação cromossômica do genótipo V14337. Depois de estabelecidas as mudas clonadas, as plantas foram submetidas a corte dos perfilhos ao atingirem a média de 25 cm de comprimento (Baldissera, 2014), mantendo-se resíduo de 15 cm (Fonseca et al., 2012). Em seguida, foi realizada aplicação de nitrogênio (100 kg ha^{-1}) em forma de ureia. Imediatamente antes do corte da parte aérea, a última e a penúltima folha expandida foram coletadas, utilizando-se o terço médio da lâmina foliar para os estudos anatômicos.

Os fragmentos foliares do terço mediano foram fixados em solução de FAA 70%, composto por formaldeído 37%, etanol 70% e ácido acético (Johansen, 1940). Após 48 horas de fixação, os segmentos de folhas foram imersos em etanol 70% para conservação. Lâminas permanentes foram preparadas para a análise da proporção da epiderme das faces adaxial e abaxial, do esclerênquima, dos tecidos vasculares, da bainha vascular e do mesófilo, em secção transversal na microscopia de luz. Para infiltração em hidroxietilmetacrilato (Kraus & Arduin, 1997), o material foi desidratado com etanol 96°GL, mantido por 24 horas em solução de pré-infiltração e 96 horas em solução de infiltração. Posteriormente foram então montados blocos de resina (hidroxietilmetacrilato), contendo o material vegetal. Os blocos foram seccionados com 5 micrômetros de espessura, em

micrótomo de rotação Yidi®— YD 315. As secções foram distendidas sobre lâminas contendo água, em chapa aquecedora (40 °C). Após a secagem das lâminas, o material foi corado com Azul de Toluidina (ATO) 0,25% aquoso (O'Brien et al., 1964) e cobertas por lamínula e adesivo verniz vitral (Acrilex®). As lâminas permanentes foram observadas e descritas em microscópio de luz, marca Olympus, modelo BX53F, com sistema digital de captura de imagem. As espessuras dos tecidos e áreas de secções transversais foram obtidas com auxílio do software livre *Image J*, calibradas com lâmina de escala micrométrica.

O índice de plasticidade fenotípica foi calculado para cada parâmetro morfométrico histológico, baseado na metodologia utilizada por Valladares et al. (2006), baseando-se em médias máximas e mínimas, expresso pela equação $IP = (M - m)/M$, onde IP é o índice de plasticidade, “M” é a média máxima, e “m” é a média mínima.

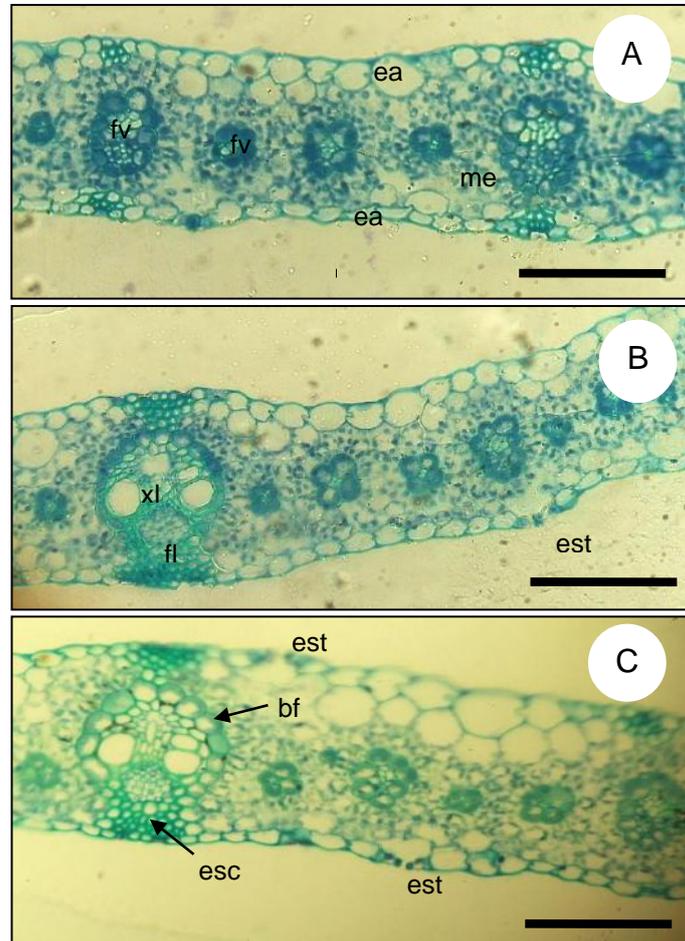
Os dados obtidos foram submetidos aos procedimentos de detecção de outliers pelo teste de Grubbs (1969). As médias foram submetidas ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro & Wilk, 1965) e teste de homogeneidade (Bartlett, 1937). As médias foram comparadas por ANOVA, seguida do teste de separação de médias de Tukey (1949) a 5% de probabilidade, através do programa computacional SISVAR 5.6 (Ferreira, 2003).

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização anatômica

Em secção transversal de lâminas foliares de *Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius* observou-se a existência de uma epiderme uniestratificada aclorofilada em ambas as faces (adaxial e abaxial) (Figura 2). Na região da nervura principal (quilha) e zonas intercostais, apenas na face adaxial, existem células com volume grande, paredes celulares delgadas, e amplo vacúolo central, denominadas de buliformes (Figura 3A). Na literatura científica há poucos trabalhos de histologia vegetal descritos para o gênero *Axonopus*. O trabalho clássico de Metcalfe (1960) para monocotiledôneas não descreve o gênero em questão. No trabalho de Anton (1986) é descrita a anatomia de seis espécies do gênero *Axonopus* e o autor define a existência, na face adaxial e abaxial, de células buliformes em *A. scoparius*, um dos parentais da missioneira-gigante. O desenvolvimento de células buliformes é comum em gramíneas (Zhao et al., 2024).

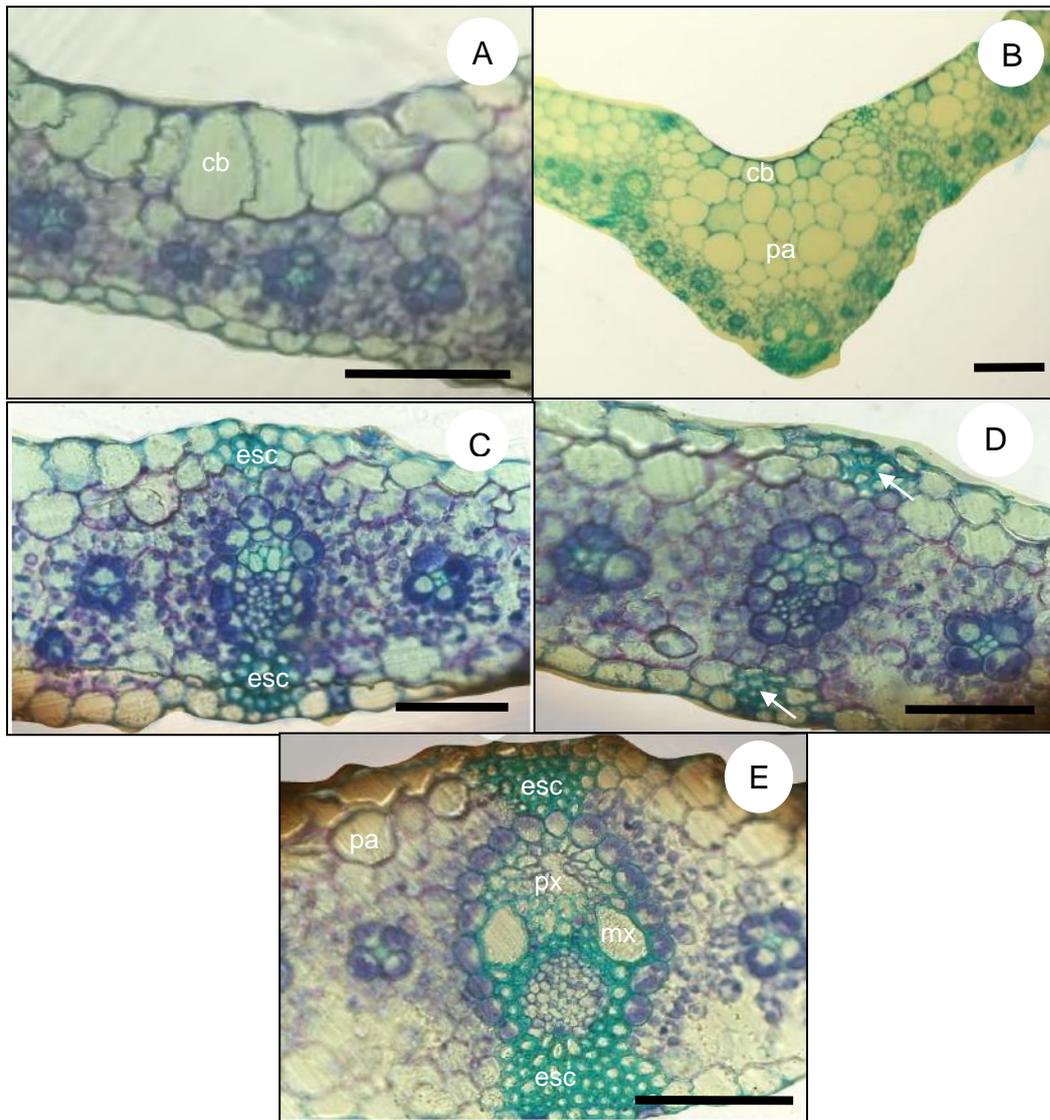
Figura 2 - Secções transversais de folhas de capim missioneira-gigante (*Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*). A. Genótipo triploide 14337. B. Cultivar triploide SCS315 ‘Catarina Gigante’. C. Genótipo hexaploide E401. Legenda: ead = epiderme na face adaxial, eab= epiderme na face abaxial, me= mesofilo, fv= feixe vascular, est= estômatos, xl= xilema, fl= floema, bf= bainha do feixe, esc= esclerênquima. Barras = 10 µm.



Fonte: Arquivo dos Autores (2024).

No estudo de descrição anatômica de folhas de *A. fissifolius*, Silva & Alquini (2003) registram a presença de células buliformes apenas na epiderme adaxial; entretanto, ao contrário de Anton (1986), em *A. scoparius* não foi registrada a presença. De acordo com Alquini et al. (2003), as células buliformes estão relacionadas aos movimentos de enrolamento e desenrolamento das folhas, e esse mecanismo reduz a transpiração foliar e interceptação da luz (Larcher, 2000). Conforme Alvarez et al. (2008), a presença de células buliformes é uma característica de espécies xeromórficas. Células buliformes bem desenvolvidas em *Cynodon dactylon* (Iqbal et al., 2022) e em *Cenchrus ciliaris* (Mansoor et al., 2019) além de estômatos mais orientados à superfície abaxial (Iqbal et al., 2022) ou densidade reduzida ((Mansoor et al., 2019) estiveram associadas a ecótipos destas espécies de Poaceae presentes em ambientes com restrição de disponibilidade de água, sendo assim parte de estratégia para superar as limitações de ambientes sob estresse hídrico.

Figura 3 - Detalhes de secções transversais de genótipos de folhas de capim missioneira–gigante (*Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*). A. Células buliformes proeminentes na epiderme adaxial na Cultivar triploide SCS315. B. Nervura principal com desenvolvimento de parênquima aclorofilado do Genótipo hexaploide E401. C. Feixe vascular do tipo “T girder” no genótipo triploide 14337. D. Feixe vascular com calotas esclerenquimáticas (setas) Cultivar triploide SCS315. E. Feixe vascular do tipo “I girder” genótipo triploide 14337. Legenda: esc= esclerênquima, cb= células buliformes, pa= parênquima aclorofilado, px= protoxilema, mx= metaxilema. Barras = 5µm.



Fonte: Arquivo dos Autores (2024).

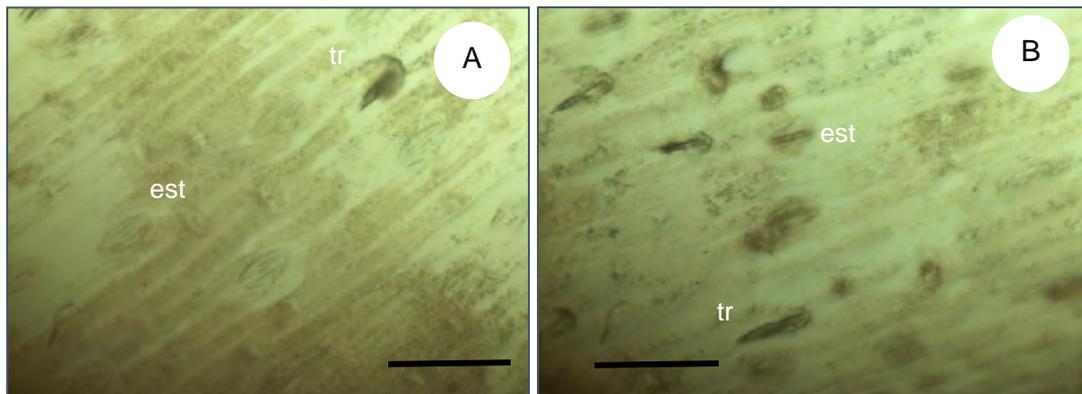
As células epidérmicas pavimentosas na face abaxial são menores em relação às da face adaxial e possuem espessamentos lignificados nas paredes anticlinais (Figura 2). O espessamento das paredes celulares epidérmicas ocorre como resposta adaptativa aos ventos e à radiação luminosa excessiva (Scatena et al., 2004).

Os estômatos estão presentes na epiderme de ambas as faces, distribuídos nas zonas intercostais no mesmo nível das demais células epidérmicas pavimentosas (Figura 2C). A presença de estômatos no mesmo nível de células ordinárias da epiderme é considerada uma característica mesofítica em plantas que habitam ambientes úmidos, como a Floresta Ombrófila

Mista (Fahn & Cutler, 1992), pois permite que a água liberada pelo estômato não retorne e evapore lentamente na superfície da epiderme (Mauseth, 2008; Evert, 2013).

Tricomas filiformes foram observados na epiderme de ambas as faces das variedades do híbrido *A. jesuiticus* x *A. scoparius* (Figura 4 A-B). Tricomas de diferentes tipos foram observados em outras espécies do gênero *Axonopus*, tais como em *A. scoparius* e *A. fissifolius* (Silva & Alquini, 2003).

Figura 4 – Superfície epidérmica em vista frontal de folhas de capim missioneira–gigante (*Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*) em impressão com adesivo. A. Face adaxial. B. Face abaxial. Legenda: est = estômatos, tr= tricomas. Barras = 10 µm.



Fonte: Arquivo dos Autores (2024).

O mesofilo na região da quilha (nervura principal) apresenta células parenquimáticas aclorofiladas proeminentes sob a epiderme adaxial dispostas em 4-5 estratos (Figura 3 B), seguido de células parenquimáticas clorofiladas próximas à face abaxial com arranjo radiado ao redor de feixes vasculares. O mesofilo tem organização isobilateral. Nas demais regiões da lâmina foliar (asas), o mesofilo possui células parenquimáticas aclorofiladas sob a epiderme adaxial, dispostas em 1-2 estratos, e as demais células são clorofiladas, incluindo o arranjo radiado ao redor de feixes vasculares. As características observadas no mesofilo de *Axonopus scoparius* e *A. fissifolius* são semelhantes às descritas para o presente resultado com o híbrido *A. scoparius* x *A. jesuiticus*, conforme descrição de Silva & Alquini (2003).

Nas nervuras existem feixes vasculares de tamanho pequenos, médios e de grande porte (Figuras 3 C-E). Os feixes vasculares grandes e médios são colaterais, sendo os feixes grandes exibindo metaxilema com dois elementos de vaso grandes e protoxilema distintos. Os feixes vasculares pequenos frequentemente exibem apenas o xilema (Figura 3 C). Essas características também foram descritas por Silva & Alquini (2003) para *Axonopus scoparius*.

O floema encontra-se circundado por fibras. Os feixes vasculares de todos os tamanhos apresentam uma bainha parenquimática clorofilada circundando parcialmente, sendo descontinuada por células do esclerênquima nas proximidades do floema. A bainha circundante apresenta cloroplastos grandes centrifugamente dispostos no protoplasto, e com paredes lignificadas no apoplasto. Descrição semelhante foi apresentada por Monteiro & Pace (1984) para *Axonopus compressus*. Esse conjunto de características, associado ao arranjo radiao das células do mesofilo, é entendido como estrutura Kranz e descrita por Haberlandt (1928). A estrutura Kranz relaciona-se frequentemente ao metabolismo fotossintético C4. De acordo com Oliveira et al. (1973) a espécie *A. scoparius* possui metabolismo fotossintético C4, corroborando também com as interpretações de Carolin et al. (1973), de que a bainha vascular do tipo panicóide existe em gramíneas com metabolismo fotossintético C4.

Em feixes vasculares grandes e médios existe uma extensão da bainha do feixe composta por cordões esclerenquimáticos que podem alcançar a epiderme em ambas as faces, ou apenas a face adaxial (Figuras 3 C-E). Essa organização estrutural dos feixes vasculares em gramíneas já foi caracterizada por Metcalfe (1960) e Gould (1968). Alguns feixes vasculares de tamanho intermediário possuem, não continuamente à bainha do feixe, um feixe de esclerênquima sob a face adaxial, estruturando uma calota. De acordo com Bauer et al. (2008), essas estruturas em gramíneas podem ser denominadas de estrutura em “viga I” quando os cordões de esclerênquima alcançam ambas as superfícies epidérmicas, e estrutura em “viga T” quando os cordões atingem apenas uma superfície. O esclerênquima pode diretamente ou indiretamente interferir na digestibilidade das lâminas foliares pelos animais ruminantes (Sanchês et al., 2018). As estruturas em viga previnem ou tornam difícil a remoção da epiderme pela digestão dos ruminantes, reduzindo o acesso dos microrganismos no rúmen ao mesofilo com células de paredes não lignificadas (Basso et al., 2023).

3.2 Plasticidade estrutural

Os tecidos vegetais das folhas apresentaram variações significativas entre os genótipos de missioneira-gigante triploides V14337 e SCS315 e hexaploide E401. A epiderme na face adaxial foi mais desenvolvida nos genótipos SCS315 e E401. Entretanto, a epiderme na face abaxial foi mais desenvolvida nas variedades triploides e a proporção de esclerênquima e de bainha vascular foram menores e maiores, respectivamente, no genótipo hexaploide em relação ao triploide de origem (Tabela1).

Tabela 1 - Proporção do desenvolvimento dos tecidos na lâmina foliar e índice de plasticidade fenotípica (IP) de missioneira-gigante (*Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*) das cultivares V1 4337, SCS315 e E401. Legendas: Ep. Adaxial = epiderme na face adaxial; Ep. Abaxial = epiderme na face abaxial; Escler. = esclerênquima; Tec. Vasc. = tecidos vasculares; Ba. Vasc.= bainha vascular.

	V14337	SCS315	E401	Média	CV (%)	IP
Ep. adaxial (%)	9,7 ±0,1 a	10,3±0,6 b	10,0±0,3 ab	10,0	4,0	0,05
Ep. abaxial (%)	7,2 ±0,3 b	7,4±0,5 b	6,5±0,2 a	4,8	7,0	0,12
Escler. (%)	5,8 ±0,6 b	3,9±0,9 a	4,4±0,3 a	4,7	13,8	0,32
Tec. Vasc. (%)	8,7 ±0,7 a	9,7 ±1,0 b	8,1 ±0,3 a	8,8	8,5	0,16
Ba. Vasc. (%)	8,9 ±0,4 a	11,1 ±1,0 b	10,6±0,4 b	10,2	6,5	0,19
Mesofilo (%)	59,3 ±1,5 ab	57,3 ±2,8 a	60,2 ±0,7 b	59,0	3,2	0,04

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

A epiderme foliar é um tecido com múltiplas funções nos vegetais, destacando-se a regulação das trocas gasosas e de água, interação com patógenos, e plasticidade para a captura de luminosidade (Zuch et al., 2022). Conforme Ahmad et al. (2012), a caracterização da epiderme em folhas de gramíneas com relação ao comprimento, largura, espessura, sinuosidade e tipos de tricomas tem importância taxonômica.

A proporção de tecido esclerenquimático na forma de feixes de fibras foi maior na cultivar V14337 (5,8%) e menor nas demais cultivares (Tabela 1). De acordo com Dickison (2000), o esclerênquima em monocotiledôneas está relacionado com xeromorfismo e condições de baixa disponibilidade de nutrientes no solo, bem como, com redução na palatabilidade de animais. A alta proporção de tecidos lignificados como o esclerênquima em folhas de gramíneas forrageiras atrapalha a digestibilidade (Lajús et al., 2014). Nos estudos de caracterização tecidual da forrageira híbrida de *Urochloa* cv. Mulato II no cerrado brasileiro, a proporção de esclerênquima nas folhas variou de 10,28 a 18,36% (Basso et al., 2024). Em *Urochloa brizantha* cv. Xaraés a proporção de esclerênquima nas folhas variou de 1,92 a 2,64% (Basso et al., 2023).

Os tecidos vasculares (xilema e floema) foram mais desenvolvidos no cultivar SCS315 em relação às demais cultivares (Tabela 1). Os tecidos vasculares mais desenvolvidos são típicos de plantas xerofíticas (Dickison, 2000). Nos estudos de missioneira-gigante sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, a proporção de tecidos vasculares lignificados junto com o esclerenquimático variou entre 10 a 25% (Lajús et al., 2014), proporção semelhante às cultivares desse presente estudo. A bainha vascular foi mais desenvolvida nos genótipos SCS315 e E401 (Tabela 1). O mesofilo foi menor nos cultivares SCS315 e V14337.

O maior índice de plasticidade foi determinado para a proporção de esclerênquima (0,32), seguido por proporção de bainha vascular (0,19) e tecidos vasculares (0,16). Plasticidade fenotípica é a habilidade que um organismo possui em alterar sua fisiologia e/ou morfologia em virtude da sua interação com o ambiente. Espécies mais plásticas possuem maior probabilidade de sobreviver às condições ambientais adversas devido a suas adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Valladares et al., 2006). Segundo Valladares (2000) espécies que apresentam características com índices de plasticidade acima de 0,6 são consideradas altamente plásticas. Nesse sentido, dentre os caracteres morfológicos avaliados no presente estudo o híbrido de missioneira-gigante apresenta baixa plasticidade. Estudos avaliando a plasticidade fenotípica em gramíneas são inexistentes.

Nos estudos de plasticidade fenotípica de folhas de *Eucalyptus dunnii* e *E. benthamii*, Bireahls & Fermino-Junior (2020) concluem que a maior plasticidade anatômica nessas espécies está relacionada com a região de revestimento, e a menor no sistema fundamental (mesofilo). Essa conclusão não ocorre em folhas de *Axonopus jesuíticus* x *A. scoparius*, pois a plasticidade da epiderme em ambas as faces foram as menores, e o esclerênquima no mesofilo foi o maior. Essa plasticidade maior do esclerênquima na missioneira-gigante pode indicar uma adaptação a aspectos de tolerância ao estresse hídrico.

4. Conclusão

As estruturas anatômicas foliares do híbrido *Axonopus jesuíticus* x *A. scoparius* são semelhantes a outras espécies do gênero *Axonopus*.

Os feixes vasculares na folha podem ser de três tamanhos, contendo esclerênquima subepidérmico ou não, em arranjos de “viga I” e de “viga T”.

Os feixes vasculares de todos os tamanhos apresentam uma bainha de parênquima clorofilada em disposição radial.

A maior plasticidade fenotípica foi observada na proporção de esclerênquima. Dentre os caracteres avaliados, a espécie híbrida apresenta baixa plasticidade.

Referências

- Ahmad, F.; Hamed, M.; Ashraf, M.; Ahmad, M.; Khan, A.; Nawaz, T.; Ahmad, K. S.; & Zafar, M. (2012). Role of leaf epidermis in identification and differentiation of grasses in tribe Chlorideae (Poaceae) from Pakistan. *Journal of Medicinal Plant Research*, 6(10), 1955-1960.
- Alquini, Y., Bona, C., Boeger, M. R. T., Costa, C. G.; & Barros, C. F. (2003). Epiderme. In Appezato-da-Glória, B. & Carmello-Guerreiro, S. M. (eds.), *Anatomia Vegetal*, UFV, Viçosa, p.87-107.
- Alvarez, J. M.; Rocha, J. F.; & Machado, S. R. (2008) Bulliform cells in *Loudetia psichrysothrix* (Nees) Conertand *Tristachyal eioistachya* Nees (Poaceae): structure in relation to function. *Brazilian Archives of Biological Technology*, 51(1), 113–119.
- Baldissera, T. C. (2014). *O ambiente luminoso: do impacto no crescimento e desenvolvimento em nível de planta forrageira a dosséis em sistemas integrados de produção agropecuária*. Curitiba, 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná.
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London A*, 160, 268-282.
- Basso, K. C.; Andrade, J. L. A.; Assis, D. F.; Moreira, A. S. F. P.; Kuster, V. C.; Barbero, L. M.; & Ferreira, I. C. (2024). Tissue composition of Mulato II grass under different canopy structures and its impact on digestibility. *Research, Society and Development*, 13 (2), e8613244974.
- Basso, K. C.; Galzerano, L.; Da Silva, W. L.; Ruggieri, A. C.; & Reis, R. A. (2023). Anatomical, morphogenic and structural characteristics of Xaraés palisade grass under grazing. *Bioscience Journal*, 39, e39067.

- Bauer, M. O.; Gomide, J. A.; Da Silva, E. A. M.; Regazzi, A. J.; & Chichorro, J. F. (2008). Anatomical evaluation and nutritive value of four prevailing forage grasses in natural pasture of Viçosa-MG. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 9-17.
- Bireahls, A.; & Fermio Junior, P. C. P. (2020). Plasticidade fenotípica em folhas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista do Instituto Florestal*, 32(2), 143-157.
- Brasil (s.d.). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultivar Web. https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/detalhe_cultivar.php?codsr=29453&codverif=0.
- Carolin, R. C.; Jacobs, S. W. L.; & Vesik, M. (1973). The structure of the cells of the mesophyll and parenchymatous bundle sheath of the Gramineae. *Botanical Journal Linnean Society*, 66 (4), 259-275.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. (2016). *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre, SBCS- Núcleo Regional Sul. 376p.
- Evert, R. F. (2013). *Anatomia das plantas de Esau: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento*. São Paulo: Blucher.
- Fahn, A. & Cutler, D. F. (1992). *Xerophytes*. Berlin: G. Borntraeger. In: Braun, H. J., Carlquist, S., Ozenda, P.; Roth, I. (eds), *Handbuch der Pflanzenanatomie. Spezieller Teil, Vol. 13, part 3*. Borntraeger, Berlin.
- Ferreira, D. F. (2003). *Programa Sisvar.exe: sistema de análise de variância*. Versão 3.04. Lavras.
- Fonseca, L.; Mezzalana, J. C.; Bremm, C.; & Carvalho, P.C.F. (2012). Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science*, 45, 205-211.
- Givnish, T. J. (1988). Adaptation to sun and shade: a whole perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15(1), 63-92.
- Gould, F. W. (1968). *Grass systematics*. Mc Graw Hill Book, New York.
- Grubbs, F. E. (1969). Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*, 11(1), 1-21.
- Haberlandt, G. (1928). *Physiological plant anatomy*. Mc Millan, London.
- Iqbal, U.; Hameed, M.; Ahmad, F.; Ahmad, M. S. A.; Ashraf, M.; Kaleem, M.; Shah, S. M. R.; & Irshad, M. (2022). Contribution of structural and functional modifications to wide distribution of Bermuda grass *Cynodon dactylon* (L) Pers. *Flora*, 286, 151973.
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. New York, McGraw Hill Book Company, Inc. 523p.
- Kraus, J. E. & Arduin, M. (1997). *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. EDUR. 198p.
- Laitinen R. A. E. (2024). Importance of phenotypic plasticity in crop resilience. *Journal of Experimental Botany*, 75, 670-673.
- Lajús, C. R.; Miranda, M.; Scheffer-Basso, S. M.; Carneiro, C. M.; & Escosteguy, P. A. V. (2014). Leaf tissues proportion and chemical composition of *Axonopus jesuiticus* x *Axonopus scoparius* as a function of pigs lurry application. *Ciência Rural*, 44 (2), 276-282.
- Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia vegetal*, São Carlos: RiMa, 531p.
- Mansoor, U.; Fatima, S.; Hameed, M.; Naseer, M.; Ahmad, M. S. A.; Ashraf, M.; Ahmad, F.; & Waseem, M. (2019). Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. *Flora*, 261, 151485.
- Mauseth, J. D. (2008). *Plant anatomy*. Caldwell: Blackburn Press.
- Monteiro, M. C. C. & Pace, L. B. (1984). Anatomia foliar de *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv.-GRAM. *Atas da Sociedade Botânica do Brasil*, 2 (1), 37-44.
- O' Brien, T. P.; Feder, N.; & Mccully, M. E. (1964). Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59(2), 368-373.
- Oliveira, A. B.; Faria, P. R. S.; Souto, S. M.; Carneiro, A. M.; Dobreiner, J.; & Aronovich, S. (1973). Identificação de gramíneas tropicais com via fotossintética C4 pela anatomia foliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 8(4), 267-271.
- Oliveira, M. T.; Souza, G. M.; Pereira, S.; Oliveira, D. A. S.; Figueiredo-Lima; K. V.; Arruda, E.; & Santos, M. G. (2017). Seasonal variability in physiological and anatomical traits contributes to invasion success of *Prosopis juliflora* in tropical dry forest. *Tree Physiology*, 37, 326-337.
- Paciullo, D. S. C. (2002). Características anatómicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, 32 (2), 357-364.
- Pachas, A. N. A.; Jacobo, E. J.; Goldfarb, M. C.; & Lacorte, S. M. (2014). Response of *Axonopus catarinensis* and *Arachis pintoi* to shade conditions. *Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais*, 2 (1), 111-112.
- Sanchês, S. S. C.; Araújo, R. A.; Rodrigues, R. C.; Costa, C. S.; Santos, F. N. S.; Silva, I. R.; Jesus, A. P. R.; & Lima, N. M. (2018). Quantitative anatomy and in situ ruminal degradation parameters of elephant grass under different defoliation frequencies. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19, 166-177.
- Scatena, V. L.; Vick, D. V.; & Parra, L. R. (2004). Anatomia de escapos, folhas e brácteas de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. Ex Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 18(4), 825-837.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). Analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611.

- Silva, L. M. & Alquini, Y. (2003). Anatomia comparativa de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlms e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlms (Poaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, 26(2), 185-192.
- Valladares, F.; Gomez, D.; & Zavala, M. A. (2006). Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology*, 94, 1103-1116.
- Valladares, F.; Wright, J. S.; Lasso, E.; Kitajima, K.; & Pearcy, R. W. (2000). Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rain forest. *Ecology*, 81, 1925-1936.
- Valls, J. F. M.; Santos, S.; Tcacenco, F. A.; & Galdeano, F. (2000). A grama missioneira gigante: híbrido entre duas forrageiras cultivadas do gênero *Axonopus* (Gramineae). In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 46., 2000. Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia.
- Violle, C.; Navas, M. L.; Vile, D.; Kazakou, E.; Fortunel, C.; Hummel, I.; & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116(5), 882-892.
- Vitória, A.P.; Alves, L.F.; & Santiago, L.S. (2019). Atlantic Forest and leaf traits: an overview. *Tree*, 33(1), 1535-1547.
- Zhao Y.; Liu Q. Z.; Wang X. R.; Zhang W. X.; Xu W.; Zhang Y. Z.; & Liu B. S. (2024). ZmCER1, a putative ECERIFERUM1 protein in maize, functions in cuticular wax biosynthesis and bulliform cell development. *The Crop Journal*, 12, 743-752.
- Zuch, D. T.; Doyle, S. M.; Majda, M.; Smith, R. S.; Robert, S.; & Torii, K. U. (2022). Cell biology of the leaf epidermis: fate specification, morphogenesis, and coordination. *The Plant Cell*, 34, 209-227.