

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 07/12/2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BIOLOGIA VEGETAL

Anatomia foliar de espécies de Poaceae (Poales) e sua importância na sistemática e filogenia

THALES HENRIQUE DIAS LEANDRO



Novembro - 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BIOLOGIA VEGETAL

Anatomia foliar de espécies de Poaceae (Poales) e sua importância na sistemática e filogenia

THALES HENRIQUE DIAS LEANDRO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Scatena
Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro

Coorientação: Profa. Dra. Lynn G. Clark
Iowa State University – ISU, Ames, EUA

Novembro - 2016

581.4 Leandro, Thales Henrique Dias
L437a Anatomia foliar de espécies de Poaceae (Poales) e sua
importância na sistemática e filogenia / Thales Henrique Dias
Leandro. - Rio Claro, 2016
170 f. : il., figs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Vera Lucia Scatena
Coorientador: Lynn G. Clark

1. Anatomia vegetal. 2. Folha. 3. Gramíneas. 4.
Ontogenia. 5. Desenvolvimento. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Anatomia foliar de espécies de Poaceae (Poales) e sua importância na sistemática e filogenia

AUTOR: THALES HENRIQUE DIAS LEANDRO

ORIENTADORA: VERA LUCIA SCATENA

COORIENTADORA: LYNN G. CLARK

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. VERA LUCIA SCATENA
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Profa. Dra. ALINE ORIANI
Pós Doutorado do Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Profa. Dra. SILVIA RODRIGUES MACHADO
Depto de Botânica / IBB/Unesp



Profa. Dra. DALVA GRACIANO RIBEIRO
Depto de Botânica/Instituto de Ciências Biológicas// Universidade de Goiás



Prof. Dr. PEDRO LAGE VIANA
Coordenação de Botânica / Museu Paraense Emílio Goeldi

Rio Claro, 07 de dezembro de 2016

*Às conselheiras da construção do meu eu
Lêda Dias, Nilma Dias, Rebeca Dias,
Edna Scremin e Vera Scatena,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) por viabilizarem a execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas e auxílios financeiros concedidos.

À Dra. Vera Lúcia Scatena pela confiança e aceite em orientar este trabalho, mas também por todos os ensinamentos profissionais e pessoais.

À Dra. Lynn G. Clark pelo aceite em coorientar este trabalho, assim como por me receber em seu laboratório em Iowa State University (ISU), EUA, onde tive o privilégio de aprender muito sobre Poaceae e outras graminídeas.

Ao Dr. Pedro Lage Viana pelo aceite em emitir o parecer referente ao processo de concessão da bolsa sanduíche, posteriormente implementada pela CAPES.

Ao Dr. Tarciso S. Filgueiras pelos ensinamentos e pela parceria firmada durante a execução deste trabalho.

À Dra. Tatiata Maria Rodrigues pela parceria firmada durante a execução deste trabalho, assim como pelo auxílio com as técnicas para análise em microscopia eletrônica de transmissão.

À Maria de Fátima Scaff, Diretora do Núcleo de Pesquisa Reservas Paranapiacaba, pela concessão da autorização para coletas no Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo.

À Ma. Regina T. Shirashuna pelo auxílio nas coletas de espécies de bambus no PEFI, mas também pela parceria firmada durante a execução deste trabalho.

Ao Me. Rodrigo Sampaio Rodrigues pelo auxílio nas coletas no PEFI e ao Me. Christian da Silva pela coleta e envio de material botânico do Estado da Bahia.

Aos colegas do grupo de pesquisa da UNESP, Rio Claro, pela amizade e discussões científicas, em especial Dra. Elaine Lopes Pereira Nunes, Dra. Blanca Auxiliadora Dugarte Corredor, Ma. Kaire de Oliveira Nardi, Ma. Mariana Maciel Monteiro e Ma. Leticia Peres Poli.

Aos colegas do grupo de pesquisa da ISU pela troca de experiências e ensinamentos durante meu período em Iowa, em especial Dr. Timothy J. Gallaher e Dra. Lakshmi R. Attigala.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) que de alguma forma contribuíram com minha formação, em especial Dra. Alessandra Ike Coan, Dra. Adelita Aparecida Sartori Paoli, Dra. Aline Oriani e Dra. Aline Redondo Martins.

Aos funcionários do Centro de Microscopia Eletrônica (CME), UNESP, Botucatu e ao Me. Luiz Ricardo dos Santos Tozin pelo auxílio e processamento das amostras em microscopia eletrônica de transmissão.

Ao Dr. Harry T. Horner, diretor do Microscopy and Nano-Imaging Facility (MNIF), ISU, pela autorização para acesso e uso de equipamentos do Centro de Microscopia.

Aos funcionários do MNIF, ISU, pelo auxílio no processamento das amostras em microscopia eletrônica de varredura e transmissão, em especial Ma. Tracey M. Stewart.

Aos funcionários do Departamento de Botânica, UNESP, Rio Claro, em especial Célia Maria Hebling (secretária).

Ao Dr. Carlos Otávio Araújo Gussoni pela amizade e trocas científicas.

À Vinícius Manvailer Gonçalves pelas inestimáveis discussões sobre as células fusoides, amizade e companheirismo.

Aos amigos da Geologia por propiciarem experiências multidisciplinares essenciais para minha formação enquanto botânico, em especial Vanderlei de Farias.

À Nilma e Rebeca Dias pelo apoio e confiança durante toda minha caminhada pessoal e profissional.

“[...] Em um momento eu era folha, no outro eu era o que mais se apreciava naquele verde sagrado. [...]”

(Lucas M. Furlan)

ÍNDICE

1. RESUMO	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUÇÃO GERAL	3
4. LITERATURA CITADA	6
ILUSTRAÇÕES	11
CAPÍTULO I. The utility of Bambusoideae (Poaceae, Poales) leaf blade anatomy for identification and systematics	16
Abstract	17
Resumo	18
Introduction	19
Material and Methods	20
<i>Sampling area</i>	20
<i>Anatomical analysis</i>	21
Results	21
<i>Surface view</i>	21
<i>Cross section</i>	23
<i>Taxonomic treatment</i>	24
Discussion	26
Conclusion	28
Acknowledgments	29
References	29
Tables	35
Figures	39
CAPÍTULO II. The contribution of foliar micromorphology and anatomy to the circumscription of species within <i>Chusquea ramosissima</i> Clade (Poaceae, Bambusoideae, Chusqueinae)	44
Abstract	45
Introduction	46
Material and Methods	48
<i>Taxon sampling</i>	48

<i>Micromorphology (scanning electron microscopy)</i>	49
<i>Anatomy (light microscopy)</i>	50
<i>Images and terminology</i>	50
Results	51
<i>Epidermal surfaces (SEM and clearings)</i>	51
<i>Cross section</i>	53
Discussion	54
<i>Micromorphological and anatomical data</i>	54
<i>Implications for systematics</i>	55
<i>Taxonomic treatment</i>	58
Acknowledgments	62
References	62
Tables	67
Figures	70
CAPÍTULO III. Fusoid cells in the grass family Poaceae (Poales): a developmental study reveals homologies and suggests insights into their functional role in young leaves	79
Abstract	80
Introduction	82
Material and Methods	85
<i>Sampling</i>	85
<i>Developmental study (young leaves)</i>	85
<i>Anatomical study (mature leaf blades)</i>	86
<i>Description, observation, images, and tridimensional reconstruction</i>	87
Results	87
Discussion	91
<i>Fusoid cell origin and development</i>	91
<i>Phylogenetic implications of fusoid cells for the Graminid clade</i>	94
<i>Some evolutionary and functional insights on fusoid cells based on TEM data</i>	96
Conclusions	98
Acknowledgments	99
Literature Cited	99
Tables	106

Figures and Supplementary Documents	110
CAPÍTULO IV. An update on comparative leaf blade anatomy in the systematics of Poaceae (Poales): the past thirty years since Ellis	123
Abstract	124
Introduction	125
Leaf blade anatomical features revisited	128
<i>Plicate mesophyll parenchyma: arm and rosette cells</i>	128
<i>Midrib vasculature</i>	130
<i>Fusoid cells</i>	131
<i>Intercostal fibers</i>	133
<i>Refractive papillae</i>	133
<i>Stomatal apparatus bearing papillae on the subsidiary cells</i>	134
<i>Trichomes</i>	135
Subfamilial descriptions and general notes based on leaf blade anatomy data	137
<i>I. Anomochlooideae</i>	137
<i>II. Pharoideae</i>	138
<i>III. Puelioideae</i>	138
<i>IV. Oryzoideae</i>	139
<i>V. Bambusoideae</i>	139
<i>VI. Pooideae</i>	140
<i>VII. Aristidoideae</i>	141
<i>VIII. Panicoideae</i>	142
<i>IX. Arundinoideae</i>	142
<i>X. Micrairoideae</i>	143
<i>XI. Danthonioideae</i>	143
<i>XII. Chloridoideae</i>	144
Future prospects for investigating grass leaf blade anatomical anatomical features	144
Final considerations	145
Literature Cited	146
Tables	161
Figure	166

1. RESUMO

Buscando levantar caracteres da lâmina foliar que auxiliem na sistemática e filogenia de Poaceae foram realizados estudos anatômicos e ultraestruturais. Em Bambusoideae, caracteres como papilas dispersas na face abaxial e células buliformes organizadas paralelamente são úteis para o reconhecimento de Olyreae; enquanto papilas organizadas em colunas centrais e células buliformes em forma de leque são úteis para o reconhecimento de Bambuseae. Em Bambuseae, fibras intercostais e nervura central simples são caracteres diagnósticos de Arthrostylidiinae; enquanto complexo estomático portando duas papilas por célula subsidiária e nervura central complexa são caracteres diagnósticos de Chusqueinae. O levantamento de caracteres da lâmina foliar de espécies de *Chusquea* pertencentes ao clado II “*Chusquea ramosissima*” indica estruturas úteis para sua delimitação, tais como: complexo estomático, tipo de tricomas, tipo e arranjo de células silicosas, e tipo e número de camadas de células invaginantes; bem como sustenta o reconhecimento deste clado e de uma nova espécie para a Bolívia. O estudo do desenvolvimento foliar com ênfase nas células fusoides mostra sua origem proveniente do meristema fundamental e que a cavidade observada em secções transversais de lâminas foliares maduras é resultado do colapso de várias células fusoides. A origem proveniente do meristema fundamental é confirmada para toda a família e homologias são observadas dentre diferentes tipos de células parenquimáticas do mesofilo. O estudo ainda sugere que células fusoides evoluíram das células incolores observadas em Joinvilleaceae. São fornecidas descrições anatômicas gerais da lâmina foliar para as 12 subfamílias reconhecidas para Poaceae, bem como a definição estrutural e a reavaliação da importância de alguns caracteres na sistemática do grupo.

PALAVRAS-CHAVE: anatomia, clado BOP, clado PACMAD, clado Graminédeo, folha, gramíneas, linhagens basais, ontogenia.

2. ABSTRACT

To seek leaf blade features useful for systematics and phylogenetics of Poaceae, anatomical and ultrastructural studies were carried out. Within Bambusoideae, features such as papillae scattered on the abaxial surface and parallel-sided arrays of bulliform cells are useful for recognizing Olyreae; whereas centrally organized papillae and fan-shaped arrays of bulliform cells are useful for recognizing Bambuseae. Within Bambuseae, intercostal fibers and simple midrib are diagnostic features of Arthrostylidiinae; whereas stomatal apparatus bearing two papillae per subsidiary cell and complex midrib are diagnostic features of Chusqueinae. The survey of leaf blade anatomical features of *Chusquea* species that comprise the clade II “*Chusquea ramosissima*” shows structures for delimiting species, such as: stomatal apparatus, type of trichomes, type and arrangement of silica bodies, and type and number of layers of arm cells; as well as supports the recognition of this clade and of a new species from Bolivia. The foliar developmental study with emphasis on fusoid cells shows their meristematic origin from the ground meristem and that the cavity as seen in cross section in mature leaves is resulting from the collapse of several fusoid cells. Their origin from the ground meristem is confirmed throughout the family and homologies are observed among different types of mesophyll parenchymatous cells. The study also suggests that fusoid cells evolved from colourless cells of Joinvilleaceae. General leaf blade anatomical descriptions of the 12 recognized subfamilies of Poaceae are provided, as well as structural definition and reevaluation of the relevance of anatomical features in grass systematics.

KEY WORDS: anatomy, early-diverging lineages, BOP clade, Graminid clade, leaf, grasses, ontogeny, PACMAD clade.

3. INTRODUÇÃO GERAL

Todas as espécies estudadas nesta tese pertencem a Poales, que está inserida no clado das comelinídeas e atualmente compreende 14 famílias que compartilham características estruturais, embriológicas e moleculares (APG IV 2016; Stevens, 2001 onwards) (Fig. 1). São reconhecidos seis clados para o grupo, dentre eles o clado graminídeo, que compreende [Flagellariaceae (Joinvilleaceae + Ecdeicoleaceae) Poaceae] baseado no compartilhamento de características morfológicas e embriológicas (Linder e Rudall 2005) (Figs. 2 e 3).

Poaceae engloba aproximadamente 12.000 espécies que se caracterizam por apresentarem, de maneira geral, inflorescências bracteadas, perianto reduzido ou ausente, polén com exina ornamentada, embrião lateral diferenciado e cariopse (GPWG 2001; GPWG II 2012). Atualmente a circunscrição da família está estabilizada em 12 subfamílias (Soreng et al. 2015) (Fig. 4): Anomochlooideae, Pharoideae e Puelioideae, que constituem as linhagens basais; Oryzoideae, Bambusoideae e Pooideae, que compreendem o clado BOP; e Aristidoideae, Panicoideae, Arundinoideae, Micrairoideae, Danthonioideae e Chloridoideae, linhagens filogeneticamente mais derivadas que constituem o clado PACMAD. Embora seja uma família diversa e amplamente distribuída pelo mundo (Watson and Dallwitz 1992), sua circunscrição é bem sustentada por evidências estruturais, embriológicas, fisiológicas e moleculares (GPWG 2001; Stevens 2001 onwards; GPWG II 2012; Soreng et al. 2015). No Brasil, a diversidade da família está estimada em cerca de 1.478 espécies distribuídas em 11 subfamílias (Filgueiras et al. 2015) (e.g., Figs. 5-15), com exceção de Puelioideae, grupo que engloba espécies nativas de florestas tropicais da África (Clark et al. 2000). Poaceae desempenha relevante papel econômico e ecológico, contudo, a ampla diversidade de espécies torna sua sistemática por vezes um fator limitante.

Como a classificação da família é tradicionalmente baseada principalmente em características morfológicas de estruturas reprodutivas (Longhi-Wagner 2012), a dificuldade

na obtenção de material fértil ou a incongruência de evidências morfológicas e moleculares tornam a sistemática e filogenia do grupo ainda mais desafiadora. Nesse contexto, um clássico exemplo são as espécies de bambus lignificados, que apresentam ciclo de vida monocárpico plurianual e, portanto, florescem após vários anos investidos apenas em propagação vegetativa e morrem logo após a dispersão dos frutos. Dessa forma, a busca por características vegetativas que auxiliem na taxonomia de Poaceae tornou-se essencial como subsídio à identificação de espécies e à classificação mais natural do grupo, onde, historicamente, a anatomia da lâmina foliar ganhou destaque (Fig. 16).

Trabalhos como os de Duval-Jouve (1875), Schwendener (1890) e Avdulov (1931) foram pioneiros nesta linha e forneceram a base para estudos comparativos sobre a anatomia da lâmina foliar em Poaceae. Na década de 50, Brown (1958) estabeleceu características sistematicamente úteis para a família e determinou seis grandes grupos baseado em uma combinação única de caracteres da lâmina foliar examinados em secções transversais. Já Metcalfe, em 1960, forneceu descrições anatômicas gerais e diagnósticas da epiderme e mesofilo de vários táxons (e.g., Figs. 16-19), bem como ilustrações que foram um dos subsídios para a padronização terminológica estabelecida mais tarde por Ellis (1976, 1979). Anos depois, em 1987, Ellis apresentou uma revisão sobre a aplicabilidade das estruturas anatômicas da lâmina foliar na sistemática de Poaceae, demonstrando a importância desses caracteres para definir e delimitar as cinco subfamílias reconhecidas na época (Clayton e Renvoize 1986). Desde então, estudos anatômicos na família têm sido concentrados principalmente na lâmina foliar e são, em sua maioria, de cunho aplicado à sistemática e filogenia do grupo.

Estruturas anatômicas de Poaceae como mesofilo com células invaginantes (arm cells) e fibras intercostais são exemplos de caracteres anatômicos taxonomicamente informativos (ver Judziewicz et al. 1999; Viana et al. 2011, 2013; Leandro et al. 2016a) e frequentemente considerados em estudos filogenéticos (e.g., Clark et al. 2000; GPWG 2001; Sánchez-Ken et

al. 2007; GPWG II 2012). Por outro lado, algumas estruturas ainda apresentam dados conflitantes apesar do constante crescimento de trabalhos anatômicos envolvendo espécies do grupo. Este é o exemplo das células fusoides, consideradas características de espécies de Bambusoideae, mas também observadas em linhagens basais e em algumas espécies de Oryzoideae, Pooideae e Panicoideae (Tateoka 1963; GPWG 2001, Leandro et al. 2016b). Embora seja considerado um caráter sinapomórfico e importante para a definição da família, até então não há dados na literatura sobre sua origem, limitando, portanto, interpretações filogenéticas mais consistentes.

Considerando a importância da continuidade de estudos anatômicos da lâmina foliar em espécies de Poaceae, esta tese se apresenta estruturada em quatro capítulos:

(i) O primeiro capítulo “The utility of Bambusoideae (Poaceae, Poales) leaf blade anatomy for identification and systematics” abrange dados anatômicos sobre 13 espécies de bambus lignificados (Bambuseae) e de três espécies de bambus herbáceos (Olyreae), totalizando 16 espécies nativas estudadas. Este capítulo visa levantar estruturas anatômicas da lâmina foliar que auxiliem na identificação destas espécies simpátricas, principalmente aquelas monocárpicas plurianuais, ocorrentes no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo.

(ii) O segundo capítulo “The contribution of foliar micromorphology and anatomy to the circumscription of species within *Chusquea ramosissima* Clade (Poaceae, Bambusoideae, Chusqueinae)” visa fornecer dados não só para a diferenciação das espécies estudadas, mas também levantar características úteis ao reconhecimento do clado II “*Chusquea ramosissima*”, que compreende *Chusquea ramosissima* Lindman, *C. tenella* Nees e *C. longispiculata* L.G. Clark (Fisher et al. 2014). *Chusquea* Kunth é o grupo mais diverso de bambus lignificados e sua monofilia é sustentada principalmente por dados moleculares (Fisher et al. 2009; Kelchner

and BPG 2013; Fisher et al. 2014). O grupo é um exemplo da incongruência de evidências morfológicas e moleculares, reforçando a importância deste estudo.

(iii) O terceiro capítulo “Fusoid cells in the grass family Poaceae (Poales): a developmental study reveals homologies and suggests insights into their functional role in young leaves” fornece dados sobre o desenvolvimento de 16 espécies de Poaceae distribuídas em seis subfamílias, além de uma espécie pertencente a cada um dos grupos externos (Flagellariaceae e Joinvilleaceae). Este trabalho visa fornecer principalmente dados sobre a origem das células fusoides em Poaceae comparando seu desenvolvimento com células similares observadas em Joinvilleaceae, bem como traz importante contribuição para o entendimento estrutural deste caráter anatômico amplamente utilizado na sistemática e filogenia da família.

(iv) O quarto capítulo “An update on comparative leaf blade anatomy in the systematics of Poaceae (Poales): the past thirty years since Ellis” tem como referência o trabalho de Ellis (1987) e, a partir dele, fornece dados sobre o estado da arte e da importância da anatomia da lâmina foliar na sistemática de Poaceae. São apresentadas descrições anatômicas de cada subfamília e discussões sobre a aplicabilidade de caracteres anatômicos foliares na sistemática do grupo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados aqui levantados por meio das espécies estudadas reforçam a importância da utilização de estruturas anatômicas da lâmina foliar na sistemática e filogenia de Poaceae.

Dentre os bambus neotropicais, estruturas anatômicas como fibras intercostais e nervura central simples são importantes para o reconhecimento de espécies de Arthrostylidiinae, assim como células subsidiárias com papilas e nervura central complexa para o reconhecimento de Chusqueinae. A presença de papilas nas células subsidiárias de complexos estomáticos foi recentemente considerada uma sinapomorfia para *Chusquea*, o que foi reforçado por ter sido observada em todas as espécies aqui estudadas pertencentes ao grupo. Por outro lado, as papilas refrativas, que são consideradas um caráter diagnóstico de Arthrostylidiinae e Guaduinae, devem ser reavaliadas quanto seu valor para a sistemática, pois, aparentemente, não apresentam distinções estruturais visíveis quando comparadas a uma papila considerada não-refrativa.

Embora não tenha sido possível levantar nenhum caráter possivelmente sinapomórfico para o clado II "*Chusquea ramosissima*", a anatomia da lâmina foliar mostrou-se útil para diferenciar espécies deste grupo e aquelas morfologicamente semelhantes. Somando-se a isso, uma nova espécie de *Chusquea* foi reconhecida baseada principalmente em características da epiderme, demonstrando a importância da superfície da lâmina foliar na sistemática do grupo.

O estudo do desenvolvimento foliar com ênfase nas células fusoides revelou sua origem proveniente do meristema fundamental, bem como homologias dentro do clado graminídeo. Dados ultraestruturais evidenciaram o armazenamento de grânulos de amido e sua posterior degradação no interior das células fusoides durante o desenvolvimento e expansão da lâmina foliar, sugerindo a função armazenadora e nutricional destas células em folhas jovens. A anatomia mostrou nova interpretação para essas células, assim como sua possível evolução a partir das células incolores, observadas em Joinvilleaceae. Considerando que as células fusoides são um caráter sinapomórfico para Poaceae e tem seu desenvolvimento influenciado por fatores

ambientais, os dados aqui apresentados contribuem para o entendimento da evolução e diversificação da família.

A revisão da aplicabilidade de estruturas anatômicas da lâmina foliar para a sistemática de Poaceae a partir dos estudos de Ellis (1987) permitiu indicar grupos com alta prioridade de estudo. Além disso, foram apresentadas descrições gerais de cada uma das 12 subfamílias e comentários sobre caracteres úteis ao reconhecimento de táxons, o que permitiu apontar possíveis sinapomorfias e também corroborar aquelas já reportadas na literatura.

O estudo da anatomia da lâmina foliar mostra-se cada vez mais importante na sistemática e filogenia de Poaceae. Com os avanços tecnológicos, dados em microscopia de luz ou em eletrônica de varredura e transmissão mostram-se extremamente informativos em busca da classificação mais natural do grupo. Estudos anatômicos ainda são necessários em representantes de Aristidoideae, Arundioideae, Bambusoideae (especialmente bambus temperados e paleotropicals), Micraioideae, Puelioideae e Panicoideae, fornecendo, portanto, um vasto campo para a formação de novos anatomistas especialistas em Poaceae.